

Septiembre 2018 - ISSN: 1696-8352

## **SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA DE UN COMPOST ELABORADO A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE LA AGROINDUSTRIA CAÑERA ECUATORIANA**

### **ECONOMIC SUSTAINABILITY OF A COMPOST MANUFACTURED FROM THE WASTE OF WASTE OF AGROINDUSTRY CAÑERA ECUATORIAN**

**Autores:**

**Diego Ivan Cajamarca Carrazco**

Máster en Sistemas Integrados de Gestión (Calidad, Ambiente y Seguridad)  
Escuela Superior Politecnica De Chimborazo. ESPOCH  
[diego.cajamarca@epoch.edu.ec](mailto:diego.cajamarca@epoch.edu.ec)

**Maria Magdalena Paredes Godoy**

Magíster en Ciencias de la Educación a la Física  
Universidad Nacional De Chimborazo. UNACH  
[maparedes@unach.edu.ec](mailto:maparedes@unach.edu.ec)

**Nelly Ivonne Guananga Díaz**

Máster en Ciencias en Biotecnología  
Escuela Superior Politecnica De Chimborazo. ESPOCH  
[nguananga@epoch.edu.ec](mailto:nguananga@epoch.edu.ec)

**Luis Elias Guevara Iñiguez**

Máster en Ciencias en Biotecnología  
Escuela Superior Politecnica De Chimborazo. ESPOCH  
[luquevara@epoch.edu.ec](mailto:luquevara@epoch.edu.ec)

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Diego Ivan Cajamarca Carrazco, Maria Magdalena Paredes Godoy, Nelly Ivonne Guananga Díaz y Luis Elias Guevara Iñiguez (2018): "Sostenibilidad económica de un compost elaborado a partir de los residuos de la agroindustria cañera ecuatoriana", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (septiembre 2018). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/09/sostenibilidad-economica-compost.html>

### **Resumen**

El artículo presenta la investigación realizada sobre la sostenibilidad económica ecuatoriana de un compost elaborado con residuos de la agroindustria cañera, este producto se obtiene a partir de distintos residuos generados en el proceso de obtención del azúcar entre los cuales destacan el bagazo, cachaza, cenizas del bagazo y otros; los mismos que son sometidos a un proceso para generar el compost, que tendrá calidad total y con ello diferentes usos para conservar el medio ambiente. El proceso que permite obtener el compostaje consta de tres fases y cada una presenta distintas características como: la descomposición de la materia orgánica viva, la fase de maduración donde la cantidad de materia orgánica es mínima; mientras que en la fase final ya no existe materia orgánica para su degradación. En el territorio ecuatoriano la sostenibilidad no es una práctica vigente, esto se debe a que la sociedad no

dispone de las mismas posibilidades educativas, culturales, y económicas, influyendo además el espacio geográfico donde se desenvuelve el colectivo, con estos antecedentes actualmente los Gobiernos Autonomos Descentralizados, se encuentran trabajando para disminuir los desechos contaminantes, generar mayores fuentes de empleo y alcanzar la sostenibilidad alimentaria aplicando la norma técnica jurídica dictada sobre la ley de gestión ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental vigente en el Ecuador TULSMA, la obligatoriedad de la aplicación en todo el territorio ecuatoriano ayudará a mejorar y mantener la sostenibilidad económica de la población ecuatoriana, ya que la economía del Ecuador se refleja que el PIB es el 2.5 % en 2018 y 2.2% en el 2019 respectivamente, basándonos en la balanza comercial del país se preeven mayores oportunidades para el crecimiento del sector agrícola, ganadero, forestal, pesquero y agroindustrial en el periodo 2017 – 2020.

**Palabras clave:** residuos, agroindustria cañera, compost, sostenibilidad económica.

### **Abstract**

The article presents the research carried out on the Ecuadorian economic sustainability of a compost made with sugarcane agroindustry residues, this product is obtained from different waste generated in the process of obtaining sugar, among which the bagasse, cachaza, ash bagasse; these residues are subjected to a process to generate the compost that will have total quality and with it different uses to conserve the environment. The process that allows to obtain the composting consists of three phases and each one has different characteristics such as: the decomposition of the living organic matter, the maturation phase where the amount of organic matter is minimal; while in the final phase there is no organic matter for its degradation. In the Ecuadorian territory sustainability is not a current practice, this is because society does not have the same educational, cultural, and economic possibilities, also influencing the geographical space where the collective operates, with these antecedents currently the Autonomous Governments Decentralized, they are working to reduce polluting waste, generate greater sources of employment and achieve food sustainability by applying the legal technical standard dictated by the law of environmental management for the prevention and control of environmental pollution in force in Ecuador TULSMA, the obligatory nature The application throughout the Ecuadorian territory will help to improve and maintain the economic sustainability of the Ecuadorian population, since Ecuador's economy is reflected that GDP is 2.5% in 2018 and 2.2% in 2019 respectively, based on the balance The country's commercial opportunities for the growth of the agricultural, livestock, forestry, fishing and agroindustrial sector in the period 2017-2020.

**Keywords:** waste, sugarcane agroindustry, compost, economic sustainability

### **Introducción**

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) menciona que el manejo integral de los desechos agroindustriales de la caña ha tenido un desarrollo continuo durante la década de los noventa, tanto en la generación de políticas públicas y regulaciones jurídicas, como en la incorporación de la "preocupación" medio ambiental.

(Santader, 2017) Manifiesta que una forma específica para el trabajador del sector agropecuario y de la agroindustria alimentaria está en constante innovación, y por ello los productores requieren de divisas para optimizar todos los procesos productivos involucrados: producción, coseña, selección, clasificación, empaque, almacenamiento, procesamiento, conservación, transportación, distribución y venta de productos al consumidor final.

