



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH**

**Escola Superior d'Agricultura de Barcelona**

# **Propuesta de compostaje comunitario en Santa Isabel Cholula (México) y en Sant Jaume Sesoliveres (Catalunya)**

**Treball Final de Grau  
Enginyeria Agrícola**

**Autor: Carlos Rieder Martínez**

**Tutoras: Teresa Balanyà y Rosario Pastor**

**Junio / 2021**

## Resumen

El aumento de la población global y su desarrollo provoca la generación de una cantidad creciente de residuos. La gestión de estos residuos debe tener en cuenta la necesidad de su valorización y reutilización para encaminarnos hacia una sociedad más sostenible. Los residuos orgánicos tanto domésticos como agrícolas son biomasa altamente aprovechable. Actualmente muchos países ya regulan la gestión de estos residuos orgánicos para valorizarlos como son su destino la producción de biogás o el compostaje industrial. Mediante el compostaje se consigue compost, un producto orgánico que añadido al suelo le proporciona estabilidad y fertilidad. El compostaje comunitario permite una gestión de estos residuos allí donde se generan de forma que la comunidad se pueda aprovechar del producto obtenido. El objetivo de este trabajo es proponer una estrategia de gestión de residuos orgánicos mediante el compostaje comunitario. En Santa Isabel Cholula (México) para residuos agrícolas y en Sant Jaume Sesoliveres (Catalunya) para residuos domésticos. En Santa Isabel Cholula esta propuesta permitiría sustituir la incorporación directa de los residuos al suelo como método para eliminar los restos agrícolas por el compostaje que proporciona una fertilización más adecuada del campo de cultivo. La experiencia de compostaje iniciada en Santa Isabel Cholula ha tenido una evolución de temperatura anómala durante las primeras semanas, pero los últimos valores indican un aumento de temperatura sugiriendo que podría progresar adecuadamente. Se ha calculado que durante una temporada de cultivo de verano se podría conseguir 560 toneladas de compost si todos los agricultores contribuyen en el compostaje comunitario. Las características de la población de Sant Jaume Sesoliveres sugieren que sería viable la aplicación de la propuesta de compostaje comunitario. Esto permitiría cambiar el modelo municipal de recogida de residuos domésticos en el núcleo de población de Sant Jaume Sesoliveres. A partir de los cálculos de la producción de residuos de la población derivados de una prueba piloto se ha propuesto al Ayuntamiento la colocación de 5 puntos de compostaje con dos compostadores de 1 m<sup>3</sup> cada uno.

### Palabras clave:

Residuos orgánicos, gestión de residuos, compostaje, compostaje comunitario.

## Resum

L'augment de la població global i el seu desenvolupament provoca la generació d'una quantitat creixent de residus. La gestió d'aquests residus ha de tenir en compte la necessitat de la seva valorització i reutilització per a encaminar-nos cap a una societat més sostenible. Els residus orgànics tant domèstics com agrícoles són biomassa altament aprofitable. Actualment molts països ja regulen la gestió d'aquests residus orgànics per valoritzar-los com són el seu destí per la producció de biogàs o el compostatge industrial. Mitjançant el compostatge s'aconsegueix compost, un producte orgànic que afegit a terra li proporciona estabilitat i fertilitat. El compostatge comunitari permet una gestió d'aquests residus allà on es generen de manera que la comunitat es pugui aprofitar del producte obtingut. L'objectiu d'aquest treball és proposar una estratègia de gestió de residus orgànics mitjançant el compostatge comunitari. A Santa Isabel Cholula (Mèxic) per a residus agrícoles i a Sant Jaume Sesoliveres (Catalunya) per a residus domèstics. A Santa Isabel Cholula aquesta proposta permetria substituir la incorporació directa dels residus a terra com a mètode per eliminar les restes agrícoles pel compostatge que proporciona una fertilització més adequada del camp de conreu. L'experiència de compostatge iniciada a Santa Isabel Cholula ha tingut una evolució de temperatura anòmla durant les primeres setmanes, però els últims valors indiquen un augment de temperatura suggerint que podria progressar adequadament. S'ha calculat que durant una temporada de cultiu d'estiu es podria aconseguir 560 tones de compost si tots els agricultors contribueixen en el compostatge comunitari. Les característiques de la població de Sant Jaume Sesoliveres suggereixen que seria viable l'aplicació de la proposta de compostatge comunitari. Això permetria canviar el model municipal de recollida de residus domèstics en el nucli de població de Sant Jaume Sesoliveres. A partir dels càlculs de la producció de residus de la població derivats d'una prova pilot s'ha proposat a l'Ajuntament la col·locació de 5 punts de compostatge amb dos compostadors d'1 m<sup>3</sup> cada un.

### Paraules clau:

Residus orgànics, gestió de residus, compostatge, compostatge comunitari.



## Abstract

The increase in the global population and its development causes the generation of an increasing amount of waste. The management of this waste must take into account the need for its recovery and reuse in order to move towards a more sustainable society. Both domestic and agricultural organic waste are highly usable biomass. Currently, many countries already regulate the management of this organic waste to give it value, such as the production of biogas or industrial composting. By composting, an organic product is obtained that when added to the soil provides stability and fertility. Community composting allows a management of this waste where it is generated, so that the community can take advantage of the product obtained. The objective of this work is to propose an organic waste management strategy through community composting. In Santa Isabel Cholula (Mexico), agricultural waste is studied, and in Sant Jaume Sesoliveres (Catalunya), domestic waste is studied. In Santa Isabel Cholula this proposal would make it possible to replace the direct incorporation of waste into the soil, as a method to eliminate agricultural remains, with composting, that provides a more adequate fertilization of the crop field. The started composting experience in Santa Isabel Cholula has had an anomalous temperature evolution during the first weeks, but the latest values indicate an increase of temperature suggesting that it could progress adequately. It has been estimated that 560 tons of compost could be collected during a summer growing season if all farmers contribute to community composting. The characteristics of the Sant Jaume Sesoliveres population suggest that the application of the proposal for community composting would be viable. This would make it possible to change the municipal model for collecting household waste in the town of Sant Jaume Sesoliveres. Based on the calculations of the population's waste production, it has been proposed to the City Council the placement of 5 composting points with two composters of 1 m<sup>3</sup> each.

### Key words:

Organic waste, waste management, composting, community composting.

## Sumario

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>8</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
1.1. Producción de residuos agrícolas.....	10
1.2. Producción de la fracción orgánica de residuos municipales (FORM) .....	11
1.3. Modelos de gestión de residuos agrícolas.....	11
1.4. Modelos de gestión de la fracción orgánica de residuos municipales (FORM) .....	13
1.5. Elementos teórico-prácticos: compostaje .....	16
1.5.1. El compostaje .....	16
1.5.2. El compostaje de residuos agrícolas .....	21
1.5.3. El compostaje de residuos domésticos.....	22
1.6. Alcance del trabajo.....	23
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>24</b>
2.1.1. Objetivo general .....	24
2.1.2. Objetivos específicos.....	24
<b>3. CASO DE ESTUDIO SANTA ISABEL CHOLULA</b>	<b>25</b>
3.1. Fases del proyecto.....	25
3.2. Estudio de la problemática de Santa Isabel Cholula referente a los residuos agrícolas...26	
3.2.1. Características fisiográficas y socioeconómicas.....	26
3.2.2. Modelo agrícola.....	28
3.2.3. Marco legislativo .....	28
3.2.4. Aspectos negativos del modelo actual .....	28
3.3. Caracterización de los residuos agrícolas en Santa Isabel Cholula y dimensionamiento de la superficie necesaria para el compostaje comunitario .....	29
3.4. Prueba piloto de compostaje.....	32
3.4.1. Identificación y caracterización de la parcela .....	32
3.4.2. Inventario de los residuos .....	34
3.4.3. Elaboración del compost de residuos agrícolas.....	34
3.4.4. Control del proceso .....	35



3.4.5.	Resultados y discusión .....	36
3.4.6.	Valoración de los datos .....	40
<b>4.</b>	<b>CASO DE ESTUDIO SANT JAUME SESOLIVERES</b> .....	<b>41</b>
4.1.	Actividades que componen el estudio.....	41
4.2.	Características fisiográficas y socioeconómicas.....	42
4.3.	Modelo de recogida .....	46
4.4.	Marco legislativo .....	47
4.5.	Aspectos negativos del modelo actual .....	47
4.6.	Resultados .....	48
4.6.1.	Inventario de la generación de FORM .....	50
4.6.2.	Dimensionamiento de los compostadores.....	52
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>56</b>
<b>ANEXOS</b>	.....	<b>60</b>

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Opciones de eliminación y valorización de residuos orgánicos agrícolas en la actualidad. Modificado de (Vargas et al., 2014).</i>	13
<i>Figura 2. Esquema de los elementos que intervienen en el proceso de compostaje. Modificado de (Vargas et al., 2014).</i>	17
<i>Figura 3. Mapa de México indicando la ubicación del Estado de Puebla (fuente: Google Earth).</i>	27
<i>Figura 4. Localización de Santa Isabel Cholula y alrededores, el pueblo está señalado con un círculo rojo (fuente: INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía).</i>	27
<i>Figura 5. Localización de la parcela de la Familia Calvario dentro del pueblo de Santa Isabel Cholula 18°59'52.2"N 98°22'17.3"W (fuente: Google Earth).</i>	32
<i>Figura 6. Puntos de muestreo en la pila de prueba; 1-6 para temperatura, 2, 3 y 4 para humedad y pH (fuente: elaboración propia).</i>	36
<i>Figura 7. Valores de temperatura en la pila de prueba.</i>	37
<i>Figura 8. Valores de pH en la pila de prueba.</i>	38
<i>Figura 9. Valores de humedad en la pila de prueba.</i>	39
<i>Figura 10. Localización de Sant Jaume de Sesoliveres 41°28'16.0"N 1°45'01.7"E. (fuente: Google Earth).</i>	42
<i>Figura 11. Mapa de Sant Jaume Sesoliveres (fuente: SIGPAC).</i>	43
<i>Figura 12. Respuestas a la pregunta 1 de la encuesta vecinal.</i>	44
<i>Figura 13. Respuestas a la pregunta 2 de la encuesta vecinal.</i>	44
<i>Figura 14. Respuestas a la pregunta 3 de la encuesta vecinal.</i>	44
<i>Figura 15. Ubicación de los puntos de compostaje (en rojo) en Sant Jaume Sesoliveres.</i>	49



*Figura 16. Respuestas a la pregunta 4 de la encuesta vecinal.* \_\_\_\_\_ 49

*Figura 17. Respuestas a la pregunta 5 de la encuesta vecinal.* \_\_\_\_\_ 50

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Modelos de gestión de la FORM. Ejemplos de buenas prácticas.</i>	14
<i>Tabla 2. Rendimiento, superficie cultivada y residuos generados por cultivo en Santa Isabel Cholula.</i>	30
<i>Tabla 3. Características de la parcela de la familia Calvario en Santa Isabel Cholula.</i>	33
<i>Tabla 4. Inventario de los residuos generados con la actividad agrícola en la parcela de la familia Calvario de Santa Isabel Cholula.</i>	34
<i>Tabla 5. Kilogramos de residuos orgánicos de cocina aportados por las casas participantes en la prueba de compostaje comunitario.</i>	51



## Agradecimientos

Agradecer en primer lugar a mis padres por el apoyo incondicional durante este largo viaje hasta aquí. A mis amigos, por brindarme esos momentos de risas y desconexión tan importantes y necesarios en momentos de tensión durante toda la carrera.

A mis tutoras que me han ayudado en todo momento, Teresa Balanyà y Rosario Pastor.

También dar las gracias a Aurora Serra, ex alumna de la escuela, por todo el ayuda y la iniciativa para realizar una propuesta de compostaje comunitario en su pueblo, y agradecer a todos los vecinos de Sant Jaume Sesoliveres que participaron en la encuesta, ha sido una experiencia muy bonita.

Agradecer a Angie Calvario, mis ojos y manos en México, por realizar todas las mediciones necesarias para llevar a cabo el estudio del compostaje en Santa Isabel Cholula. Y a Ana Ramírez y otra vez a la Dra. Rosario Pastor por introducirme en este proyecto y por su apreciada ayuda.

Al CCD-UPC y Terrassa Solidaria por el soporte económico para la realización del proyecto “Fortalecimiento de capacidades locales para promover la seguridad alimentaria en el Estado de Puebla, México” (CCD 2019-A023) y que ha permitido realizar el caso práctico en Puebla.

Sin todos vosotros este trabajo no podría haber sido posible.

Gracias.

# 1. Introducción

## 1.1. Producción de residuos agrícolas

La producción agrícola conlleva una serie de residuos, uno de los aspectos conflictivos asociados a esta actividad. El manejo de estos residuos es difícil de gestionar ya que su producción es muy localizada y estacional. Se producen residuos agrícolas en momentos puntuales, como por ejemplo en la cosecha de los cultivos, o en la poda, lo que da lugar a situaciones puntuales de acumulación. Una característica de los residuos agrícolas es la necesidad de retirarlos rápidamente de su lugar de producción, para evitar la aparición de plagas y enfermedades. Generalmente, los destinos de estos residuos son muy variables. Se pueden aprovechar de distintas maneras, tanto para alimento animal como para la generación de energía o para su utilización como enmienda orgánica. Pero en muchas ocasiones estos residuos se abandonan sin ningún tratamiento, cosa que conlleva un impacto ambiental. Otras veces, se eliminan por incineración. La directiva europea (2008/98/CE), promueve y prioriza la valorización y el reciclaje de los residuos agrícolas por encima de la eliminación o aislamiento, fomentando así la obtención de productos con la calidad necesaria para ser utilizados como sustituyentes de fertilizantes sintéticos o como alimento para el ganado (Vargas et al., 2014).

El volumen de residuos orgánicos que se generan con la agricultura se puede determinar de manera indirecta haciendo un cálculo aproximado. Por ejemplo, la producción de cereales en España en la campaña 2019/2020 fue de 19 millones de toneladas (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2020). Considerando que el número de hectáreas dedicadas al cultivo de cereales en España durante el año 2020 fue de 5,8 millones de hectáreas (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2020), y que por cada hectárea se genera alrededor de 1,4 toneladas de paja (Vargas et al., 2014), el volumen total de residuos que proviene de la producción de cereales asciende a 8 millones de toneladas al año. En el caso de los frutales resulta más difícil establecer un valor medio de volumen de residuos generados, ya que existen diferencias entre cultivos. Por ejemplo, se producen 1,7 toneladas por hectárea de residuos a partir del melocotonero mientras que algunos viñedos llegan a producir 5,5 toneladas de residuos por hectárea (Vargas et al., 2014). En 2017 la producción en España de frutas y hortalizas superó los 28 millones de toneladas, más del 50% de la producción es de hortalizas, un 24% es de cítricos y un 11% de fruta dulce (Ministerio de Agricultura



Pesca y Alimentación, 2017). En definitiva, estos datos indican que la generación de residuos orgánicos agrícolas representa una cantidad de biomasa muy significativa que justifica el desarrollo de procesos y estrategias de valorización de la misma.