La finalidad de este artículo es dar a conocer la sostenibilidad económica ecuatoriana con un compost elaborado con residuos de la agroindustria cañera, este producto se obtiene a partir de distintos residuos generados en el proceso de obtención del azúcar entre los cuales destacan el bagazo, cachaza, cenizas del bagazo y residuos. La utilización de este producto

bioremediador del suelo; compost implica un conocimiento adecuado de sus propiedades, atributos y sobre todo su uso, esto nos permite conocer en qué condiciones y tipos de suelos es posible incorporar como fertilizante, enmienda orgánica o acondicionador del recurso edáfico. (NTC 5167, 2011)

El modelo estratista en América Latina ha ocasionado problemas graves asociados al recurso suelo, entre ellos podemos citar la deforestación de grandes hectáreas en Centroamérica, la baja fertilidad de suelos en el Caribe y en el interior del Cono Sur además podemos mencionar pérdida de biodiversidad en toda Latinoamérica (Román, Martínez, & Pantoja, 2015). Todo lo mencionado anteriormente ha contribuido al incremento de los gases de efecto invernadero, el calentamiento global, lluvia ácida y cambio climático principalmente con ello ha disminuido la calidad de vida de las personas en el mundo.

La caña de azúcar es uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico del Ecuador, especialmente de las zonas bajas de las provincias de Guayaquil, Cañar, Santa Elena y los Ríos ya que este producto garantiza la sostenibilidad alimentaria del país, además se emplea para la producción de electricidad, biocombustible y compost, generando de este modo mayor rentabilidad al sector cañero ecuatoriano y por ende fuente de divisas para el país. (CINCAE, 2017). Cabe recalcar que, de acuerdo a Corporación Financiera Nacional (CFN, 2017), en el año 2016 la provincia del Guayas produjo el 80% de la producción nacional de caña de azúcar, y empleando 87.255 hectáreas de tierra para cultivar con una rentabilidad neta de 6.961.050 UDS.

Según (Sosa, 2018), el Fondo Monetario Internacional (FMI) pronostica que el Producto Interno Bruto del Ecuador en el 2018 es del 2,5% y 2.2% en 2019. El crecimiento del PIB ecuatoriano está fomentado en la exportación de productos agrícolas como brócoli orgánico, cacao fino de aroma, banana, flores, camarón y atún principalmente. Todos estos parámetros se ven reflejados en los actuales balances económicos del país.

El Ecuador se ha enfocado en productos primarios agrícolas para mantener su economía estable ya que la producción de petróleo se ve afectada por diferentes factores externos principalmente las malas negociaciones realizadas por el gobierno del economista Rafael Correa ex mandatario de la República del Ecuador.

## **Metodología**

En la presente revisión bibliográfica se utilizó el método lógico empírico el cual está relacionado de ir de lo general a lo particular pudiendo encontrar de esta manera los aspectos más relevantes referentes a la sostenibilidad económica del compostaje elaborado a base de residuos de la industria cañera ecuatoriana, los países con mayor producción de caña de azúcar, entre otros aspectos como la sostenibilidad económica sobre el tema.

La información presentada fue obtenida por medio de la técnica de análisis de documentos ya que se obtuvo información de fuentes secundarias como se puede constatar en las referencias bibliográficas. La técnica de análisis de documentos es ampliamente utilizada en la educación superior, debido a su sencilla forma de usar, esta se basa en leer textos, artículos y revistas certificadas con el fin de obtener la información necesaria para redactar los artículos de revisión bibliográfica requeridos.

En la investigación no se empleó ningún tipo de instrumentos para registrar la información obtenida. Sencillamente, toda la información que conforma el cuerpo de la revisión bibliográfica está debidamente citado de acuerdo a las normas APA sexta edición, para evitar el plagio de los estudios y resultados de otras investigaciones.

## Desarrollo

### 1. AGROINDUSTRIA

De acuerdo con lo que menciona (Santader , 2017) la agroindustria es uno de los aspectos más importantes para el desarrollo industrial de un país y es una actividad clave que garantiza la sostenibilidad de la humanidad. Por lo tanto es necesario considerar que la importancia de esta actividad económica radica en que permite la disponibilidad y durabilidad de productos agropecuarios (agricultura y ganadería, forestal y pesquera), e influye en variables como la generación de empleo y el desarrollo económico de las naciones.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016) por sus siglas en inglés, menciona que la población mundial alcanzará los 9 mil millones de personas en el 2050; y, como consecuencia, la población urbana aumentará un 70% mientras que la demanda de alimentos un 30%. Estas condiciones requerirán que se incremente la producción de alimentos, mejore la infraestructura de conservación, transporte y sistemas de distribución, con el fin de conservar la calidad e inocuidad de estos productos de origen primario. De igual manera (Santader , 2017) especifica que los trabajadores del sector agropecuario en ese contexto, la agroindustria alimentaria está en constante innovación, y por ello los productores requieren de capital para optimizar y tecnificar todos los procesos productivos generadores de valor involucrados como: selección, clasificación, empaque, almacenamiento, procesamiento, conservación, transportación y venta de productos al consumidor final.

Dentro de este contexto (Gumusio Aguirre, 2016), manifiesta que en América Latina, el potencial de desarrollo agroindustrial está vinculado a la abundancia relativa de materias primas agrícolas y pecuarias que existen y al bajo coste de su mano de obra en la mayoría de los países. En estas condiciones, la agroindustria es el sector propicio para aprovechar de forma relativamente intensiva esas materias primas y mano de obra no especializada, mientras que, es relativamente menos intensiva la utilización de capital y mano de obra especializada que se presumen son escasos.