## 1.2. Producción de la fracción orgánica de residuos municipales (FORM)

Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en 2018, en España se generaron 22 millones de toneladas de residuos municipales, de los cuales 4 millones de toneladas se reciclaron, 3,8 millones se compostaron, 11,8 millones se vertieron en vertederos y 2,5 millones de toneladas se incineraron. El 17% del total de residuos se recogieron selectivamente, 3,65 millones de toneladas. La recogida selectiva consiste en recolectar de manera separada las diferentes fracciones de los residuos municipales con el fin de reciclarlos y valorizarlos. Catalunya es la comunidad autónoma donde se utiliza más la técnica de recogida selectiva como gestión de los residuos municipales, con 1 millón de toneladas recogidas en 2018. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019). En la actualidad el 45% de los residuos municipales son recogidos de manera selectiva (Agència de Residus de Catalunya, 2020). En 2019, según la Agència de Residus de Catalunya, se generaron 4 millones de toneladas de residuos municipales en Catalunya, esto supone 1,44 kg de residuos por habitante y día, un 10,9 % de estos residuos son orgánicos. Esto supone unas 400.000 toneladas de residuos orgánicos, en gran parte de origen doméstico, que fueron recogidos de forma selectiva por los municipios, que son los encargados de su gestión.

Las maneras más utilizadas para reciclar la fracción orgánica de los residuos municipales es el compostaje industrial y la digestión anaerobia para la generación de energía.

## 1.3. Modelos de gestión de residuos agrícolas

Se ha realizado un seguimiento de los estudios de reconocidos científicos para conocer la perspectiva histórica de la producción de los residuos orgánicos. Algunos estudios han vinculado el nacimiento de la agricultura a la germinación de semillas sobre restos orgánicos acumulados como residuos (Anderson, 1954). Pero no resulta sencillo establecer las primeras estrategias de gestión de residuos agrícolas, ya que son muchas las dificultades para diferenciar el origen de los distintos

materiales de desechos de las primeras comunidades agrícolas (Crawford, 1983). Hay diversos indicios que apuntan a la posible utilización de determinadas estructuras vegetales no destinadas al consumo directo como material combustible (Hastorf, 1988), o a su empleo como pienso para animales domésticos e incluso como material fertilizante para incorporar al suelo (Zhao, 2010). También existen indicios que confirman la utilización de restos de cosecha o materiales vegetales no aprovechables en culturas como la romana (Parr & Hornick, 1992), o las precolombinas (Johnston, 2003). En la Edad Media la estrategia seguida era la acumulación de los residuos en la periferia de los núcleos urbanos para ser utilizados como enmiendas orgánicas (Vehlow et al., 2007). También en esta época los restos procedentes de cosecha se reutilizaban con objeto de mejorar la calidad de los suelos (Denevan, 1995), o se destinaban a la alimentación del ganado (Baars et al., 2004). Durante la revolución industrial, con el aumento de la población, las nuevas propuestas para el tratamiento de residuos consistían en su incineración controlada (Diaz et al., 1984), el objetivo principal era la eliminación de los riesgos propios de los residuos.

Por lo tanto, se observa claramente que la gestión sostenible de los restos orgánicos agrícolas lleva muchos años practicándose, aunque durante toda la historia no fuese siempre así. Hoy en día se estima que la producción mundial de residuos orgánicos de carácter lignocelulósico generados como consecuencia de la actividad agrícola se sitúa en 74 millones de toneladas al año (Kim & Dale, 2004). El retorno de estos restos orgánicos agrícolas como fertilizante es imprescindible para devolver a la tierra los nutrientes que utilizan las plantas y así completar el ciclo de la materia.

Sobre el aprovechamiento de los restos orgánicos de origen agrícola existen muchas opciones a tener en cuenta (*Figura 1*). Hasta hace relativamente poco tiempo, el principal destino de los restos de cosecha era la incineración sin aprovechamiento energético (Vargas et al., 2014). También se utilizaba el vertido en vertederos controlados, aunque en menor frecuencia. Estas dos técnicas además de contaminar la atmosfera, suponen una pérdida enorme de biomasa útil. Hay diferentes alternativas para la valorización. Las más simples no necesitan ningún tratamiento, en este caso se utiliza el residuo como abono verde o alimento para el ganado. Con tratamiento microbiológico podemos obtener compost, ensilados y biocombustibles, entre otros. Para obtener otros productos se necesita realizar previamente un tratamiento físico-químico (pasta de celulosa, productos químicos). El tratamiento térmico por incineración, pirolisis o gasificación lleva a la obtención de energía.



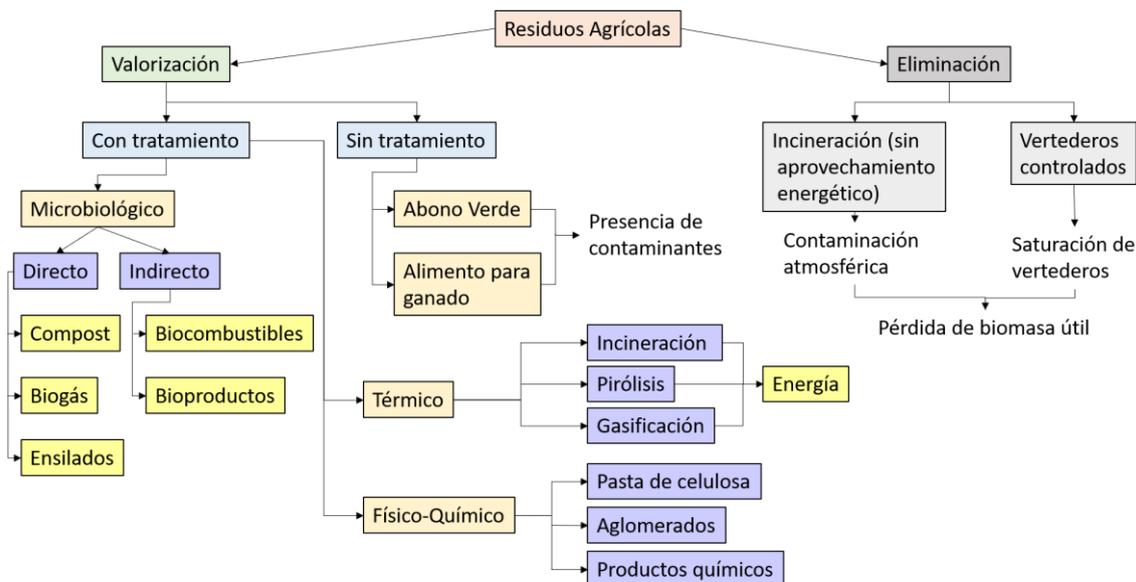


Figura 1. Opciones de eliminación y valorización de residuos orgánicos agrícolas en la actualidad. Modificado de (Vargas et al., 2014).

#### 1.4. Modelos de gestión de la fracción orgánica de residuos municipales (FORM)

En España el sistema más habitual de recogida de residuos es mediante contenedores repartidos el municipio, diferentes para cada fracción, que son vaciados por los correspondientes servicios de recogida. Otro sistema cada vez más utilizado, sobre todo en pequeños municipios, es la recogida puerta a puerta, que consiste en recoger las diferentes fracciones de la basura casa por casa, eliminando así los contenedores de las calles. Ambos sistemas son recogida selectiva, ya que cada residuo se separa por su naturaleza.

Para la gestión de la fracción orgánica de los residuos municipales la técnica de compostaje centralizado es un método que es utilizada en España desde hace más 20 años, acompañada de la recogida selectiva de los residuos. El compostaje centralizado consiste en gestionar los residuos orgánicos en una planta central de compostaje situada cerca de grandes núcleos de población. Este modelo se ha ido implementando en las diferentes Comunidades Autónomas a diferente ritmo, con el horizonte de la Unión Europea de llegar a 2024 recogiendo de forma separada la fracción orgánica

y que no se mezclen con los otros tipos de residuos (EU, 2018). Hoy en día, además ya podemos encontrar comunidades llevando a cabo el compostaje comunitario, como los programas indicados en la *tabla 1* que consiste en un recopilatorio de ejemplos de métodos de gestión de la FORM en España.

*Tabla 1. Modelos de gestión de la FORM. Ejemplos de buenas prácticas.*

TIPO DE GESTIÓN	TIPO DE RECOGIDA	LUGAR	REFERENCIA
<b>COMPOSTAJE CENTRALIZADO</b>	Recogida selectiva Contenedores	Baix Camp, Barcelona, Montejurra	(EU, 2000)
<b>COMPOSTAJE COMUNITARIO</b>	Recogida selectiva Compostadores + Contenedores	Comunidad Valenciana, País Vasco, Comunidad Foral de Navarra, Catalunya	(Plana et al., 2019), (Agència de Residus de Catalunya, 2020)
<b>COMPOSTAJE DESCENTRALIZADO</b>	Recogida selectiva puerta a puerta	Pallars Subirà	Proyecto SCOW (EU, 2015)
<b>COMPOSTAJE FORM (DIGESTIÓN ANAEROBIA + COMPOSTAJE)</b>	Recogida selectiva	Planta de Can Barba Terrassa	(Metrocompost S.A., 2009)

Uno de los modelos más innovadores y actualizados que se puede poner como ejemplo de gestión de la fracción orgánica municipal es el de la Comunidad Valenciana (Plana et al., 2019). En la Comunidad Valenciana ya se regulan las instalaciones de compostaje comunitario en el ámbito territorial de la Comunidad gracias a la Orden 18/2018, de 15 de mayo, de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. En los programas llevados a cabo en la Comunidad Valenciana se debe hacer una campaña de participación previa solicitando una declaración de compromiso a los usuarios, también se les ofrece cursos de formación específicos sobre la técnica de compostaje. La determinación de las zonas de compostaje se llevará a cabo por los promotores con la validación de un responsable local, y los requisitos de tales zonas son, tener un espacio mínimo y llevar un control de seguridad y plagas. Otras funciones de los responsables locales a parte de la validación inicial, son la inspección y el control de la zona de



compostaje, siendo la temperatura y la frecuencia de volteo los principales parámetros de seguimiento. Los materiales permitidos para añadir son los residuos biodegradables de cocina y restaurantes, y los residuos biodegradables de parques y jardines. Finalmente, los usuarios son los beneficiarios del uso del compost juntamente con los responsables locales para uso en parques y jardines de la comunidad.

Otro modelo interesante de gestión es el derivado del proyecto SCOW (Selective Collection of the Organic Waste in tourist areas), fue un proyecto de tres años (2013-2015) que tuvo como objetivo desarrollar modelos de gestión sostenibles de la materia orgánica, mediante la recogida y reciclaje de residuos biológicos de alta calidad, bajo coste y tecnológicamente simples en territorios con áreas turísticas y actividad agrícola. Propone el tratamiento de residuos en plantas de compostaje descentralizadas a pequeña escala ubicadas cerca de los lugares de generación de los residuos biológicos y de los lugares donde se podría aplicar el compost (EU, 2013). Uno de los lugares donde se llevó a cabo este proyecto es en la comarca del Pallars Sobirà, donde se ha iniciado un cambio de modelo de recogida. El sistema que se ha implementado es el puerta a puerta, permitiendo así un incremento del ratio de recogida selectiva y obtención de materia orgánica de calidad (EU, 2015). Complementado esta recogida puerta a puerta, se ha construido una planta de compostaje de pequeñas dimensiones y baja tecnología en la misma comarca, al lado del Centro de Recogida Selectiva de Residuos Domésticos y Asimilables de la capital de la comarca, Sort. Esto permite ahorrar en transporte y la obtención de compost para uso de los habitantes, cerrando así el ciclo de la materia orgánica (EU, 2015).

A parte de compost, el biogás es otro producto que se puede obtener como resultado de la gestión de los residuos orgánicos. Por ejemplo, la planta de Can Barba de Terrassa recibe 20.000 toneladas al año de restos orgánicos municipales (FORM) y da servicio a 13 municipios del Vallès Occidental. A partir de una digestión anaeróbica se genera biogás, y con el material digerido procedente del reactor de biometanización, y junto con la fracción vegetal que se añade como estructurante, se realiza un compostaje y una maduración del compost. Con el biogás generado se produce energía eléctrica para abastecer a 1.300 casas de la comarca, y además esta planta tiene una capacidad de producción de compost de 4.500 toneladas al año que se ponen a la venta una vez maduro (Metrocompost S.A., 2009).

En definitiva, estos ejemplos nos indican que es posible implementar modelos de gestión más sostenibles de la fracción orgánica de los residuos municipales.

## **1.5. Elementos teórico-prácticos: compostaje**

Desde un punto de vista legislativo y de acuerdo con la normativa española (Ley 22/2011 de 28 de julio de 2011, BOE 29 julio de 2011), se entiende por residuo “cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar”. Existen diferentes residuos orgánicos que podemos compostar. Este trabajo se va a centrar en los residuos agrícolas (restos de poda, de la cosecha, malas hierbas...) y en los residuos domésticos (cocina).

### **1.5.1. El compostaje**

El compostaje se puede considerar un tratamiento para reutilizar y revalorizar los residuos orgánicos como pueden ser, restos domésticos, urbanos, agrícolas, industriales o forestales. Desde el punto de vista biológico es un proceso aerobio de transformación de la materia orgánica para obtener compost, un producto que una vez añadido al suelo le da estabilidad y fertilidad. Este proceso tiene una duración variable en función de diversos parámetros de 3 a 6 meses. En la *Figura 2* se muestra la relación entre los distintos elementos que intervienen en la producción de compost. El proceso de la descomposición de la materia orgánica se lleva a cabo gracias a microorganismos, tales como bacterias y hongos. Estos microorganismos necesitan oxígeno para respirar, agua, materia orgánica equilibrada (relación C/N equilibrada) y una temperatura adecuada para que puedan trabajar de forma óptima (Centre d'Ecologia i Projectes Alternatius, 1999).



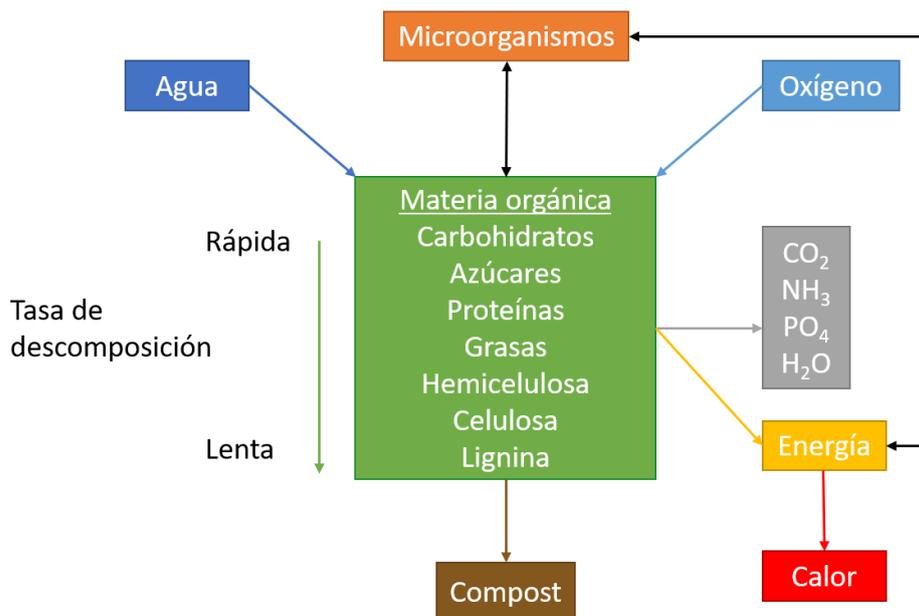


Figura 2. Esquema de los elementos que intervienen en el proceso de compostaje. Modificado de (Vargas et al., 2014).

En el proceso biológico de compostaje podemos diferenciar cuatro fases consecutivas:

1. Fase mesófila, los hongos y bacterias mesófilos (su temperatura de crecimiento óptima es de los 10 a los 40 °C (Moreno & Moral, 2007) comienzan a proliferar y a desarrollarse en la materia orgánica usando fuentes sencillas de carbono y nitrógeno, provocando la descomposición de los residuos orgánicos menos complejo. La mezcla de materia orgánica se va calentando por la actividad de los microorganismos. En esta primera fase se puede observar un descenso del pH debido a los ácidos orgánico que producen las bacterias.
2. Fase termófila, también se conoce como fase de higienización, ya que el material alcanza temperaturas más altas de 60 °C permitiendo la eliminación de agentes patógenos. En una primera fase, los microorganismos mesófilos son reemplazados por los termófilos, que son aquellos que crecen y se desarrollan en temperaturas de entre 40 y 70 °C (Moreno & Moral, 2007). Estos hongos y bacterias termófilos degradan la celulosa y parcialmente la lignina (Tuomela et al., 2000). Su elevada actividad hace que la temperatura aumente. Una vez la materia alcanza los 60-70 °C, los hongos termófilos paran su actividad y aparecen actinobacterias, estas son capaces de descomponer las proteínas, las ceras, las

hemicelulosas y otros compuestos de carbono complejos. Además, en esta fase, el nitrógeno es transformado en amoníaco haciendo que el pH del medio aumente. Las temperaturas altas se mantienen durante días permitiendo la destrucción de bacterias patógenas y contaminantes de origen fecal, aparte de eliminar hongos fitopatógenos y semillas de maleza que podrían encontrarse en el material inicial. Los microorganismos necesitan oxígeno, por eso en esta fase se deben realizar frecuentes volteos del material.

3. Fase de enfriamiento, en esta fase, las fuentes de carbono y especialmente de nitrógeno fácilmente utilizables por los microorganismos termófilos han sido agotadas y su actividad disminuye, por lo tanto, la temperatura desciende hasta los 40-45 °C. Esto hace que los hongos y bacterias mesófilos aparezcan y reinicien su actividad degradando la celulosa y lignina restantes descendiendo levemente el pH.
4. Fase de maduración, es un período de estabilización, se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados. La madurez del compuesto se produce cuando la descomposición microbiológica se completa y la materia orgánica se transforma en humus (parte orgánica reestructurada, una de las partes del compost maduro), libre de toxicidad, y agentes patógenos. Con esto se consigue un compost preparado para usar.

Hay que tener en cuenta también los parámetros abióticos que intervienen en el proceso. El compostaje se da sobre un medio sólido. Los residuos constituyen una mezcla de componentes orgánicos de distintos tamaños y características físico-químicas. Estas partículas de materia orgánica están separadas por espacios vacíos (poros) ocupados por aire o agua. Se necesita que haya un equilibrio entre los dos elementos. El aire, contiene un 21% de oxígeno que utilizan los microorganismos para descomponer de manera eficiente la materia orgánica. En ausencia de oxígeno, en condiciones anaerobias, hay una cierta descomposición, pero el proceso es muy lento y desprende malos olores.

Para mejorar la oxigenación es necesario controlar los componentes de la mezcla de materia orgánica. La presencia de restos vegetales secos y estables, como hojas secas, piñas, pinaza, ramas pequeñas..., posibilita el paso de aire de manera natural. También volteando el material se consigue la oxigenación. Este volteo es aconsejable hacerlo periódicamente, una vez por semana, los



primeros dos meses, en fase de mayor actividad microbiana y en fases posteriores, en fase de maduración, no se debe voltear tan a menudo (Plana et al., 2019).

Otro parámetro importante en el proceso es el agua ya que los microorganismos se desarrollan en medios húmedos y necesitan agua para vivir como cualquier otro ser vivo. La cantidad de agua presente en la mezcla de compostaje depende de varios parámetros. La evaporación puede ser importante sobre todo en verano. Si los poros de la estructura de la mezcla de compostaje son muy grandes, aunque se aporte agua, ésta se drena rápidamente. Por último, también afecta el consumo de agua de los microorganismos. En una mezcla seca la actividad descomponedora prácticamente se detiene porque los microorganismos no se desarrollarán ni se reproducirán. Es por eso que cuando falta agua, se debe de humedecer. Sin embargo, un exceso de agua ocupará todos los poros haciendo desplazar el aire y en pocas horas se crearán condiciones anaeróbicas. Esto ralentizará la descomposición y producirá malos olores. La clave de la humedad en compostaje es tener una buena mezcla entre materiales secos y estables con materiales húmedos y degradables. La humedad óptima está entre el 50 y el 70 % (Moreno & Moral, 2007).

Los microorganismos necesitan nutrientes para su desarrollo. El equilibrio definido por la relación carbono nitrógeno C/N da una buena idea del estado nutricional de la mezcla de compostaje. El carbono y el nitrógeno son dos elementos fundamentales para la vida que se encuentran en más o menos proporciones en la materia orgánica. El número resultante de esta relación define cuántas veces más hay de carbono que de nitrógeno. La mezcla que se composta conviene que tenga una relación C/N de entre 25 y 35 (Jhorar et al., 1991). Si se composta material con una relación C/N elevada (con un exceso de carbono), se degradará muy lentamente porque los microorganismos no podrán construir proteínas, que contienen mucho nitrógeno, y por lo tanto no podrán multiplicarse. Con materiales con relación C/N baja, se perderá mucha parte del nitrógeno que los microorganismos podrían aprovechar y que supone el principal valor fertilizante del compost. El equilibrio nutricional adecuado se encuentra cuando se realiza una buena mezcla entre materia orgánica estable y materia orgánica fresca.

La materia orgánica fresca (húmeda, verde), son restos de plantas frescas, del jardín, restos de cocina, fragmentos de vegetales y fruta, hojas verdes. Estos materiales frescos son materia orgánica fácilmente degradable, muy húmeda y rica en nitrógeno. Mientras que la materia orgánica estable (seca, marrón), son restos de plantas secas, paja, ramas, hojas secas, cáscaras, serrín. Estos

materiales tienen mucha proporción de carbono respecto a nitrógeno. Se trata de materia orgánica que se descompone lentamente, rica en carbono, poco húmeda y pobre en nitrógeno. A pesar de esto su presencia en la mezcla le da propiedades estructurales debido a su rigidez. La combinación de estos dos tipos de materia orgánica permitirá esponjar la mezcla compostable, estructurarla y facilitar la circulación de aire.

Otro parámetro importante es la temperatura y su seguimiento es un indicativo de que el proceso de compostaje avanza adecuadamente. Como se ha comentado anteriormente la actividad que hacen millones de microorganismos descomponedores genera calor, por lo que la mezcla de materia orgánica se calienta. Por otro lado, la evolución de las poblaciones microbianas que intervienen en la descomposición está influenciada por la temperatura. Por eso es importante mantener la temperatura adecuada el máximo de tiempo posible, para asegurarse un buen proceso de descomposición. Se ha descrito que para mantener la temperatura en la mezcla se requiere un volumen de material compostable mínimo de 1 m<sup>3</sup> (Román et al., 2015). Una manera para proteger de un descenso de la temperatura es cubrir el material que queremos compostar con paja, madera, hojas secas, o con un plástico negro (que absorba el calor del sol) y con agujeros (que permita pasar el aire).

Todos estos procesos, y cumplir sus condiciones, son muy importantes para obtener un compost de calidad. Hay que considerar que la descomposición de la materia orgánica es necesaria antes de añadirla al suelo, ya que si se aplica la materia orgánica fresca directamente puede tener algunos efectos negativos para el sustrato receptor y para las plantas. La materia orgánica madura (compost) proporciona muchas ventajas. Mejora las propiedades físicas, favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo. Mejora las propiedades químicas y fertiliza aumentando el contenido en nitrógeno, fósforo, potasio, y micronutrientes. También mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos y otros organismos del suelo enriqueciendo el ecosistema (Román et al., 2015).



### 1.5.2. El compostaje de residuos agrícolas

Los residuos agrícolas se pueden definir como la parte del cultivo que no constituye la cosecha (Vargas et al., 2014). Esto incluye las partes habitualmente no aprovechables en un sentido comercial, y la parte de la cosecha que no cumple los requisitos de calidad mínima. Se encuentran materiales de distintas características dentro de esta categoría de restos agrícolas. En primer lugar, hay restos vegetales jóvenes, como hojas, frutos, tubérculos... estos son más ricos en nitrógeno. Los tipos de residuos agrícolas más comunes son los restos vegetales más adultos como troncos, ramas de poda de frutales, tallos... Estos son menos ricos en nitrógeno y además es preciso triturarlos si su destino es incorporarlos en una mezcla de compostaje, ya que si se dejan como trozos grandes el tiempo de descomposición se alargará. Así, las características de los residuos agrícolas van a influir en la elaboración de un compostaje equilibrado y de calidad. Los documentos legales que hay hoy en día no van más allá de un reconocimiento del sector agrícola como potencial origen de residuos orgánicos, sin profundizar en las características de este tipo de materiales.

El proceso de compostaje es el método de tratamiento más adecuado tanto para los residuos orgánicos en general como para los de origen agrícola en particular. Esta biotransformación aeróbica de la materia orgánica, permite convertir los residuos agrícolas en compost. Las características habituales de composición de este tipo de residuos pueden obligar a una adecuación previa, antes de ser sometidos a compostaje, ya que se caracterizan por presentar una elevada relación C/N, más alta cuanto mayor sea el grado de lignificación del material vegetal. Por eso, para disminuir la relación C/N se pueden añadir a la mezcla compuestos ricos en nitrógeno (estiércol, alperujo, vinazas o incluso urea). Otro factor importante a considerar es que los materiales de partida pueden contener microorganismos fitopatógenos y restos de compuestos de fitosanitarios. Por eso es necesario la descontaminación e higienización de los restos agrícolas que ha de ocurrir durante el proceso de compostaje para que el producto final, el compost, sea seguro desde el punto de vista ambiental y operativo. La intensa actividad microbiana aeróbica biodegradadora debe eliminar restos de compuestos fitosanitarios o convertirlos en formas químicas que no supongan ningún riesgo. Por otra parte, las temperaturas que se alcanzan durante el proceso aseguran la eliminación de microorganismos fitopatógenos además de destruir semillas de malas hierbas (Vargas et al., 2014).

### 1.5.3. El compostaje de residuos domésticos

Los residuos domésticos son todos aquellos residuos orgánicos que se generan en el hogar. Estos restos son los llamados FORM, fracción orgánica de residuos municipales (Agència de Residus de Catalunya, 2010). En Catalunya, el 2019 se generaron 56,41 kg por habitante y año de residuos de materia orgánica (según la Agència de Residus de Catalunya), esto constituye el 36% del total de residuos generados. Para realizar el reciclaje de esta fracción orgánica se necesitan unas adecuadas infraestructuras de tratamiento biológico, ya sea mediante el compostaje para la obtención del compost o bien, mediante la digestión anaerobia, donde además se genera biogás, y así se consigue una valorización energética. Existen 26 plantas de compostaje en Catalunya. Cuatro de ellas disponen de digestores anaeróbicos. Sin embargo, hay municipios que están gestionando ellos mismos los residuos orgánicos y realizando compost en plantas de compostaje municipal.

Todos los materiales orgánicos de cocina se pueden compostar, pero el proceso también depende de sus características. Por ejemplo, los huesos, son ricos en calcio, pero no se descomponen muy fácilmente, aunque ayudan a la aireación, por eso este tipo de material se añade en pocas cantidades. De otro lado, están los restos de comida como verduras y frutas, estos aportan hidratos de carbono, son muy fácilmente descomponibles debido a los azúcares que contienen que estimulan el crecimiento microbiano. Otros alimentos como la pasta y el arroz hervidos también aportan hidratos de carbono descomponibles, pero no se pueden añadir en exceso porque podrían generar problemas de compactación de la mezcla. Los restos de carne y pescado se puede añadir, pero deberán estar bien mezclados con los otros materiales para no generar malos olores. Estos residuos aportan nitrógeno muy valioso para el crecimiento de los microorganismos. La FORM puede contener impropios (materiales no biodegradables que no tendrían que estar en la fracción orgánica) que pueden interferir en el proceso de compostaje, y darse una transferencia de contaminantes al compost como en el caso de metales pesados. La presencia de impropios es una de las razones por la cual tendríamos un compost de mala calidad. La mala separación o la contaminación de la fracción orgánica comporta consecuencias ambientales negativas: se contamina el compost que pasará al suelo. Cuanto más pequeña es la cantidad de impropios, más buena es la calidad del compost. Algunos restos orgánicos no son compostables, como excrementos humanos y excrementos de animales domésticos, ya que pueden contener patógenos (Centre d'Ecologia i Projectes Alternatius, 1999). En un compostaje industrial o comunitario la mezcla de



residuos de diferentes procedencias podría equilibrar las proporciones entre los distintos tipos de desechos orgánicos, y el control se centraría principalmente en la presencia de impropios.

## 1.6. Alcance del trabajo

Este trabajo se centra en la valorización de los residuos orgánicos tanto agrícolas como FORM para obtener un producto que se pueda utilizar en el mismo lugar donde se generan, cerrando así el ciclo de la materia orgánica. La obtención de compost a partir de los residuos agrícolas permitiría la mejora del suelo de los campos de cultivo donde se originan los residuos. Por otro lado, en general la gestión de la FORM es realizada por el gobierno local mediante compostaje centralizado. En el caso núcleos de población pequeños o zonas rurales el compostaje descentralizado a pequeña escala puede ser una alternativa eficiente.

El trabajo se planteó en un principio dentro de un proyecto de desarrollo del compostaje comunitario de residuos agrícolas en el Estado de Puebla, México, financiado por el Centro de Cooperación por el Desarrollo de la UPC, llamado “Fortalecimiento de capacidades locales para promover la seguridad alimentaria en el Estado de Puebla, México”. Debido a la situación de emergencia sanitaria generada por la pandemia del COVID no ha sido posible viajar al lugar y poner en marcha el proyecto personalmente. El proyecto de Puebla siguió adelante a distancia, con muchas dificultades y contando con la ayuda de agricultores locales. La experiencia se desarrolló en la parcela de una familia de Santa Isabel Cholula que puso en marcha el compostaje en su parcela. Paralelamente, de forma complementaria, se ha desarrollado otra propuesta de compostaje comunitario en Sant Jaume Sesoliveres en este caso de FORM en colaboración con la técnica agrícola Aurora Serra miembro de Tarpuna, cooperativa de iniciativas sociales.

## 2. Objetivos

### 2.1.1. Objetivo general

Contribuir en la mejora de la gestión y aprovechamiento de la FORM y de residuos agrícolas en pequeñas comunidades a través del compostaje comunitario.

### 2.1.2. Objetivos específicos

- Desarrollar propuestas de compostaje comunitario para la gestión de:
  - Residuos agrícolas, en Santa Isabel Cholula, Puebla, México, mediante el estudio de la problemática, la caracterización de los residuos y la realización de una prueba piloto.
  - Residuos orgánicos domésticos (FORM), en Sant Jaume Sesoliveres, Piera, Barcelona, mediante la realización de una encuesta para conocer la aceptación de la propuesta, el inventario de los residuos producidos y el dimensionamiento de compostadores.

Se han realizado dos casos de estudio, en Santa Isabel Cholula, México, y en Sant Jaume Sesoliveres, Catalunya.



### 3. Caso de estudio Santa Isabel Cholula

Como se ha comentado, debido a la pandemia del COVID-19, fue imposible viajar a Santa Isabel Cholula, de manera que el estudio tuvo que desarrollarse por vía telemática, con la ayuda de una persona de la población, Angie Calvario. Angie es estudiante de Manejo Sostenible de Ecosistemas, y para realizar este trabajo estaba contratada por el proyecto “Fortalecimiento de capacidades locales para promover la seguridad alimentaria en el Estado de Puebla, México” financiado por CCD-UPC. Durante el desarrollo del trabajo hemos mantenido una comunicación estrecha para poder hacer un seguimiento del proceso y la toma de datos.