Por otra parte el (Banco Mundial, 2017) hace referencia que el crecimiento del sector de la agricultura es entre dos y cuatro veces más efectivo que el de otros sectores para incrementar los ingresos de los más pobres. Se trata de algo importante para el 78 % de los pobres que viven en zonas rurales en el mundo y que dependen principalmente de la producción agrícola para su subsistencia.

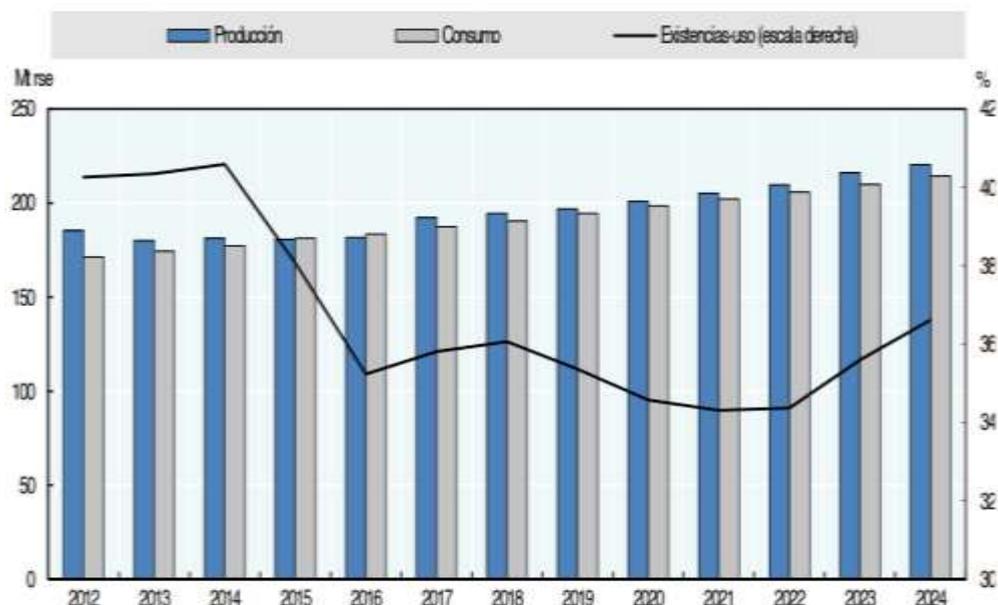
La agricultura es también crucial para el crecimiento económico, ya que representa un tercio del producto interno bruto (PIB) .Sin embargo, tanto el crecimiento económico como la reducción de la pobreza impulsada por la agricultura se encuentran en riesgo, al igual que la seguridad alimentaria. Un clima cada vez más cálido podría causar una disminución de más del 25 % en el rendimiento de los cultivos. Además, las actividades agrícolas y los cambios en el uso del suelo son responsables de entre el 19 % y el 29 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI). Las medidas de mitigación en este sector son parte de la solución del cambio climático.

#### 1.1. LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

De acuerdo con lo que expone (Mario González, 2015, pág. 24) la agroindustria de la caña de azúcar puede y debe ayudar a afrontar en un futuro inmediato tres importantes desafíos que hoy enfrenta la humanidad: la producción de alimentos, el déficit energético, y la preservación del medio ambiente. La agroindustria cañera puede producir energía eléctrica, alcohol (biocombustible, materia prima), azúcar, mieles finales (destino consumo animal y otras producciones), subproductos para la alimentación animal, biogás, compost, y múltiples derivados, con alto valor agregado.

Dadas las posibilidades señaladas anteriormente, esta agroindustria encierra una importancia estratégica para la economía global, además desempeña un importante papel en la generación de fondos exportables y en la sustitución de importaciones. En este sentido, para la elaboración de productos como néctares, zumos y mermeladas únicamente se utiliza la pulpa y se desecha aproximadamente el 50 % del fruto (Ramos Casselis M, 2015)

**Figura 1. Proyección de la caña de azúcar**



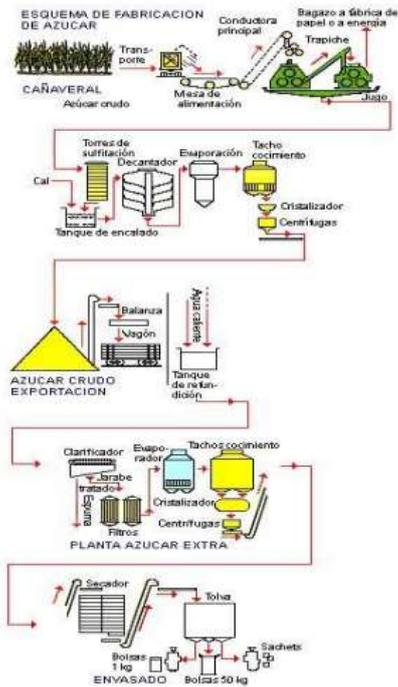
**Fuente:** (FAO, 2015, pág. 122)

El crecimiento constante de la demanda de azúcar, se prevé que el consumo mundial de azúcar crecerá en torno a 2% anual, ligeramente mayor que en la década anterior, para llegar a 214 Mt en 2024. El crecimiento de la demanda mundial de azúcar se producirá sobre todo en algunos países en desarrollo en África y Asia. En cambio, se prevé que el consumo de azúcar mostrará poco o ningún crecimiento en muchos de los países desarrollados en consonancia con su condición de mercados de azúcar maduros o saturados. Como resultado, se espera que la relación mundial existencias-usos disminuya y se normalice en 36% en el periodo de las perspectivas, en comparación con 40% del periodo base. (FAO, 2015)