#### 3.1. Fases del proyecto

El proceso se estructuró de la siguiente manera:

- Estudio de la problemática de Puebla referente a los residuos agrícolas.
- Caracterización de los residuos agrícolas producidos en la población y dimensionamiento de la superficie necesaria para el compostaje comunitario.
- Formación de los agricultores (no incluido en este trabajo).
  - Elaboración y distribución de manuales a los agricultores interesados en el compostaje
  - Información del proceso de compostaje mediante un taller dirigido a los agricultores e identificación de los agricultores dispuestos a realizar el compostaje en su parcela.
- Prueba piloto de compostaje de residuos agrícolas.
  - Puesta en marcha de una prueba piloto en la parcela de la familia Calvario con la ayuda de otros agricultores para el mantenimiento y manejo del compostaje.
  - Seguimiento de la prueba piloto.

## **3.2. Estudio de la problemática de Santa Isabel Cholula referente a los residuos agrícolas.**

### **3.2.1. Características fisiográficas y socioeconómicas**

El Estado de Puebla, oficialmente llamado Estado Libre y Soberano de Puebla, es uno de los 32 estados que conforman México (*Figura 3*). Tiene como capital su ciudad más grande, Heroica Puebla de Zaragoza. El Estado se localiza en el centro oriente del territorio mexicano y no tiene salida al mar. Está ubicado en el altiplano central, a una altitud de 2.060 m sobre el nivel del mar. Tiene una superficie de 34.251 m<sup>2</sup>, y una población estimada de 6.168.883 habitantes, lo que le convierte en el quinto estado más poblado de México. El Estado de Puebla ha sido de gran importancia en la historia de México. En él se han hallado los restos más antiguos de cultivo de maíz y camote, en la región de Tehuacán. El municipio de Santa Isabel Cholula (*Figura 4*) se localiza en la parte centro oeste del Estado. (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 1986).

El clima que predomina en Puebla es el clima templado con diversos grados de humedad. Santa Isabel Cholula y una tercera parte del territorio poseen un clima templado subhúmedo con lluvia en verano, los meses de junio a septiembre es la temporada de mayor pluviosidad; las temperaturas anuales son de 16 °C en promedio, y la pluviosidad oscila entre los 600 y 800 mm anuales (Ramírez, 2019a). El clima en Santa Isabel Cholula es templado subhúmedo. Los meses más calurosos son febrero, marzo y abril, con máximas de 32 °C, mientras que los meses más fríos son de noviembre a febrero, la temperatura máxima oscila entre 9 °C y 24 °C (SGG, 2018).

Santa Isabel Cholula es un municipio de 9236 habitantes, se caracteriza por tener una economía ligada a la agricultura a pequeña escala, que tienen como objetivo autoabastecer a la familia agricultora y generar excedentes para la venta entre los habitantes de la población. Este sistema es cada vez más difícil de conservar, por varios motivos. Uno de ellos es el gran crecimiento de la capital de Puebla que obliga a hacer cambios de uso del suelo y de la demanda de los recursos directamente vinculados con las prácticas agrícolas, agua y suelo, por parte las inmobiliarias y del gobierno municipal (Ramírez, 2019b).



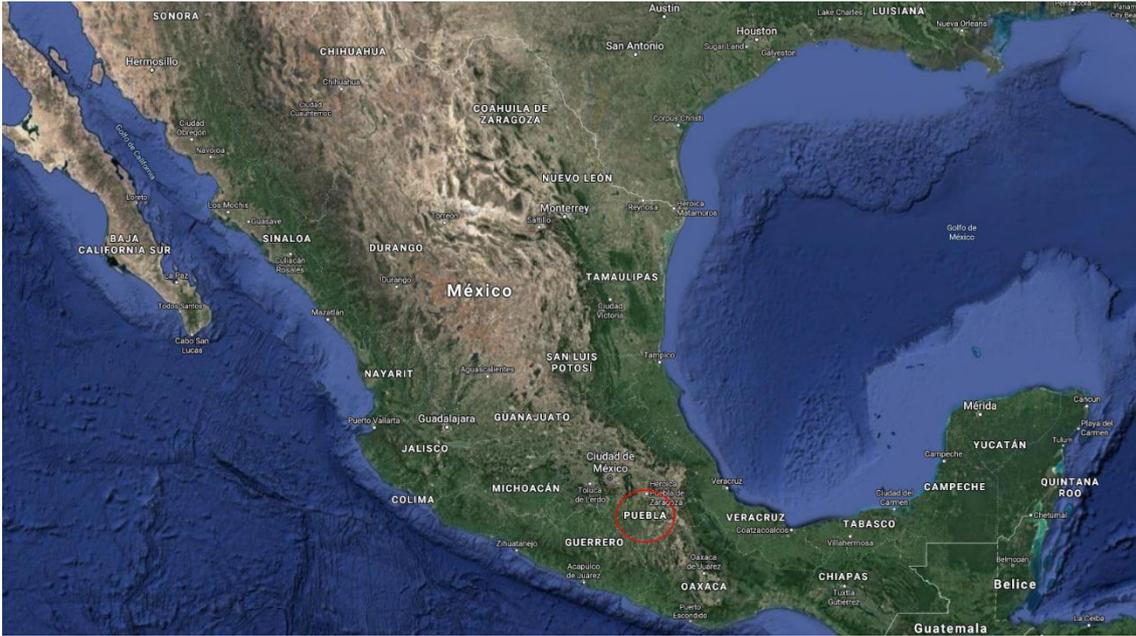


Figura 3. Mapa de México indicando la ubicación del Estado de Puebla (fuente: Google Earth).

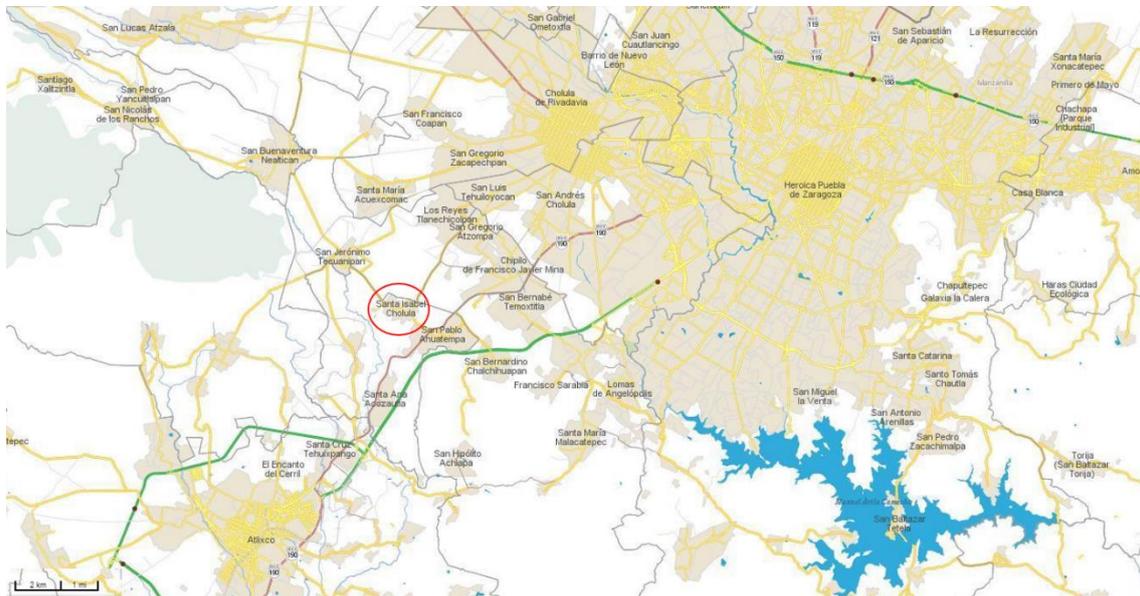


Figura 4. Localización de Santa Isabel Cholula y alrededores, el pueblo está señalado con un círculo rojo (fuente: INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía).



### 3.2.2. Modelo agrícola

En el municipio de Santa Isabel Cholula se encuentra una población dedicada a la agricultura a pequeña escala con el objetivo de autoconsumo y venta. Lo que principalmente se produce en este municipio son hortalizas y legumbres, y destinan sus producciones a los mercados y tianguis (mercado tradicional Mesoamericano) (Ramírez, 2019b). La población se caracteriza por tener una larga tradición agrícola que data desde la época prehispánica, algunas familias continúan con la forma tradicional de producción dentro de los huertos familiares.

El riego de la zona se caracteriza principalmente por ser de temporal y en este sentido se aprovechan las lluvias de verano que inician el ciclo de cultivo primavera-verano (de marzo a septiembre).

### 3.2.3. Marco legislativo

Existe el Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Diario Oficial de la Federación, noviembre de 2006, última reforma 31-10-2014). La ley general parte de una serie de principios entre los que se encuentran: “ 1.- *Prevenir, valorizar y hacer un manejo integral bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social* 2.- *Responsabilidad compartida de productores, consumidores y autoridades* 3.- *El generador de residuos debe asumir los costos de su disposición* 4.- *Los lugares que han sido afectados por la disposición inadecuada de residuos deben ser atendidos para que dejen de ser fuente de contaminación* 5.- *Es indispensable que los procesos de producción se realicen bajo condiciones de eficiencia ambiental, en términos de uso de recursos, insumos y generación de residuos*” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014).

### 3.2.4. Aspectos negativos del modelo actual

Actualmente la práctica mayoritaria de gestión de residuos orgánicos agrícolas que se lleva a cabo es la técnica que se conoce como incorporación de residuos al suelo o rastreo, que consiste en depositar los restos de la cosecha, el material vegetal que no se comercializa, directamente en el suelo. Una vez está todo el campo cosechado y con los restos vegetales por el campo, se pasa el tractor con el arado para mezclar e integrar los residuos en la tierra.



Cabe decir, que al menos no utilizan la quema agrícola para deshacerse de los residuos, cosa que se realiza en muchas partes del mundo, y que contribuye de manera enorme a la contaminación de la atmósfera, produciendo gases nocivos como el monóxido, el óxido de nitrógeno o el óxido de azufre y un aumento en la concentración del dióxido de carbono. También la quema de rastrojos tiene efectos negativos para el suelo como la erosión, la pérdida de nutrientes, la pérdida de humedad y de organismos beneficiosos. Aparte, al quemarse todos los restos agrícolas se pierden los nutrientes que contienen y que podrían ser devueltos a la tierra.

Aunque la práctica actual no es tan negativa como la incineración, la conversión de los residuos en compost antes de añadirlos al suelo representaría una mejora en cuanto al aporte de estructura, estabilidad y fertilización del suelo de cultivo.

### **3.3. Caracterización de los residuos agrícolas en Santa Isabel Cholula y dimensionamiento de la superficie necesaria para el compostaje comunitario**

Ana Ramírez ha proporcionado datos recogidos para su tesis de postgrado “Conocimientos ecológicos tradicionales, elementos para la transición agroecológica”, que son analizados a continuación. Estos datos muestran las hectáreas cultivadas en Santa Isabel Cholula y el cultivo que se estaba produciendo durante los meses de junio, julio y agosto de 2019. Se ha hecho una búsqueda bibliográfica para tener los valores de generación de residuos por cada tipo de cultivo (*Tabla 2*). Con esto se obtiene una aproximación de la cantidad de residuos que generan todos los agricultores del pueblo, para deducir la cantidad de compost que se podría generar si todos ellos realizasen compostaje comunitario. Además, se puede calcular aproximadamente la superficie y el número de pilas de compostaje necesarias para gestionar todos estos residuos.

Tabla 2. Rendimiento, superficie cultivada y residuos generados por cultivo en Santa Isabel Cholula.

CULTIVO	RENDIMIENTO ESTIMADO (T/HA)	HECTÁ-REAS	RESIDUO/HECTÁ-REA (T/HA)	RESIDUO (T)	REFERENCIAS *
AMARANTO	0,975	27	17,5	472,5	(Vargas et al., 2014)
CILANTRO	21,5	30	0	0	
NOPAL	71	2	0	0	
MAÍZ	10	12	8,6	103,3	(Vargas et al., 2014)
QUINTONILES	NE	0,5	0	0	
FRIJOL	0,7	0,5	17,5	8,75	(Vargas et al., 2014)
RÁBANO	20,9	18	0	0	
AYOCOTE	1	0,5	17,5	8,75	(Vargas et al., 2014)
HIGO	6,5	1,75	1,5	2,625	(Dupri, 2006)
MELOCOTÓN	6,13	3,75	1,5	5,625	(Dupri, 2006)
ESPINACA	8,8	1,5	0	0	
HUAZONTLE	NE	3	0	0	
CALABAZA	18,5	6	22,5	135	(Junta de Andalucía, 2016)
TOMATE	55	19	35	665	(Junta de Andalucía, 2016)
<b>TOTAL</b>		125,5		1401	

\*Fuente de residuo/hectárea por cultivo

NE: No encontrado

Fuente: Elaboración propia.



La producción de restos vegetales de los cultivos de cilantro, nopal, quintoniles, rábano, espinaca y huazontle se ha considerado cero, ya que se aprovecha toda la planta para la alimentación. Con los valores residuos/hectárea se calcula las toneladas de residuos producidos por cada cultivo y se hace un sumatorio para obtener la masa total de residuos en la población, el valor es de 1401 toneladas (*Tabla 2*). Para conocer el volumen total de residuos agrícolas que se generan en Santa Isabel Cholula se divide la masa por la densidad, que en el caso de los restos vegetales se puede considerar de  $0,35 \text{ t/m}^3$  (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019). El volumen total obtenido es  $4004 \text{ m}^3$ . Este dato se puede utilizar para tener una idea del espacio necesario para procesar estos residuos. Se considera que en este caso el volumen de una pila para tratar grandes cantidades sería de  $300 \text{ m}^3$  ( $100 \times 2 \times 1,5 \text{ m}$ ). Dividiendo la cantidad total de residuos por este volumen de pila se obtienen 13 pilas. Considerando una disposición lineal en paralelo de las pilas y dejando un metro entre ellas, la superficie ocupada sería de  $3800 \text{ m}^2$  ( $100 \times (13 \times 2 + 12)$ ). Este resultado sugiere que sería más adecuado repartir las pilas en parcelas diferentes para no ocupar tanto espacio de un mismo agricultor, o bien, óptimamente, en una parcela municipal.

La actividad de los microorganismos, que transforma la materia orgánica en compost, reduce los residuos en un 60 % (Haug, 1993). Así, a partir de estas toneladas de residuos se obtendría un total de 560 toneladas de compost. Según la Agència de Residus de Catalunya la densidad del compost es de entre  $0,6$  y  $0,7 \text{ t/m}^3$ . Considerando  $0,65 \text{ t/m}^3$  el volumen de este compost sería de  $861 \text{ m}^3$ .

Como ya se ha comentado la gestión de los residuos agrícolas que se lleva a cabo en Santa Isabel Cholula es la incorporación directa al suelo. Por lo que se propone las siguientes medidas para valorizar estos residuos en forma de compost.

Se propone implementar el compostaje comunitario de residuos agrícolas. Para ello, se ha realizado un taller sobre el compostaje y se entregó un manual de compostaje realizado por las Doctoras Ana Ramírez y Rosario Pastor. En Santa Isabel Cholula se ha identificado una parcela demostrativa perteneciente a la familia Calvario para hacer el compostaje (*Figura 5*), donde todos los demás agricultores pueden depositar los residuos agrícolas y ayudar con el mantenimiento del compost para luego compartir el resultado final.