### 1.2. Proceso producción de azúcar

(Ospina C. , 2016) señala que la obtención del azúcar en la fábrica tiene como fase inicial, el muestreo, pesaje y lavado de la caña de azúcar. Luego el material vegetal pasa a las picadoras y después a los molinos. Parte del bagazo resultante de la molienda se emplea en las calderas para la producción del vapor que es la base para generar la energía que se requiere para la realización del proceso, el bagazo sobrante se vende a las industrias del papel. Posteriormente, el jugo obtenido en los molinos es pesado y calentado. Una vez caliente se somete a un proceso de clarificación y filtración para separar los materiales diferentes a la sacarosa que se encuentran en el jugo; en este paso se obtiene la cachaza. El jugo depurado es evaporado obteniéndose la meladura o jarabe que es conducida a los tachos, donde se procede a la cristalización para obtener una masa cocida, que pasa luego a la centrifugación, separándose el azúcar de la miel (Figura 2).

**Figura 2. Diagrama del proceso productivo del azúcar**



Fuente: (Ospina C. , 2016)

**1.3. Residuos de la agroindustria cañera**

**1.3.1. Bagazo**

El bagazo es un subproducto fibroso procedente de los tallos limpios de caña de azúcar después de someterlos al proceso de extracción del jugo en los molinos de la fábrica. El bagazo se utiliza principalmente como combustible en las calderas durante el proceso de fabricación de azúcar. (Ospina C. , 2016)

**Tabla 1. Constitución química - física del bagazo**

FRACCIONES	CANTIDAD (%)
Fibra	45
Sólidos no solubles	2 – 3
Sólidos solubles	2 – 3
Agua	48 – 50

Fuente: (Ospina C. , 2016)

En la tabla 1 se puede apreciar que la composición química - física del bagazo es variada ya que se encuentra constituida por cuatro fracciones que son: la fibra, sólidos no solubles, sólidos solubles y agua. Donde destaca la fibra y el agua por su mayor contenido, misma composición que le otorga al bagazo sus diferentes aplicaciones dentro de la industria cañera y fuera de ella. La composición que presenta el bagazo es

importante ya que este residuo tiene características óptimas para la elaboración de compostaje ya que se obtiene un adecuado balance en la relación C/N, ayudando a potencializar y acelerar el proceso de descomposición; la cantidad de bagazo que entra a la planta es de 50 t/día.

### **1.3.2. Cachaza**

La cachaza es el residuo o torta que se elimina en la clarificación del jugo de caña de azúcar durante la industrialización. Es un material oscuro constituido por una mezcla de fibras de caña de azúcar, coloides coagulados incluyendo la cera, albuminoides, fosfatos de calcio y partículas de suelo. Entre los componentes de la cachaza fresca que sobresalen está la materia orgánica. (Ospina C. , 2016)

Este residuo aporta al proceso de compostaje el material celulósico degradable, necesario para el crecimiento de los microorganismos. El nitrógeno de este componente sirve como fuente de proteína para el soporte estructural de los microorganismos. Cabe anotar que los microorganismos utilizados en el proceso de compostaje son nativos procedentes exclusivamente de sus procesos primarios de producción de la caña azucarera. (Ospina C. , 2016)

### **1.3.3. Ceniza de bagazo**

Es el residuo generado durante la combustión de bagazo en las calderas, es cargado en volquetas y llevado a las tolvas de almacenamiento de cenizas ubicadas en las instalaciones de la fábrica. Su naturaleza es vegetal y mineral, y constituye una fuente útil de micro - elementos además es un buen modificador de acidez en el proceso de compostaje. (Ospina C. , 2016)

### **1.3.4. Residuo de mesa cinco (RM5)**

Los residuos de campo correspondiente a las hojas y tallos de la caña de azúcar que se recogen en la mesa de picado de caña, son transportados a la planta de compostaje. Las hojas aportan materia orgánica en forma de celulosa y hemicelulosa, el tallo aporta agua, azúcares, celulosa, hemicelulosa y lignina. (Ospina C. , 2016)

## **1.4. Gestión y aprovechamiento de los residuos agroindustriales en el Ecuador.**

La gestión de los residuos de la agroindustria ecuatoriana no está optimizada. Los residuos generados por las actividades agroindustriales suelen ser depositados directamente sobre los suelos o depositados en zonas vacías, lo que conlleva a su quema no controlada, bloqueo de cauces y un deterioro visual del paisaje. No existen datos en el país, que indiquen la cantidad de residuos generados, ni tampoco las características de estos residuos, lo que dificulta su gestión, tratamiento y valorización. Estos residuos pueden llegar a ser altamente problemáticos, especialmente en los residuos vegetales de cultivos intensivos, donde se han aplicado materias activas de lenta degradación y alta permanencia en el suelo. (Gavilanes, 2016)

De acuerdo al Ministerio del Ambiente "MAE" el manejo de desechos de la agroindustria cañera ha tenido un desarrollo muy rápido durante la década de los noventa, tanto en la generación de políticas y regulaciones jurídicas, como en la incorporación de la preocupación ambiental en las actividades de múltiples actores sociales.

Según (R, Yelitza, M, & Ana, 2016) Las Leyes a las que se somete la gestión Ambiental está basada en: la Ley de Prevención y Control de la Contaminación, Ley Forestal, Plan Nacional Ambiental, Ley de Gestión Ambiental, y el recientes Código Integral

Penal y Código Orgánico Ambiental, a través de políticas importantes como la Estrategia Nacional Ambiental para el Desarrollo Sustentable, la Estrategia Forestal, la Estrategia de Biodiversidad y la Estrategia de Galápagos. La base primordial legislativa que rige al país es La Constitución de la República del Ecuador, quien regula las actividades humanas en todo ámbito e incluye temas relacionados con la protección del ambiente reconociendo, por primera vez, los derechos de la naturaleza orientada a garantizar la sostenibilidad y el “buen vivir” de la población.

La Norma técnica Jurídica que contiene los límites permisibles bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental vigente en el Ecuador se denomina TULSMA “Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente” y es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

Son muchas las actividades agroindustriales que generan residuos sólidos, líquidos y gaseosos; bien sea a nivel primario como la agricultura, o producción pecuaria o en procesos de transformación con materia prima de origen biológico. Esto ha motivado a diferentes instituciones generar proyectos o investigaciones tendientes a propiciar el aprovechamiento de los desechos, generando diferentes alternativas de aprovechamiento, valorización y usos, que en los actuales momentos han sido implementados en la agroindustria cañera ecuatoriana. (R, Yelitza, M, & Ana, 2016)

## **2. COMPOST**

Producto estabilizado e higienizado que se obtiene de la descomposición biológica oxidativa (aeróbica) de materiales orgánicos frescos de desechos animales y vegetales, en la cual la principal transformación la sufren los carbohidratos y las proteínas; además, consigue las condiciones consideradas letales para patógenos, parásitos, elementos germinativos y asegurar el aprovechamiento de todos los subproductos que se genere en el proceso. (Fabian. G. Miguel, P. & Ivonne C, 2017)

El proceso de compostaje es un proceso predominantemente aeróbico, en el cual los sustratos más lábiles (azúcares, aminoácidos, lípidos y celulosa) son descompuestos en menor tiempo por bacterias, hongos y actinomicetes mesófilos tolerantes a temperaturas medias. La proporción de esos microorganismos varía según el sustrato posteriormente, se da la descomposición de los materiales más recalcitrantes (hemicelulosa y lignina) por organismos termófilos (resistentes a altas temperaturas) como las levaduras y algunos actinomicetes, para pasar luego a la formación de sustancias húmicas, durante la fase de enfriamiento y maduración (Mustin , Paul, Clark , 2018, págs. 123,124)

La utilización del compost que se genera de diferentes residuos implica un conocimiento adecuado de sus propiedades; esto permite conocer en qué condiciones y tipos de suelos es posible su uso, ya sea como fertilizante, enmienda orgánica o acondicionador; por esta razón, la investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del compost realizado en la planta del ingenio Riopaila Castilla para determinar qué combinación de subproductos genera un compost de mejor calidad, de tal forma que pueda ser utilizado como acondicionador de suelos, cumpliendo con la Norma Técnica Colombiana (NTC 5167, 2011)

Desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento de los residuos para elaborar compost, resulta favorable, ya que con su empleo se evita que los mismos contaminen las aguas y por tanto se mejora la fertilidad del suelo. El compost se define como una mezcla de materiales orgánicos (con agua o sin ella), suelo o fertilizantes que han sufrido descomposición biológica principalmente bajo condiciones aeróbicas y termófilas. (Cundiff, J., & Markin, K., 2015)

El compost como acondicionador orgánico natural mejora a mediano y largo plazo las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, incrementa la porosidad, disminuye la densidad aparente, consolida la estructura y consistencia, aumenta la

capacidad de intercambio catiónico, la concentración de algunos nutrientes esenciales y la actividad biológica del suelo. (Labrador, 2001).

## Productos relacionados con el compost

### 2.1.1. Vermicompost

“El vermicompost es el proceso de compostar utilizando las lombrices californianas (*Eisenia foetida*) y microorganismos. Es un proceso que termina en la estabilización de la materia orgánica. Al igual que el compost maduro, el producto final es materia orgánica, pero son las lombrices quienes realizan el proceso con ayuda de los microorganismos” este producto sirve como restaurador de suelo degradados por la erosión causada por la lluvia, viento y los procesos intensivos de producción agropecuaria. (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

### 2.1.2. Té de compost

El té de compost es el extracto soluble en agua obtenido a partir del proceso de compost. Se trata de un sistema para extraer del compost los compuestos que sean solubles en agua y adicionalmente microorganismos estos últimos de gran interés para la regulación microbiana en los campos agrícolas ecuatorianos debilitados por falta de políticas claras y aplicación de las regulaciones para la conservación de los recursos naturales. Este sistema es similar al que se emplea para hacer una infusión de hierbas o un té para tomar, solo que se emplea agua fría, y limpia, no necesariamente debe ser de carácter potable. (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

## 2.2. Extracción de nutrientes por cultivo

La cantidad de nutrientes obtenidos en la extracción de cada producto se puede ver afectada por varios parámetros por ejemplo los fertilizantes utilizados en el cultivo, proceso industrial al que ha sido sometida la materia prima, tipo de suelo en que se cultivó, etc. (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

**Tabla 2. Extracción de nutrientes por cultivo (kg/ha)**

	%					
	Rendimiento	Nitrógeno	Fosforo		Potasio	
	Kg/ha	N	$P_2O_5$	P	$K_2O$	K
Arroz	3.000	50	26	11	80	66
	6.000	10	50	21	160	132
Trigo	3.000	72	27	11	65	54
	5.000	140	60	25	130	107
Maíz	3.000	72	36	15	54	45
	6.000	120	50	21	120	99
Papa	20.000	140	39	17	190	157
	40.000	175	80	34	310	256
Yuca	25.000	161	39	17	136	112
	40.000	210	70	30	350	289

<b>Caña de azúcar</b>	50.000	60	50	21	150	124
	100.000	110	90	38	340	281
<b>Cebolla</b>	35.000	120	50	21	160	132
<b>Tomate</b>	40.000	60	30	13	124	124