### 3.4. Prueba piloto de compostaje

Para poder aprovechar los residuos orgánicos agrícolas de manera adecuada, se han realizado las siguientes acciones:

#### 3.4.1. Identificación y caracterización de la parcela



Figura 5. Localización de la parcela de la Familia Calvario dentro del pueblo de Santa Isabel Cholula  $18^{\circ}59'52.2''N$   $98^{\circ}22'17.3''W$  (fuente: Google Earth).

La Familia Calvario realiza agricultura ecológica. Tienen una gran diversidad de plantas en su parcela, a parte de las hortalizas que producen, también se encuentran frutales, plantas medicinales y ornamentales (Tabla 3). El inventario de residuos que genera su actividad se presenta en la tabla 4. Su producción se basa en la asociación de cultivos y en la siembra escalonada de productos de temporada. Además, no necesitan comprar productos vegetales ya que reproducen sus propias semillas, que son seleccionadas desde hace 3 generaciones, para autoconsumo, intercambio y venta. Una pequeña parte de la parcela se riega por goteo, pero la mayor parte se riega con las lluvias de verano que inicia en junio y puede terminar hasta en octubre.

Tabla 3. Características de la parcela de la familia Calvario en Santa Isabel Cholula.

<b>ANTIGÜEDAD DE LA PARCELA</b>	<b>+ DE 80 AÑOS</b>
<b>SUPERFICIE TOTAL</b>	10000 m <sup>2</sup> = 1ha
<b>ESPECIES VEGETALES ENCONTRADAS</b>	128
<b>ESPECIES UTILIDAD ALIMENTARIA</b>	50
<b>SUPERFICIE SEMBRADA CON TEMPORAL</b>	8000 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFICIE SEMBRADA CON RIEGO (GOTEO)</b>	2000 m <sup>2</sup>
<b>RECURSOS ALIMENTARIOS</b>	Zanahoria, calabaza, betabel, apio, chile verde, chayote, papa, chile poblano, cebolla, jengibre, camote, maíz, verdolagas, sandia, lechuga.
<b>FRUTALES</b>	35
<b>MEDICINALES</b>	11
<b>AROMÁTICAS / ESPECIAS</b>	8
<b>AGAVES</b>	2
<b>CACTÁCEAS</b>	3
<b>ORNAMENTALES</b>	21
<b>VARIETADES TRADICIONALES</b>	4
<b>SEMILLAS VARIETADES TRADICIONALES</b>	Maíz, frijol, lenteja, trigo, garbanzo

Fuente: (Ramírez, 2019b)

### 3.4.2. Inventario de los residuos

*Tabla 4. Inventario de los residuos generados con la actividad agrícola en la parcela de la familia Calvario de Santa Isabel Cholula.*

Orgánicos	Inorgánicos
Restos de cultivos	Plásticos y mallas procedentes de invernaderos, mangueras, etc.
Sacos de papel y cartón envase de abonos y fertilizantes	Envases de plástico de abonos, fertilizantes y fitosanitarios
Palés de madera o similares	Estructuras metálicas de invernaderos
Materiales de destrío y desbroce	Tuberías para conducción de agua y drenaje
	Cordelería

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3. Elaboración del compost de residuos agrícolas

La familia Calvario realiza la prueba demostrativa de compostaje mediante pila estática. Se han acumulado los residuos orgánicos en una pila con unas dimensiones de base de 1,8 metros por 1,5 metros, una vez alcanzados los 1,5 metros de altura se ha dejado de añadir material. La mayor parte de la pila se ha formado con residuos orgánicos de su parcela agrícola, los restos de los cultivos, aunque también han añadido los restos que producen en su cocina, hierbas y hojas secas, y materiales de destrío y desbroce del jardín. Dentro de estos residuos de cocina hay: pieles de naranja, posos del café, cascaras de aguacate y papaya, y cascaras de huevo. Y de restos agrícolas se encuentran: los restos de cosecha de coliflor, de rúcula, la paja de la palma, y restos de la cosecha de pipicha. Esta mezcla de diferentes tipos de residuos daría un equilibrio adecuado para realizar el



compostaje de forma eficaz, la relación C/N óptima está entre los 25 y 35 (Jhorar et al., 1991). En este caso los posos del café tienen una relación C/N de 29/1, los restos de hortaliza tienen una relación de 37/1, ambos valores son adecuados para la correcta descomposición. Después hay residuos como la hojarasca seca del jardín que tiene una relación C/N de 46/1, un valor muy elevado pero que se compensa con los residuos de cocina que su relación C/N oscila entre los 15/1 y los 25/1 (Ajuntament de Lleida, 2015). Una mezcla equilibrada es fundamental para tener un resultado de calidad (apartado 1.5.1).

#### **3.4.4. Control del proceso**

##### Duración del proceso

El compostaje se inició el miércoles 17 de marzo del 2021 y aún está en marcha, aunque solo se presentan datos en este trabajo hasta mediados de mayo 2021.

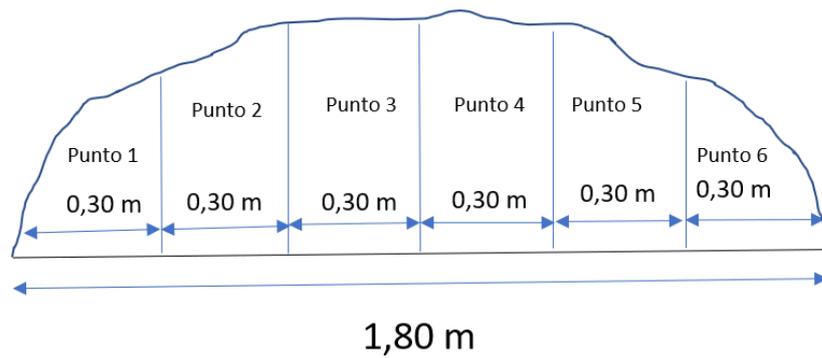
##### Parámetros de control y muestreo

El proceso se ha controlado mediante los parámetros de temperatura, humedad y pH.

Temperatura: se midió la temperatura 2 veces por semana en 6 puntos distribuidos en la pila, a 50 cm (Camacho, 2013). Termómetro Kasachoy de compost de tallo largo de un rango de 0 a 120 °C.

PH y humedad: se midieron 1 vez por semana, para ello se utilizó un medidor de pH y humedad Xddias de doble aguja de 17 cm que se inserta directamente en la pila de compost. Respecto a la sonda de humedad se observa que tiene poca definición, solo mide a niveles de decenas.

Se empezaron a hacer mediciones dos semanas después del inicio del compostaje, el 29 de marzo. Se determinan 6 puntos de muestreo creando 6 perfiles de muestreo a lo largo de la pila. Para la temperatura se mide en 6 puntos de la pila y para el pH y la humedad se toma en 3 puntos (*figura 6*).



*Figura 6. Puntos de muestreo en la pila de prueba; 1-6 para temperatura, 2, 3 y 4 para humedad y pH (fuente: elaboración propia).*

Las mediciones de pH y humedad se toman después de cada volteo. Se realiza cada jueves de la semana, después de tomar las temperaturas, se voltea y se toman las mediciones de humedad y pH en tres puntos diferentes.

#### Manejo del proceso

Se realiza el volteo de la pila de forma manual una vez a la semana el primer mes y dos veces por semana el tiempo restante.

### **3.4.5. Resultados y discusión**

#### Temperatura

Se mide la temperatura 2 veces por semana en 6 puntos distribuidos en la pila, a 50 cm de profundidad (Camacho, 2013). Empezando lunes 29 de marzo y durante 46 días (*Figura 7*).

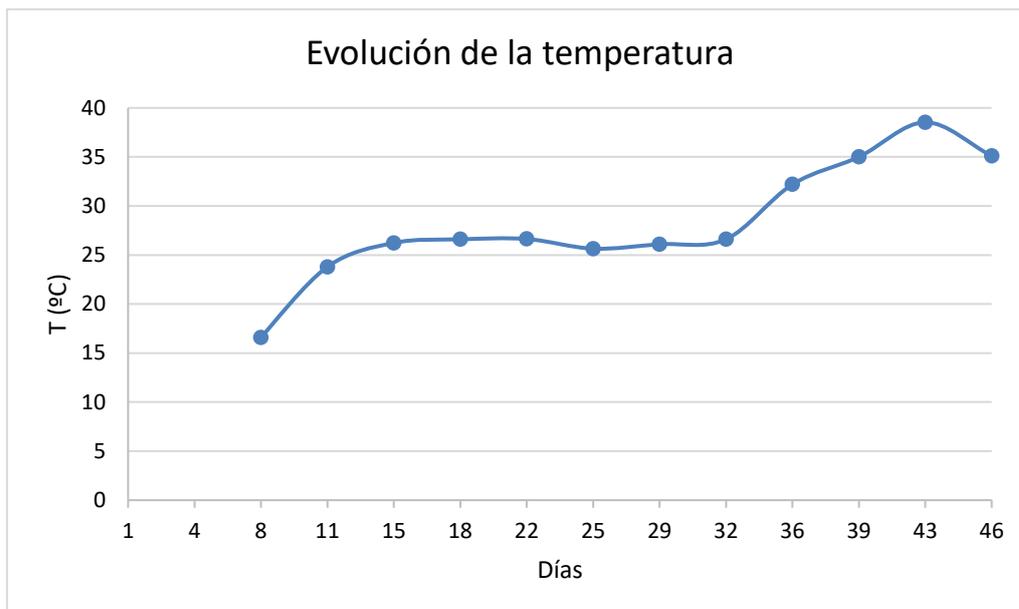


Figura 7. Evolución de los valores de temperatura en la pila de prueba.

Después de un mes de las primeras mediciones, la temperatura indica que la mezcla aún se encuentra en la primera fase (mesófila). Esto indicaría que de momento los hongos y bacterias mesófilos no están actuando adecuadamente, ya que si así fuese la temperatura aumentaría muy rápidamente. Esto puede ser por falta de oxígeno y exceso de humedad, y se resuelve volteando más a menudo la mezcla para así airearla. Después de empezar a voltear más a menudo se ve claramente un aumento de la temperatura, indicativo de la actividad microbiana. Aun así, no está en los valores deseados para la óptima descomposición, esto podría explicarse por los valores de humedad que siguen siendo demasiado elevados.

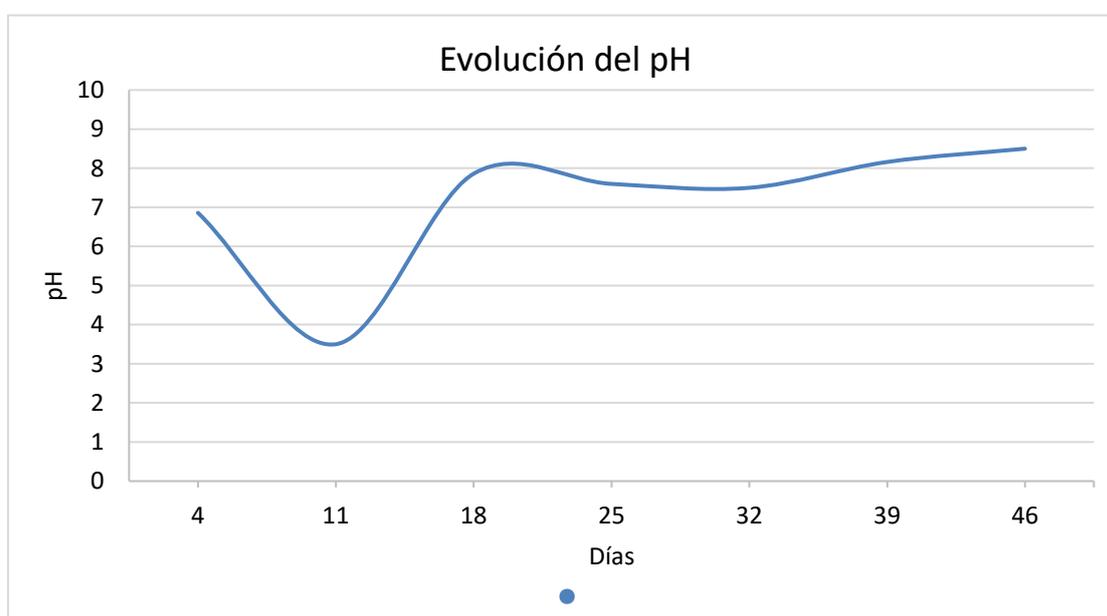
La temperatura promedio en Santa Isabel Cholula durante estos días es de 12 °C de mínima y 26 °C de máxima, por lo que valores superiores a la máxima indican una clara actividad microbiológica.

No obstante, hay que señalar que algunos de los datos de temperatura inspiran dudas de su veracidad, ya que son muy iguales entre sí para cada muestreo (Anexo G). Por ejemplo, según la bibliografía consultada, en los extremos de la pila (puntos 1 y 6 de la Figura 6) la temperatura debería ser menor que en los puntos centrales que es donde hay más cantidad de material y el material está más protegido del exterior, por lo que la temperatura se mantiene mejor. Además, es

en el centro de la pila donde se concentra más la actividad microbiana. Podría ser debido a diferentes motivos. Por un lado, por la ineficacia del aparato de medida, ya que no es un aparato profesional y podría no funcionar con exactitud. Otro motivo podría ser el factor humano por equivocación en el seguimiento de las instrucciones y explicaciones recibidas. Se podría haber producido una inadecuada ubicación de la sonda o errores de lectura.

## PH

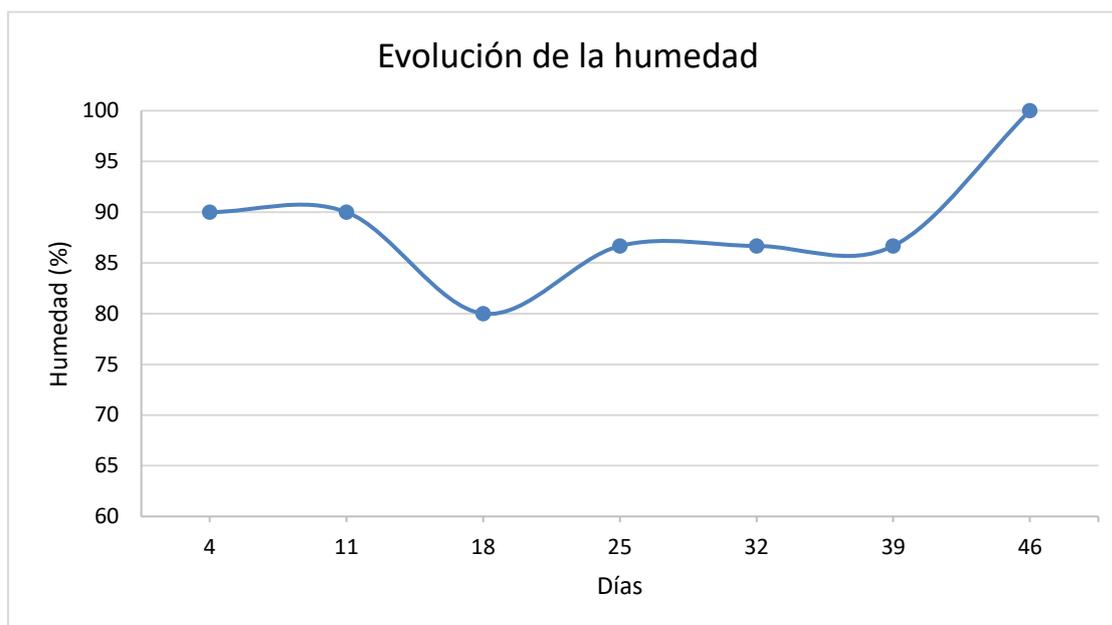
En cuanto al pH, en teoría habría que esperar una disminución los primeros días del proceso debido a la generación de ácidos orgánicos por parte de los microorganismos. Seguiría una recuperación de la neutralidad y un aumento posterior hasta valores de pH 8,5, debido a la utilización microbiana de los ácidos orgánicos, la proteólisis y la mineralización de nitrógeno (descomposición de las proteínas) con liberación de amoníaco. Este periodo coincidiría con el inicio de la fase termófila. Los valores de pH obtenidos de la pila demostrativa (*Figura 8*) coinciden con lo sucedido con los valores de temperatura. Al inicio no se ha observado un descenso de pH (el punto tomado el día 11 probablemente sea un error) pero los últimos puntos indican un aumento de pH, como sería esperable coincidiendo con el aumento de temperatura. La concordancia en estos dos parámetros refuerza la idea de que la pila se encontraría en el inicio de la fase termófila.