Fuente: (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

En la tabla 2 se puede apreciar la cantidad de extracción de nutrientes por cultivo en una relación kg/ha. En cuanto a la caña de azúcar está en una producción de 50.000 kg/ha tiene 60% de N, 50% de  $P_2O_5$ , 21% P, 150%  $K_2O$  y 124% K. Mientras que cuando la producción de caña de azúcar es 100.000 kg/ha tiene 110% de N, 90% de  $P_2O_5$ , 38% P, 340%  $K_2O$  y 281% K. (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

## 2.3. Tipos de compost

### 2.3.1. Compost doméstico

El compostaje doméstico es el proceso de descomposición biológica de materiales orgánicos, como los restos de la comida y podas del jardín, que se generan en el hogar. (Oficina de asesoramiento y control del compost de Andalucía , 2015)

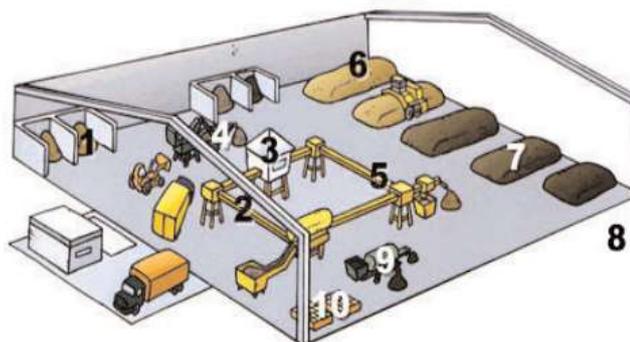
#### 2.3.1.1. Beneficio del compost doméstico

- ✓ Reduce los residuos orgánicos
- ✓ Ayuda a las plantas
- ✓ Reduce los olores y la cantidad de materia orgánica de la basura doméstica que va a los vertederos
- ✓ Reduce costes a la comunidad

### 2.3.2. Compost industrial

De acuerdo a los criterios emitidos por (El compostaje de residuos orgánicos, 2015) .El compostaje industrial consta principalmente de las siguientes fases del proceso:

**Figura 3. Fases del proceso de compostaje industrial**



Fuente: (El compostaje de residuos orgánicos, 2015)

La Recepción de la fracción vegetal y trituración, aquí los residuos vegetales procedentes de la jardinería, la limpieza de bosques y restos de poda, recogidos selectivamente en origen, son trasladados a la planta con un remolque, y triturados mediante una biotrituradora logrando de esta manera tener una homogeneización de este material particulado de estos residuos. El siguiente proceso es la mezcla de todos los residuos sólidos, el equipo industrial utilizado para esta tarea de un remolque distribuidor.

A continuación se procede a la disposición en pilas con la utilización de una pala mecánica formando pilamentos de una altura máxima de 2,7 metros sin límite de longitud, para esta fase se recomienda la utilización de soportes pavimentados para evitar la contaminación de los recursos por la presencia de lixiviados. Estas pilas formadas en este proceso se recomienda voltear y controlar las condiciones ambientales ya que el compost es un bioproceso biológico, aeróbico y termófilo, para que los microorganismos descompongan adecuadamente la materia orgánica, se tiene que mantener las condiciones de humedad relativa, temperatura, y concentración de oxígeno.

Los lixiviados que desprenden las pilas objeto de compostaje se recogen y sirven para continuar regando las pilas.. Finalmente, se obtiene un Compost maduro y estable que puede ser usado como abono o corrector de suelos.

## 2.4. Fases del compostaje

Figura 4. Fases del compostaje



Fuente: (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016, pág. 12)

En la figura 4 se puede apreciar un gráfico didáctico de las fases que atraviesa el compostaje. En cada una de estas fases el residuo orgánico presenta diferentes características, es decir, en la fase de descomposición posee materia orgánica fresca, pero en la fase de maduración la cantidad de materia orgánica es mínima.

### 2.4.1 Fase de descomposición

Se entiende por etapa de descomposición el periodo en el que los materiales contienen mucha materia orgánica biodegradable y debe asegurarse un suministro de oxígeno en el interior que sea suficiente para cubrir la demanda de los microorganismos. Por lo tanto, a efectos prácticos, la etapa de descomposición es aquella en la que es imprescindible la aireación para no incurrir en anoxia. De este modo, asegurando la aireación, se optimiza la actividad microbiana y se minimiza la emisión de sustancias malolientes, de gran impacto sobre el entorno. (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016).

A continuación, se muestran las recomendaciones americanas (EPA, 1999) sobre la temperatura y la duración mínima de este periodo.

**Tabla 3. Influencia de las temperaturas en la duración de la fase de descomposición del compostaje.**

TEMPERATURA	DURACIÓN MÍNIMA
55°C	3 días
60°C	1 día
65°C	3 horas
70°C	1 hora

Fuente: (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016).

#### 2.4.2 Fase de maduración

Se entiende por etapa de maduración el periodo posterior en el que ya no queda tanta materia orgánica biodegradable (por lo tanto, no hay tanto requerimiento de oxígeno) y en la que de forma espontánea ya se mantienen condiciones de aerobiosis. (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016)

#### 2.4.3 Fase final

La duración de las distintas etapas del proceso de compostaje es variable, ya que depende de la riqueza de la materia orgánica, del control que se lleva a cabo del proceso, de la calidad de la mezcla, de los sistemas tecnológicos utilizados. (Agencia de Residuos de Cataluña, 2016)

### 2.5 Factores extrínsecos del compost

#### 2.5.1 Oxígeno

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación constante, controlada y adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque provocando estos últimos baja de la calidad del producto final. Se conoce que las necesidades de oxígeno varían durante todas las fases del proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo de oxígeno durante la fase termofílica. (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

#### 2.5.2 Temperatura

De acuerdo con (Irene del Carmen Gavilanes, 2016, pág. 27) la temperatura ha sido considerada tradicionalmente como una variable fundamental en el proceso de compostaje, ya que es un buen indicador de la evolución del proceso. Se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de la humedad, pH. Cada microorganismo tiene un intervalo de temperatura óptimo en el que su actividad es mayor y más efectiva: 15-40°C para los microorganismos mesófilos y 40-70°C para termófilos. Los microorganismos que resultan beneficiados a una determinada temperatura son los que principalmente descomponen la materia orgánica.

**Tabla 4. Parámetros de temperatura óptimos**

Temperatura	Causas asociadas		Soluciones
Bajas temperaturas (T° ambiente < 35° C)	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por lo tanto la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad
	Material insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada	Añadir más material a la pila de compostaje
	Déficit de nitrógeno	El material tiene una alta relación C-N y por lo tanto los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas, disminuyen o ralentizan su actividad	Añadir material con alto contenido de nitrógeno como el estiércol.
Altas temperaturas (T° ambiente > 70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene la actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesófilos y facilitar la terminación del proceso	Volteo y ventilación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido de carbono de lenta degradación para que ralentice en proceso

**Fuente:** (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

### 2.5.3 La humedad

Por otra parte (Irene del Carmen Gavilanes, 2016) considera a la humedad importante pues es el medio biológico en el que se descompone la materia orgánica, como medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de desecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso. La humedad óptima debe estar entre 50-70%, valores inferiores al 30% frenan la actividad y valores superiores al 60-70%

provocan que la tasa de difusión del oxígeno insuficiente para reponer el oxígeno consumido.

**Tabla 5. Parámetros de humedad óptimos**

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
< 45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua
<b>45% - 60% Rango Ideal</b>			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono como serrines, papa u hojas secas

Fuente: (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

#### 2.5.4 El pH

Según (Irene del Carmen Gavilanes, 2016, pág. 28) el pH tiene una influencia directa sobre el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. El pH inicial de la mezcla no tiene que ser un impedimento del compostaje, pero un valor extremo, aparte de indicar algún problema en el origen del residuo, puede limitar el tipo de actividad biológica y por tanto influir en el desarrollo del proceso (velocidad tipo de reacción). Así pH iniciales inferiores a 5 son tóxicos para ciertos microorganismos en particular a los termófilos, y los pH extremos en la zona básica, además de afectar al tipo de microorganismo, afecta a los equilibrios ácido-base, que influyen en la conservación del nitrógeno.

**Tabla 6. Parámetros de pH óptimos**

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
<b>4,5 – 8,5 Rango ideal</b>			
>8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a la humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín).

**Fuente:** (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

### 2.5.5 La aireación

Por otra parte (Irene del Carmen Gavilanes, 2016) menciona que la aireación asegura la presencia de oxígeno, pues los organismos que participan en el proceso son aerobios. Una aireación insuficiente provoca sustitución de los microorganismos aerobios por anaerobios, con retardo de la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrogeno y la producción de malos olores. Un exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los organismos. La tabla 7. Indica los parámetros extrínsecos con los que debe cumplir el compostaje para ser considerado de calidad, motivo por el cual detalla los rangos en los que se debe manejar cada uno de los factores.

**Tabla 7. Control de la aireación**

Porcentaje de aireación	Problema		Soluciones
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación.
<b>5% - 15% Rango ideal</b>			
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la

		descomposición se detenga por falta de agua.	aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros).
--	--	--	--

Fuente: (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

## 2.6 Beneficios de la aplicación de compost

Según (Ospina I. , 2016) Los residuos de la agroindustria azucarera y sus posibles aprovechamientos es un tema de actualidad en las zonas cañeras las cuales deben ajustarse a las nuevas normativas ambientales, así como diversificar y adaptar sus sistemas de producción. Además de ser este proceso un beneficio para el aprovechamiento de residuos, se ha convertido para la industria azucarera en una forma de devolver la materia orgánica y los nutrientes al suelo.

Cada tipo de suelo debe tener, desde el punto de vista agronómico, un determinado nivel en materia orgánica en función de las condiciones climáticas, para mantener una fertilidad y productividad determinadas. Se han propuesto contenidos entre 2,5 y 3% de Material Orgánico para suelos agrícolas.

De acuerdo a investigaciones realizadas sobre vinaza compostada con residuos orgánicos, se ha presentado buenos resultados en las propiedades del suelo. Este residuo se caracteriza por alto contenido de MO, N y K, que al aplicarse directamente en altas concentraciones se estaría llevando al suelo alto contenido de sales, este problema se ha mejorado con la transformación de este residuo en compost.

El compost es el alimento de una multitud de microorganismos y favorece procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado. Algunos efectos después de aplicar cachaza y vinazas son que la cachaza favorece el número y longitud de las raíces de la caña de azúcar, el área de exploración de la raíz, diámetro del tallo y la absorción de N y K. en este producto bioorgánico encontraron tasas de mineralización alta con dosis de cachaza (10 y 20 t ha<sup>-1</sup>). Para corregir la falta de nutrimentos en el suelo se utilizan normalmente fertilizantes. Sin embargo, algunos fertilizantes nitrogenados causan acidez (sulfato de amonio) en el suelo y contaminación del agua por nitratos y nitritos.

Otra opción es el uso de abonos de origen animal y vegetal, los cuales permiten el aporte de materia orgánica, que actúa como un depósito de nutrimentos que se suministran en forma lenta y regular las plantas en crecimiento.