*Figura 8. Evolución de los valores de pH en la pila de prueba.*

La teoría indica que el pH no debería tener valores superiores a 9 ya que afectaría negativamente al crecimiento y la actividad de los microorganismos. Asimismo, después de la fase termófila los niveles de pH deberían estabilizar en valores cercanos a la neutralidad. Si no se estabilizan los valores de pH es un indicativo de falta de madurez del compost.

### Humedad



*Figura 9. Evolución de los valores de humedad en la pila de prueba.*

En la *Figura 9* se observa que las primeras 4 semanas, la humedad de la pila oscila entre 80 y 100%, superior a la humedad medida óptima 50-70% (Moreno & Moral, 2007). El exceso de agua satura el espacio por lo que afecta negativamente a la disponibilidad de oxígeno y podría originar condiciones de anaerobiosis y un lavado de nutrientes por lixiviación. Para resolver este problema se propone lo siguiente:

- Realizar volteo de la mezcla más a menudo, dos veces por semana en vez de una, para mejorar la aireación. Después de realizar más a menudo los volteos no se han visto diferencias en el valor de la humedad. Por lo que se le pide también:
- Añadir materia seca, hojarasca del jardín, y mezclarlo con el resto de la pila.

Tomando estas dos medidas se debería corregir la humedad hasta valores óptimos.

### 3.4.6. Valoración de los datos

Los datos de la temperatura no han sido los esperados. No se ha llegado a las temperaturas que según la teoría estudiada se deberían haber alcanzado. En un mes o mes y medio, se debería haber alcanzado el pico de temperatura, en torno a los 70 °C, estando así en plena fase termófila. En el caso de los datos tomados en Santa Isabel Cholula, el valor más alto que encontramos es de 42 °C, cosa que podría indicar el inicio de la fase termófila, pero no se confirma, ya que a partir de ese momento la temperatura debería subir rápidamente, y no lo hace (*Figura 7*). Aun así, se observa que la pila de compostaje ha alcanzado los 40 °C, y, aunque de manera lenta, la temperatura puede seguir aumentando y alcanzar los valores necesarios para realizar un compostaje de calidad.

Los datos de humedad también saltan a la vista por sus valores elevados. Esto podría ser más fácil de explicar, por la alta humedad de la zona, debido al comienzo de la temporada de lluvias. Los valores de 100% de humedad (*Figura 9*) es por las lluvias durante esa semana. Las lluvias en esta época empiezan a ser abundantes. Por esta razón se comenta a los vecinos de Santa Isabel Cholula que sería necesario cubrir las pilas de compostaje para evitar que se mojen excesivamente.

## 4. Caso de estudio Sant Jaume Sesoliveres

La propuesta de compostaje comunitario en el caso de Sant Jaume es una iniciativa llevada a cabo en colaboración con la técnica agrícola Aurora Serra miembro de Tarpuna. Tarpuna es una cooperativa de iniciativas sociales sin ánimo de lucro formada por un equipo de profesionales de ámbitos variados como la Ingeniería Agrícola, la Biología o la Educación Social. La cooperativa colabora con Escuelas, Institutos, Administraciones Públicas y Empresas, para poner en marcha proyectos locales transformadores con criterios de sostenibilidad. Algunos de sus proyectos son el diseño y gestión de huertos sociales, ya sean comunitarios, de integración social o productivos, o el proyecto Revolta que pretende una gestión descentralizada de los residuos orgánicos con la participación de la ciudadanía para fomentar la agricultura ecológica de proximidad y una alimentación más sostenible.

### 4.1. Actividades que componen el estudio

Para alcanzar los objetivos del trabajo se realizaron las siguientes acciones:

- Información a la población sobre el cambio en la gestión de los residuos. Se convocó a los vecinos en una reunión para explicarles el proceso de compostaje y proponer el cambio de gestión municipal de residuos (ver en Anexo A).
- Valoración de la aceptación de la propuesta mediante una encuesta. Se valoraron las diferentes maneras posibles de llevar a cabo la encuesta, online, entregándola en papel y dejando unos días para contestarla o presencial puerta a puerta. Aunque la situación actual de pandemia no sugería que fuese la mejor opción se optó por la última estrategia, hacer la encuesta puerta a puerta con todas las garantías de seguridad frente al COVID-19, ya que valoré que sería la manera más eficaz. Y así fue, se realizaron encuestas en un 74% de las casas del pueblo (58 casas). Un valor, que no se podría haber alcanzado con las otras estrategias planteadas ya que en las encuestas que no son presenciales las personas no se sienten tan motivadas para realizar la encuesta y una gran parte de ellas no lo hacen. Después de hacer todas las encuestas se recopilaron los datos y se analizaron para valorar la aceptación que podría tener la propuesta que se les sugería.

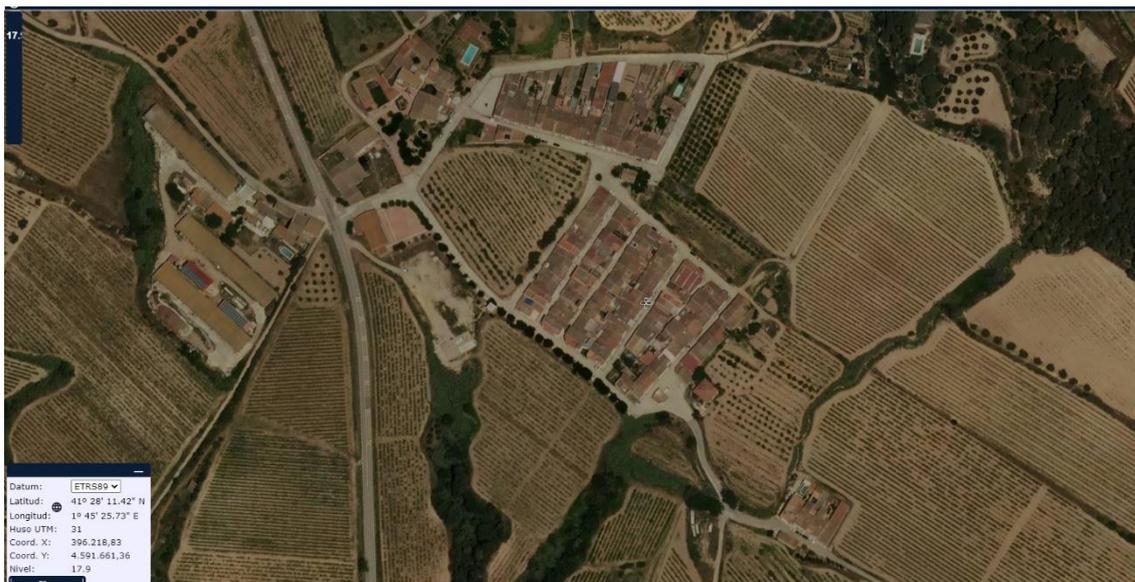
- Concienciación de la población. Se han realizado unos talleres de iniciación al compostaje dirigidos a los niños de la población (ver en Anexos B y C). Se preparó material didáctico para el taller. Con este material se realizó primero una explicación del proceso de compostaje. Seguidamente se acompañó a los niños a recoger la materia orgánica de unas cuantas casas y se inició el proceso de compostaje. Se les mostró como se debe mantener una pila de compostaje. Esta es una vía para concienciar a los niños y motivar a las familias para realizar una gestión más sostenible de los residuos generados en casa.
- Realización de un inventario de la FORM producida por las 13 casas que realizaron una prueba de compostaje comunitario durante abril y mayo de 2020.
- Aproximación de las dimensiones (número de compostadores) necesarias para gestionar los residuos producidos por el pueblo.

## 4.2. Características fisiográficas y socioeconómicas

Sant Jaume Sesoliveres es un pequeño pueblo de 214 habitantes, que pertenece al municipio de Piera, en la provincia de Barcelona a 183 metros sobre el nivel del mar. Piera es un municipio de algo más de 14.000 habitantes de la comarca de Anoia en la provincia de Barcelona (Figura 7).



Figura 10. Localización de Sant Jaume de Sesoliveres  $41^{\circ}28'16.0''N$   $1^{\circ}45'01.7''E$ . (fuente: Google Earth).



*Figura 11. Mapa de Sant Jaume Sesoliveres (fuente: SIGPAC).*

Sant Jaume Sesoliveres presenta 78 viviendas de tipo unifamiliar en una superficie aproximada de 16000 m<sup>2</sup> (Figura 8). Los habitantes trabajan en actividades cercanas a la población y algunos se dedican a actividades agrícolas en el mismo pueblo. Alrededor existen campos de cultivos, mayoritariamente viña, pero también encontramos frutales como el olivo o el cerezo. También hay una zona con huertos comunitarios donde los vecinos pueden cultivar. En el pueblo hay, además, dos granjas, una de pollos y otra de conejos.

Para conocer aspectos sociológicos y la familiaridad o concienciación medioambiental de esta población se ha realizado una encuesta casa por casa. Cincuenta y ocho familias han estado dispuestas a responder las preguntas, un 74% del total. Se ha preguntado sobre la separación de la parte orgánica, el compostaje y el conocimiento de la reducción del 15% del impuesto de basuras que ofrece el ayuntamiento de Piera si se realiza un compostaje en casa. Se quiere valorar cual es nivel de concienciación ambiental y conocimiento respecto a la generación y tratamiento de residuos orgánicos.

Pregunta 1: ¿Separa la parte orgánica de la basura?

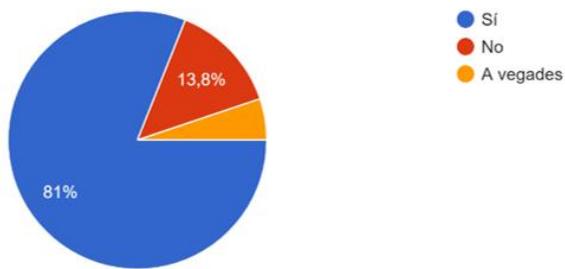


Figura 12. Respuestas a la pregunta 1 de la encuesta vecinal.

Pregunta 2: ¿Sabe qué es el compostaje?

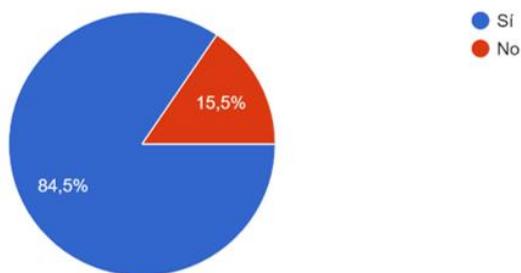


Figura 13. Respuestas a la pregunta 2 de la encuesta vecinal.

Pregunta 3: ¿Conoce la reducción del 15% del impuesto de basuras si se hace compostaje en casa?

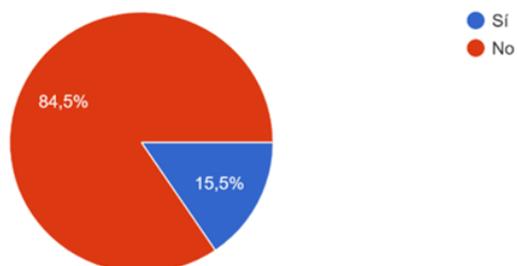


Figura 14. Respuestas a la pregunta 3 de la encuesta vecinal.

Se observa en los resultados de la encuesta (*Figura 9 y 10*) que es un pueblo concienciado con el reciclaje ya que más del 80% de los vecinos encuestados separan la fracción orgánica. Además, casi el 85% de ellos conoce qué es el compostaje, muchos de ellos tienen experiencia previa al ser un pueblo agrícola, rodeado de campos y huertas particulares. Esto sugiere que es una comunidad receptiva y que esto facilitará la implementación de la propuesta de compostaje comunitario.

Sin embargo, los vecinos aun conociendo qué es el compostaje y algunos de ellos realizándolo, no han sido informados suficientemente por parte del ayuntamiento sobre los beneficios en la tasa de impuesto (*Figura 11*).

También se visitaron las dos granjas del pueblo para informarnos y conocer como gestionan sus residuos.

El responsable de la granja de conejos ha indicado durante la entrevista que antes de abrir una explotación ganadera se ha de presentar un proyecto de gestión de residuos. Cada equis número de animales se necesitan tantas hectáreas para depositar las heces (estiércol). En su caso, tiene 1000 madres, por lo que él tiene de 45 a 50 hectáreas donde llevar los residuos. Estas hectáreas pueden ser propias o de otro agricultor. Él dispone de cuatro agricultores que le van a buscar el estiércol. Las heces se limpian de la granja cada 2 meses, se dejan madurar 4 meses más y en ese momento van los agricultores a buscar el estiércol para usarlo en sus tierras. Todos estos movimientos de los residuos están registrados por el granjero y tiene que presentar el registro a las autoridades para garantizar la buena gestión de los residuos.

Otra cuestión interesante para el granjero es la posibilidad de usar estos residuos en agricultura ecológica, ya que cada vez está más extendida esta práctica por la zona. Las heces son perfectamente adecuadas ya que no hay ningún análisis donde se describan compuestos negativos en ellas, como podría ser restos de antibióticos que se administran durante la vida de los conejos. Aun así, no se pueden utilizar en agricultura ecológica. Al estar en jaulas de metal, el Consejo Catalán de la Producción Agraria Ecológica (CCPAE), no autoriza la utilización de estiércol de esta granja en campos agrícolas ecológicos, ya que no se cumplen los estándares de bienestar animal.

Por lo tanto, los cuatro agricultores que van a buscar el estiércol de conejo a esta granja de Sant Jaume Sesoliveres no llevan a cabo agricultura ecológica.

En el caso de la granja de pollos la gestión de las heces es parecida, pero cabe decir que la granja de pollos es mucho más grande que la de conejos por lo que se generarán muchos más residuos. Esta granja consta de 100.000 pollos que producen 1.050.000 kg/año de residuos, estas heces contienen 17.430 kg de N, determinado con un análisis que se realiza anualmente. El contenido de nitrógeno en las heces de pollo es muy elevado, comparado con las heces de otro tipo de animales, por lo que su mejor uso es en huerta, no en viña ni en frutales, que son los cultivos más frecuentes en los alrededores del pueblo. El granjero tiene que deshacerse de las heces por eso, solo cobra el transporte a cualquier agricultor que quiera utilizarlos como fertilizante. Cada viaje de heces va con su albarán, que registra la cantidad y el destino de las heces, y si el destino de los residuos es más lejos de 10 km el camión que los transporta debe llevar un GPS, para que haya un seguimiento exacto y los residuos no acaben en algún sitio no deseado y contaminen el medio.

En esta explotación se vacían las heces generadas en la granja cada 2 meses y los depositan en un estercolero hecho especialmente para ello, las medidas de éste dependen del censo de pollos. Para que el nitrógeno no se lixivie por la tierra, cosa que sería muy contaminante para el medio, el estercolero está pavimentado y las paredes son de hormigón. Además, tiene una tubería que cuando llueve transporta toda el agua que ha caído dentro del estercolero a una poza donde hay una bomba que vuelve a llevar todo ese líquido al estercolero, creando un circuito cerrado. A parte de las heces, también hay otros materiales que se recogen con ellas al hacer la limpieza de la granja. Estos materiales son la cama que se dispone en todo el suelo, que puede ser, cascarilla de arroz, viruta, pellet o cascarilla de avena. Al ser todo materiales orgánicos no hay ningún problema en que estén presentes en el estiércol, se descompondrán y servirán como fertilizante junto con las heces, acabaran siendo una misma mezcla.

### **4.3. Modelo de recogida**

Sant Jaume Sesoliveres pertenece al municipio de Piera. En Piera la recogida de desechos se organiza en contenedores. Se realiza una recogida selectiva, se separan todos los tipos de residuos, reciclaje (plástico, vidrio y papel), desechos generales y fracción orgánica. Para la recogida selectiva es fundamental la colaboración de los ciudadanos, ya que son ellos los que separan y depositan en los contenedores adecuados los residuos (EU, 2000).



#### 4.4. Marco legislativo

Los residuos orgánicos, también conocidos como biorresiduos, están regulados por la ley 22/2011. La tercera sección de la Ley 22/2011 hace referencia a estos residuos, y aconseja que los programas de residuos incluyan medidas para impulsar su recogida separada, para destinarlos al tratamiento biológico y obtener enmiendas orgánicas de calidad. En el capítulo 24 se encuentran las medidas que las Autoridades Medioambientales deben impulsar:

*“a) La recogida separada de biorresiduos para destinarlos al compostaje o a la digestión anaerobia en particular de la fracción vegetal, los biorresiduos de grandes generadores y los biorresiduos generados en los hogares.*

*b) El compostaje doméstico y comunitario.*

*c) El tratamiento de biorresiduos recogidos separadamente de forma que se logre un alto grado de protección del medio ambiente llevado a cabo en instalaciones específicas sin que se produzca la mezcla con residuos mezclados a lo largo del proceso. En su caso, la autorización de este tipo de instalaciones deberá incluir las prescripciones técnicas para el correcto tratamiento de los biorresiduos y la calidad de los materiales obtenidos.*

*d) El uso del compost producido a partir de biorresiduos y ambientalmente seguro en el sector agrícola, la jardinería o la regeneración de áreas degradadas, en sustitución de otras enmiendas orgánicas y fertilizantes minerales.”*

En Cataluña es obligatoria la recogida selectiva de la materia orgánica para aquellos municipios que superen los 5000 habitantes. Todos estos municipios deberán recoger de forma separada sus residuos orgánicos a partir 2021, si no lo han hecho antes (modificación la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados, 2018).

#### 4.5. Aspectos negativos del modelo actual

En Sant Jaume Sesoliveres hay 5 contenedores marrones donde los vecinos vierten los residuos orgánicos separándolos de los demás desechos. Dos veces a la semana pasan los camiones de recogida a vaciar los contenedores y trasladar los residuos a las plantas de tratamiento. Esta gestión

supone un gasto energético de transporte y un consumo de horas laborales. Por otro lado, aunque el Ayuntamiento de Piera se compromete a la valorización de las diferentes fracciones de los residuos recogidos, según la Ordenanza número 21 reguladora de residuos de Piera, el destino final de estos residuos es de difícil control.

Lo ideal sería que esta fracción orgánica se aprovechara de alguna manera cerca de donde se ha producido, como con el compostaje, para reincorporarla en el ciclo de la materia. Se propone a continuación exactamente eso, una manera para que la fracción orgánica de cada vecino del pueblo sea compostada, y así aprovechable para agregarla en la tierra, en forma de abono, una vez descompuesta. Además, con esta gestión los vecinos pueden beneficiarse de una reducción del impuesto municipal de basuras de un 15%.

## 4.6. Resultados

Se propone que los vecinos del pueblo de Sant Jaume Sesoliveres conozcan y aprendan nociones básicas sobre la técnica de compostaje y así poder aprovechar los residuos de la población para nutrir la tierra de los huertos y los jardines colindantes y a la vez generar conciencia en cerrar los ciclos de la naturaleza y vivir más sosteniblemente. Para poder llevar a cabo un proyecto de compostaje comunitario, una gran parte de los habitantes tiene que estar de acuerdo. Se ofrece realizar tres talleres para aprender cómo funciona el compostaje y cómo la comunidad puede organizarse para hacer una buena gestión. La propuesta es colocar 5 puntos de compostaje donde poder depositar los residuos orgánicos, lo más cómodo será dos compostadoras en cada punto, una en uso (llenándose) y la otra en fase de maduración (ya llena) o en espera para ser llenada. La ubicación propuesta de las compostadoras repartidas por el pueblo se observa en la *Figura 12*. Los puntos se distribuyen por el pueblo de manera equilibrada y en la ubicación donde ya se encontraban los contenedores municipales de residuos orgánicos, para así, no confundir a los vecinos.





Figura 15. Ubicación de los puntos de compostaje (en rojo) en Sant Jaume Sesoliveres.

La valoración del grado de participación en el proyecto se realiza mediante unas preguntas incluidas en la encuesta comentada anteriormente. Después de hacer una pequeña explicación a los vecinos encuestados sobre la propuesta de compostaje comunitario para el pueblo, también se ha preguntado si estarían dispuestos a participar y de qué manera (Figura 13 y 14).

Pregunta 4: ¿Se animaría a participar en la propuesta?

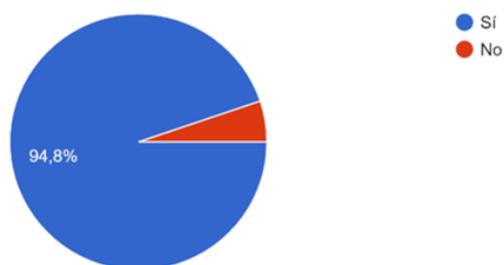


Figura 16. Respuestas a la pregunta 4 de la encuesta vecinal.

Pregunta 5: ¿De qué manera participaría?



Figura 17. Respuestas a la pregunta 5 de la encuesta vecinal.

Se confirma que la población de Sant Jaume Sesoliveres está receptiva a la propuesta. Se observa que casi el 95% de los encuestados participarían en el proyecto (Figura 13). Es interesante destacar que la implicación de un 31% iría más allá de la simple aportación de materia orgánica en las compostadoras, y estarían dispuestos a involucrarse en el aprendizaje y el mantenimiento del compost (Figura 14). Esto sugiere que la propuesta podría tener éxito y continuidad. Cabe destacar que el 13,8% de las viviendas ya utilizan la materia orgánica o bien para producir compost en casa o como alimento para las gallinas. Esta materia orgánica no se aportaría al compost comunitario, sin embargo, estos vecinos se han manifestado a favor de la propuesta, dispuestos a participar de otras maneras. Alrededor de la mitad de los vecinos encuestados estarían dispuestos a participar únicamente aportando materia orgánica.

#### 4.6.1. Inventario de la generación de FORM

En el pueblo se ha instalado un punto de compostaje comunitario como prueba gestionada por los vecinos y el equipo de compostaje (Anexo D). Este compostador se encuentra en un huerto particular y participan 13 familias. Durante un mes (abril-mayo 2020) se realizó la recogida de los residuos orgánicos puerta a puerta dos veces por semana para medir los kilogramos producidos por cada casa y que eran aportados al punto de compostaje (Tabla 5). Posteriormente, los vecinos participantes llevaron directamente allí sus restos orgánicos de cocina y Aurora y los otros miembros del equipo de compostaje se encargaron del mantenimiento. El objetivo de esta prueba fue obtener información sobre el volumen de residuos orgánicos generados por los vecinos del pueblo y la dinámica del proceso.

En la *Tabla 5* se observa el seguimiento de producción de las 13 casas que participaron en la prueba de compostaje comunitario. Estos datos han sido facilitados por el equipo de compostaje. Cabe decir, que la casa número 4 son vecinos que se dedican a la producción de cerveza por lo tanto los valores indicados en la tabla representan los restos de cebada de dicha producción. Todas las demás casas añadieron únicamente residuos de cocina. Las aportaciones eran de calidad, presentando pocos impropios.

Se observa que las aportaciones por vivienda son variables como es de esperar pues dependen del número de habitantes por casa, así como los hábitos alimenticios. Para poder comparar con el valor que la Agència de Residus de Catalunya proporciona (0,156 kg/habitante·día) se ha calculado la media de las aportaciones realizadas durante el mes de prueba (*Tabla 5*). El valor obtenido es de 0,183 kg/habitante·día. Por lo comentado anteriormente la desviación estándar es elevada, sin embargo, este valor es cercano al estimado por la Agència de Residus de Catalunya.

*Tabla 5. Kilogramos de residuos orgánicos de cocina aportados por las casas participantes en la prueba de compostaje comunitario.*

Casa	24- Abr	28- Abr	01- My	05- My	8- My	12- My	15- My	19- My	kg/casa·día	kg/habitante·día*
<b>ARC</b>										0,156**
<b>1</b>	4,2	1	1			0,3		0,8	0,292	0,073
<b>2</b>	5,3	4,8	3,4	3,1		8,8	3,4	3,8	1,304	0,326
<b>3</b>	5,5	3,8	2,6	3,6		2,6	0,8	0,8	0,788	0,197
<b>4</b>				2,9	8	7,2	4,7	4,8	1,104	0,276
<b>5</b>	3,3	2,8	2	0,3		3,4			0,472	0,118
<b>6</b>	5,1	5,5	3,1	3,3	5,1	6			1,124	0,281
<b>7</b>	1,6	2				2,1	3,1	1	0,392	0,098
<b>8</b>	6,3	3	2,6	2,2		2,6	2,6	3,1	0,896	0,224
<b>9</b>	4,8	3,2	0,8	2,6		3	0,8	0,8	0,64	0,16
<b>10</b>	2,2	1,9	1,8	0,8					0,268	0,067
<b>11</b>	9,8	6,2	2,7	3,2		9	3,3	4,2	1,536	0,384
<b>12</b>	2,2	2,3				2		2,8	0,372	0,093
<b>13</b>	1	2,4		0,8		1	2,2	0,8	0,328	0,082
<b>Media ± SD</b>									0,732 ± 0,4	0,183 ± 0,1

\*Considerando 4 habitantes por casa.

\*\*Valor estimado según la Agència de Residus de Catalunya (ARC).

SD: Desviación estándar.

#### 4.6.2. Dimensionamiento de los compostadores

El valor de 0,732 kg/día·casa (*Tabla 5*) se ha utilizado para hacer un cálculo aproximado del volumen de los compostadores necesario, teniendo en cuenta las 78 viviendas del pueblo. Hay que tener en cuenta que es aproximado, ya que hay muchos parámetros a considerar. El tiempo de compostaje puede ser variable, además el proceso de compostaje se ve afectado por las estaciones del año tanto por la composición de los residuos como porque la degradación en verano irá más rápida y en invierno más lenta por lo que se acumularán más residuos, etc. Se ha considerado un tiempo de 6 meses para obtener el compost. La densidad de los residuos es de 0,55 t/m<sup>3</sup> (Agència de Residus de Catalunya). Se puede considerar que la actividad de los microorganismos degradando la materia orgánica presente en la mezcla de compostaje la reduce en un 60% (Haug, 1993). Se generan 10,2 toneladas de residuos orgánicos en el pueblo durante 6 meses. Esto supone un volumen de 18,5 m<sup>3</sup>. La actividad de los microorganismos reducirá este volumen hasta 7,4 m<sup>3</sup> durante los 6 meses, pero de forma muy paulatina. La ecuación propuesta sería (*Ecuación 1*):

$$V = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}} \times \frac{100 - \% \text{ degradación}}{100}$$

*Ecuación 1*

Masa de residuos en 6 meses (t)

Densidad de residuos (t/m<sup>3</sup>)

% degradación: 60 %

V: volumen (m<sup>3</sup>)

Según los resultados de estos cálculos se sugiere que sería recomendable una capacidad total de los compostadores de 10 m<sup>3</sup>.

La aproximación realizada se ha comparado con el cálculo utilizando la ecuación de otros autores (Garrido, 2015; MMAyA/VAPSB/DGGIRS, 2012) que para determinar el volumen de la cámara de recepción tiene en cuenta la cantidad de residuos aportados, la densidad de los mismos y el tiempo de residencia en la cámara (*Ecuación 2*).



$$V = \frac{\frac{\text{masa}}{\text{día}} \times \text{tiempo}}{\text{densidad}}$$

Ecuación 2

Masa de residuos (t/día)  
 Tiempo de residencia (días)  
 Densidad de residuos (t/m<sup>3</sup>)  
 V: volumen (m<sup>3</sup>)

En este caso los residuos generados en el pueblo en un día son 0,057 t, el tiempo de estancia es de 180 días (6 meses) y la densidad de 0,55 t/m<sup>3</sup>. El volumen resultante es de 18,7 m<sup>3</sup>. Sin embargo, esta fórmula no tiene en cuenta la reducción de volumen debida a la degradación de los microorganismos ya que está pensada para una estancia muy corta en una cámara de recepción de los residuos antes de pasar a la cámara de degradación. Estos mismos autores consideran que el producto final tiene 1/3 del volumen de la materia recepcionada. Aplicando esto, el valor resultante es 5,6 m<sup>3</sup>. En el caso de Sant Jaume Sesoliveres la cámara de recepción es la misma que la de degradación, por lo que esta comparación sugiere que los 10 m<sup>3</sup> propuestos serán suficientes para cubrir las necesidades del pueblo y del proceso.

Así, se propone al Ayuntamiento la instalación de 5 puntos de compostaje, con dos compostadores cada uno de 1 m<sup>3</sup> de capacidad, 10 m<sup>3</sup> (10000 L) en total, fabricadas con polietileno térmico, material muy duradero. Para contrastar este volumen se realiza un tercer cálculo que nos da la cantidad máxima que se puede tratar en un año en un volumen dado (*Ecuación 3*) (Benítez, 2020).

$$M = \frac{V \times 365 \times \text{densidad}}{D \times (1 - \text{degradación})}$$

Ecuación 3

M: masa anual (kg) que se puede tratar  
 V: volumen (L) disponible para tratar el material  
 Densidad de residuos (kg/L)  
 Degradación en tanto por uno (0,6)  
 D: duración del proceso (días)

Por lo tanto, con estos datos considerando un tiempo de duración del proceso de 6 meses (180 días), el resultado de masa máxima anual que se puede tratar es de 27,8 toneladas. Como sabemos por las aproximaciones de los datos obtenidos de la prueba de compostaje, el pueblo genera 20,4

toneladas de residuos orgánicos al año. Por lo que el volumen sugerido de compostadores de 10 m<sup>3</sup> sería suficiente para tratar los residuos generados por los vecinos de Sant Jaume Sesoliveres.

A fecha 15 de marzo de 2021, el Ayuntamiento se ha comprometido a pedir subvenciones al Consell Comarcal y a la Generalitat, para adquirir e instalar los compostadores según la propuesta presentada y para gestionar el mantenimiento de los compostadores.

A modo de ejemplo se destaca que hay compostadores comerciales de 1 m<sup>3</sup> (100x100x100 cm) con precio aproximado de 235 €/unidad.

Si las ayudas económicas no llegan, el equipo de compostaje de Sant Jaume Sesoliveras tiene previsto seguir adelante con la propuesta construyendo ellos mismos los compostadores y haciendo una autogestión del compost.



## 5. Conclusiones

En el municipio Santa Isabel Cholula se ha puesto en marcha la propuesta de compostaje comunitario de residuos agrícolas, se ha capacitado a los agricultores para que realicen el compostaje y se ha hecho un seguimiento durante las primeras semanas:

- La temperatura ha subido hasta los 40 °C más lentamente de lo que se podía esperar, pero este valor, coincidente con el aumento de pH, sugiere que el proceso podría avanzar adecuadamente.
- La humedad ha sido elevada, debido a los episodios de lluvia, lo que hace recomendable cubrir las pilas.

A partir de los cultivos realizados durante el verano de 2019 en Santa Isabel Cholula, se ha calculado la generación de 1400 toneladas de residuos agrícolas que podrían dar lugar a 560 toneladas de compost.

Para llevar a cabo la propuesta de compostaje comunitario de Sant Jaume Sesoliveres se ha comprobado lo siguiente:

- Es necesario una fase previa de información y acercamiento al proceso mediante reuniones vecinales y talleres para facilitar la aceptación de la propuesta.
- La población produce 10 toneladas de residuos domésticos (FORM) en 6 meses. La implementación de la propuesta permitiría la producción de compost y su utilización en el mismo lugar de generación de los residuos y así se evitaría el traslado a las plantas de tratamiento.

El Ayuntamiento de Sant Jaume Sesoliveres ha acogido favorablemente la propuesta y se está a la espera de subvenciones públicas, en caso contrario los vecinos realizaran igualmente el compostaje comunitario.

## 6. Bibliografia

- Agència de Residus de Catalunya, G. de C. (2020). *Balanç de les dades estadístiques de residus municipals de l'any 2019*.
- Agència de Residus de Catalunya, G. de C. (2010). *Situación de la gestión de la fracción orgánica de residuos municipales en Cataluña*.
- Ajuntament de Lleida. (2015). *Relación carbono nitrógeno (c/n) en los abonos orgánicos*.
- Anderson, E. S. (1954). *Plant, Man and Life*. Melrose Press, Londres.
- Baars, T., Wagenaar, J. P., Padel, S., & Lockeretz, W. (2004). The role of animals in farming systems: a historical perspective. In *Animal health and welfare in organic agriculture* (pp. 13–28). CABI.
- Benítez, I. (2020). *La implantació del compostatge domèstic i comunitari a Catalunya: evolució i estat actual*. TFG Enginyeria Sistemes Biològics, UPC.
- Camacho, Z. G. (2013). *Ensayo de producción y caracterización de compost a partir de residuos de guacamole, poda y gallinaza*.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2014). *Reglamento de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos*.
- Centre d'Ecologia i Projectes Alternatius. (1999). *Manual de compostatge casolà: com reciclar els residus orgànics que produïm a casa* (ICARIA, Ed.).
- Crawford, G. W. (1983). *Paleoethnobotany of the Kameda Peninsula Jomon*. Anthropological Papers, 73.
- Denevan, W. M. (1995). *Prehistoric agricultural methods as models for sustainability*. *Advances in Plant Pathology*, 11(C), 21–43.
- Diaz, L., Savage, G. M., Golueke, C. G., & Alter, H. (1984). *Critical review of energy recovery from solid wastes*. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 14(3), 251–295.



- Dupri, I. (2006). *Estimación de los residuos agrícolas generados en la isla de Tenerife*. 3–20.
- EU. (2000). *Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos*. Dirección General de Medio Ambiente. ISBN 92-828-9294-8.
- EU. (2013). *Selective Collection of the Organic Waste in tourist areas*.
- EU. (2015). *SCOW a Catalunya - Pallars Sobirà*.
- EU. (2018). *Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo*. Diario Oficial de la Unión Europea. L 150/109.
- Garrido, A. (2015). *Ingeniería básica de una planta de compostaje en túneles*. TFG Ingeniería Química, Universidad de Sevilla.
- Hastorf, C. A. (1988). *The use of paleoethnobotanical data in prehistoric studies of crop production, processing, and consumption*. The University of Chicago Press, 119–144.
- Haug, R. T. (1993). *The Practical Handbook of Composting Engineering*. Lewis Publishers.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (1986). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Puebla - Santa Isabel Cholula*.
- Jhorar, B. S., Phogat, V., & Malik, E. (1991). *Kinetics of composting rice straw with glue wast at different C/N ratios in semiarid enviroment*. Arid Soil Rest. Rehabil. 5, 297–306.
- Johnston, K. J. (2003). *The intensification of pre-industrial cereal agriculture in the tropics: Boserup, cultivation lengthening, and the classic Maya*. Journal of Anthropological Archaeology, 22(2), 126–161.
- Junta de Andalucía. (2016). *Líneas de actuación de las Consejerías de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural y Ordenación del Territorio en materia de gestión de restos vegetales en horticultura de Andalucía*.
- Kim, S., & Dale, B. E. (2004). *Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues*. Biomass and Bioenergy, 26(4), 361–375.

- Metrocompost S.A. (2009). *Planta de biometanización y compostaje de Can Barba en Terrassa*.
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. (2017). *Cifras del sector de Frutas y Hortalizas*.
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. (2020). *Balance de cereales en España*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2019). *Memoria anual de generación y gestión de residuos de competencia municipal. 2018*.
- MMAyA/VAPSB/DGGIRS. (2012). *Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos*.
- Moreno, J., & Moral, R. (2007). *Compostaje*.
- Parr, J. F., & Hornick, S. B. (1992). *Agricultural use of organic amendments: A historical perspective*. American Journal of Alternative Agriculture, 7(4), 181–189.
- Plana, R., Arizmendiarieta, J. S., Puyuelo, B., Irigoien, I., & Nohales, G. (2019). *Guía práctica para la implementación del compostaje comunitario como alternativa para la gestión local de los biorresiduos*. 62.
- Ramírez, A. G. (2019a). *Área de estudio, Estado de Puebla*.
- Ramírez, A. G. (2019b). *Conocimientos ecológicos tradicionales, elementos para la transición agroecológica*. Tesis de Diplomatura de Postgrado en Dinamización Local Agroecológica, UAB.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2015). *Manual de compostaje del agricultor*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A., & Avaara, M. (2000). *Biodegradation of lignin in a compost environment: a review*. Bioresour Technology, 72, 169–183.
- Vargas, M. del C., Andreu, F. J., Fernández, L. A., Fernández, F. J., Garcia-Morales, J. L., & Melgar, R. (2014). *De Residuo a Recurso el Camino hacia la Sostenibilidad*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. ISBN 978-84-8476-696-8.



Vehlow, J., Bergfeldt, B., Visser, R., & Wilén, C. (2007). *European Union waste management strategy and the importance of biogenic waste*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 9(2), 130–139.

Zhao, Z. (2010). *New data and new issues for the study of origin of rice agriculture in China*. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2(2), 99–105.

## Anexos

Anexo A. Circular para convocar a los vecinos de Sant Jaume Sesoliveres.



### ESTIMADES VEÏNES I VEÏNS,

Des del Març que estem fent recollida de la **MATÈRIA ORGÀNICA** en algunes cases del poble dos cops per SETMANA.

Aquest projecte té com a objectius aprofitar la matèria orgànica que generem a les cases del Nostre Poble per Utilitzar-la pels horts, els jardins i per Nodrir la Terra dels camps colindants. La iniciativa compta amb la col·laboració de dues persones de fora relacionades amb la investigació agrícola i social, Ana i Carlos.

El Compostatge és una forma de **transformar la Matèria Orgànica**, d'on s'obté un producte semblant al hummus, enriquint les plantes i la vida al sòl, i així tancant el Cicle de la matèria orgànica.

Per la gran importància que té, el sentit de deixar de transportar la brossa a altres llocs fora del poble podent-la transformar en aquí per alimentar la terra del nostre entorn, us convidem a una xerrada explicativa i participativa del compostatge.

### Dimarts 21 de Juliol a les 19h!

I té dos objectius:

1. Entendre el procés del compostatge i el seu manteniment en complet,
2. Arribar a un acord de portar a terme un sistema comunitari de gestió ((si hi ha quòrum amb voluntat)) Si ho volem fer, com ho fem?

Personalment, **a partir de DIMARTS 14 DE JULIOL, NO PODRÉ SEGUIR PASSANT PER LES CASES A RECOLLIR LA MATÈRIA ORGÀNICA.**

A la xerrada podem trobar la forma de fer-ho entre totes, o deixar-ho pel setembre, pel prim confinament, etc.

### GRÀCIES PER LA VOSTRA COL-LABORACIÓ I APORTACIÓ SETMANAL!

Atentament, **equip compostaire de Sesoliveres.**



Anexo B. Información sobre el taller con los niños de Sant Jaume Sesoliveres.

Activitat de Compostatge amb el Casal de Sant Jaume Ses Oliveres

Dimarts 30 de Juny activitat de dues hores.

Casal d'estiu amb nenes de 2 a 13 anys. Unes 15 nenes.

L'activitat començarà a les 9 del matí davant del Casal, en allà es preguntarà si saben que és el compostatge i que coneixen dels cicles de la natura.

Preguntem per cicles:

El cicle de l'aigua. Per quins estats passa l'aigua? Abans de ploure on està l'aigua?

Altres cicles, menstrual, vital

Cicle de la matèria= cicle de la fulla del bosc-> el compostatge, on va a parar la pell de la patata? la pela de la ceba? les fulles de l'enciam velles?

Avui farem una excursió per descobrir que els hi passa a les restes de menjar, a les pells de les fruites. etc.

On van els residus que generem a casa?

Reciclem? Quina importància té?

Tornar els nutrients a la terra, tenir una terra viva i ben alimentada.

Amb el material a la plaça començarem la ruta anant a buscar el compostatge.

2 equips, 2 carros.

Al passar per les casses rebrem peces del cicle de la matèria orgànica, microorganismes (exemple amb la cervesa a casa l'Edu)

Gimcana

Al arribar a la zona del compost els dos equips es separaran, un anirà a observar i gestionar la pila del compostatge, i l'altre farà el reconeixement de les diferents matèries orgàniques i les seves evolucions.

Que passa amb els muscles, ossos, closques d'ou? Els costa més de degradar-se perquè son mes durs.

Quina olor fa un cop el compostatge està fet? Quina textura té? Color?

I el cru?

I el mig fet?

ANIMALONS DEL COMPOSTATGE

<http://escolesxesc.cat/compostatge/compostatge/index.php/el-proces-de-compostatge/el-compostador-com-a-ecosistema>

Anexo C. Fotos del taller con los niños de Sant Jaume Sesoliveres.





Anexo D. Circular prueba piloto realizada por el equipo de compostaje de Sant Jaume Sesoliveres.

Fa temps que em ronda la idea de fer un compostatge comunitari aquí a Sant Jaume, i trobo que aquests dies és un bon moment per anar-ho provant. L'Aina i en Rino han construït un espai amb palets a l'hort molt adequat i estan d'acord que ho apropem en allà, la proposta és fer recollida porta a porta. Proposo passar el divendres al matí de 10 a 11h per les cases que s'apunten, abaix explico on us heu d'apuntar.

### **PROTOCOL a seguir per les persones motivades!!!**

#### **Quin tipus de matèria orgànica s'hi pot afegir?**

Tot el que es descomposi, ara bé, es recomana no excedir-se amb menjar processat, com el pa o plats cuinats. Excedir-se vol dir que si entregueu un recipient de 8 litres de volum, una galleda normal, que més de la meitat sigui menjar processat.

#### **Com ha d'estar la matèria orgànica?**

Per facilitar la descomposició homogènia dins la compostera se us demana que talleu les restes d'una mida d'uns 5 cm aprox. pot ser més petit.

Si no ho talleu indiqueu al deixar les restes fora de casa, o per mòbil.

#### **Quan i com es fa la recollida?**

Cada dimarts i dijous de 10 a 11h.

Perquè reculli la orgànica poseu la vostra adreça de casa i quantes persones sou a casa, a l'excel que us compartiré un cop em comuniquieu que hi voleu participar.

Necessitaré el vostre mail per compartir el document a través de google drive.

#### **Com serà la recollida i s'hi algú hi vol participar...**

La idea és agafar el pes de la matèria orgànica de cada casa i recollir dades per si en algun moment és vol fer un projecte més gran i obrir-lo al poble, que tinguem números per a saber quina infraestructura es necessitarà, tot hi que està clar que aquests dies tindrem més matèria orgànica que en cap altre moment de la història ;)

#### **Preguntes que em sorgeixen...**

1. Us va bé funcionar amb google drive? A través del telegram també es pot dur a terme..
2. Tots (o algú) ja fa compostatge? o vermicompostatge (amb cucs)?
3. Va bé la recollida 2 cops per setmana? Amb un cop seria suficient? O caldrien més cops..?
4. Sabeu de persones del poble que li pugui interessar participar?
5. Us interessa conèixer el funcionament del compostatge? (us puc adjuntar informació)

M'agradaria que com a mínim fossin 5 cases per a que tingui sentit l'esforç.



Anexo E. Fotos de la pila de compostaje de la prueba piloto en Sant Jaume Sesoliveres.



Anexo F. Fotos del compostaje en Santa Isabel Cholula



Anexo G. Tablas de las mediciones realizadas en la pila de prueba de Santa Isabel Cholula.

Temperatura (°C).

Fecha	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6
29/03/21	18,3	18,3	18,3	18,3	17,7	18,3
1/04/21	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6
5/04/21	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
8/04/21	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8	23,8
12/04/21	26,6	26,6	26,6	26,6	24,4	26,6
15/04/21	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6
19/04/21	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6
22/04/21	25,6	25,6	26,6	26,1	24,4	25,6
26/04/21	26,1	26,1	26,1	25,6	26,1	26,6
29/04/21	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6
Volteo 2 veces por semana						
3/05/21	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2
6/05/21	35	35	35	35	35	35
10/05/21	37,8	42,2	37,8	37,8	37,8	37,8
13/05/21	35	35	35	36,7	36,7	32,2

pH.

Fecha	Punto 2	Punto 3	Punto 4
pH de referencia (Moreno & Moral, 2007)	5,5 – 8,5		
1/04/21	7,6	7	6
8/04/21	4,5	3	3
15/04/21	7,6	8	8
22/04/21	7,5	7,8	7,5
29/04/21	7,5	7,5	7,5
6/05/21	8	8,5	8
13/05/21	8,5	8,5	8,5

Humedad (%).

Fecha	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Humedad óptima (Moreno & Moral, 2007)	50-70		
1/04/21	90	90	90
8/04/21	100	70	100
15/04/21	70	100	70
22/04/21	80	100	80
29/04/21	80	100	80
6/05/21	100	80	80
13/05/21	100	100	100

Anexo H. Encuesta realizada a los vecinos de Sant Jaume Sesoliveres.

# Proposta per la gestió de la matèria orgànica

1. Indica el seu gènere

*Marca solo un óvalo.*

Dona

Home

2. Indica la seva edat

---

3. Sector en el que treballa

*Marca solo un óvalo.*

Primari

Secundari

Terciari



## 4. Feina/Ofici

---

## 5. Participa en la associació veinal?

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

## 6. 1.- Recicla la part orgànica?

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

A vegades

7. 2.- Sap què és el compostatge?

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

8. 3.- Estàs d'acord amb el model actual de recollida?

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

9. 4.- Coneixes la reducció del 15% del impost de brossa si fas compostatge a casa?

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

10. 5.- T'animaries a participar?

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

11. 6.- Si t'animaries a recolzar un model diferent i a ser-ne particip, com ho faries, tens idees?

---

12. 7.- De quina forma hi participaries?

*Marca solo un óvalo.*

Aportant matèria orgànica i participant en l'aprenentatge del compostatge

Aportant matèria organica

Utilitzo la matèria orgànica a casa, però estic disposada a participar d'altres formes i recolzar la proposta

No m'interessa, prefereixo que hi segueixin havent els containers marrons de recollida d'orgànica

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

## Google Formularios