### 2.6.1 Ventajas ambientales del compostaje

De acuerdo con lo que menciona anteriormente (Jesús Martin Cabezas, 2015) indica que la calidad de compostaje a través de procesos biotecnológicos es mejor que la de una planta industrial ya que la selección previa para el primero es más cuidadosa. Cada etapa del proceso es supervisada por el beneficiario de la obtención del compost final. El compost obtenido en los proyectos realizados necesitan y deben cumplir con los requerimientos exigidos por el R.D. 824/ 2005 para los fertilizantes de clase A, destinados a la agricultura ecológica.

### 2.6.2 Ventaja social del compostaje

De acuerdo con (Jesús Martín Cabezas, 2015) el compostaje en la parte social es una vía interesante para la educación y concienciación ambiental, pues permite visualizar la responsabilidad individual sobre los residuos y consumo de recursos y empodera a cada persona para formar parte de la solución de una problemática importante. Sin embargo también ofrece una puerta abierta a otras campañas y acciones en pro del medio ambiente, relativa a residuos y recursos naturales y es ampliable a otras temáticas ambientales. Por otro lado se ha demostrado como una herramienta que fomenta la intervención social y la participación ciudadana, a través de experiencias comunitarias que favorecen las relaciones sociales, resaltando valores de responsabilidad, comunicación, respeto, convivencia y trabajo en equipo.

## 3 SOSTENIBILIDAD

### 3.1 Manejo sostenible

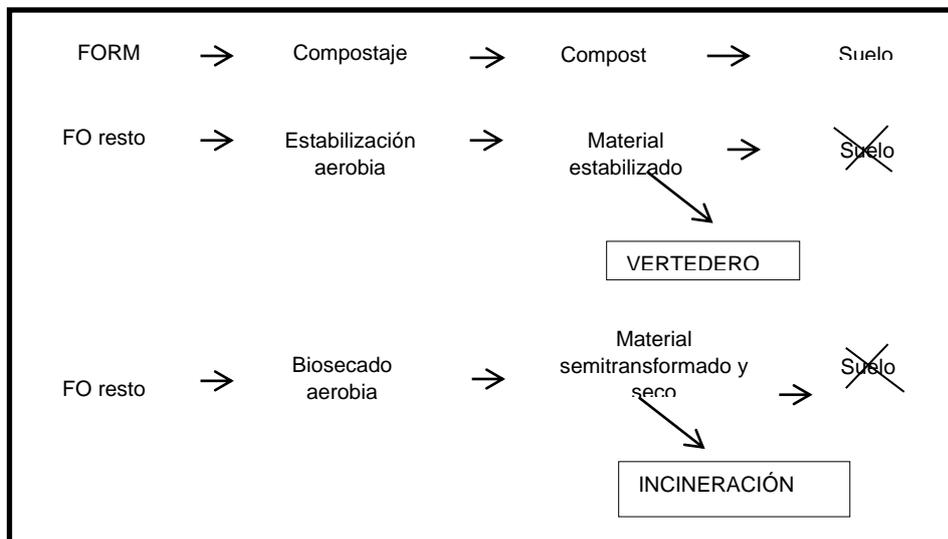
En la actualidad a nivel mundial el Manejo Sostenible de Tierras, es importante ya que nos ayuda a proveer los alimentos necesarios para el sustento alimentario de las personas y económico de un país. (Pérez, Santana, & Rodríguez, 2016)

Este manejo es importante para todos los países, especialmente de las tierras productoras de caña de azúcar, ya que este producto provoca desertificación en el suelo porque absorbe todos los minerales presentes para poder desarrollarse en su totalidad, por ese motivo se recomienda que todos los agricultores realicen una revitalización del mismo para evitar pérdidas económicas y ecológicas futuras. (Pérez, Santana, & Rodríguez, 2016)

### 3.2 Gestión sostenible de los residuos orgánicos

De acuerdo a (López, Huerta, Martínez, & Soliva, 2017) la sostenibilidad es un término ampliamente utilizado pero no empleado, esto se debe a que la población no tienen las mismas raíces culturales que enseñan a respetar y preservar el medio donde vivimos. También se destaca la labor que intentan realizar los municipios de todo el mundo para poder dar una disposición final adecuada a los residuos orgánicos provenientes de la agro – industria.

**Figura 5. Gestión sostenible de los residuos: Destino del material que recibe tratamiento biológico según su origen.**



**Fuente:** (López, Huerta, Martínez, & Soliva, 2017)

La figura 5 nos da a conocer la disposición final o el destino al que son sometidos los materiales que han recibido algún tratamiento biológico. Por ejemplo la fracción orgánica de los residuos municipales es destinada al compostaje de la cual se obtiene compost mismo que es aplicado en el suelo para mejorar las características del mismo. Pero el resto de la fracción orgánica es sometida a una estabilización aerobia y cuando ya se obtiene el material estabilizado este es desechado al vertedero. Pero también hay otra parte restante de fracción orgánica que es sometida al biosecado y posteriormente se obtiene material semitransformado y seco mismo que no se utiliza en el suelo pero si es incinerado. (López, Huerta, Martínez, & Soliva, 2017)

### **3.3 Gestión sostenible de los suelos**

“El suelo es un recurso no renovable finito, su conservación es esencial para la seguridad alimentaria y nuestro futuro sostenible”. (FAO, 2015)

Según lo expresado por (FAO, 2015) Los suelos son considerados fuente de alimentación, motivo por el cual se protege a la superficie natural de este recurso ya que en la actualidad dicha superficie es limitada, porque se encuentra sometida a una creciente destrucción provocada por un medio antropogénico generando daños en el suelo por la intensificación agrícola, forestal, pastoral, industrial y principalmente la urbanización; todos estos aspectos se han incrementado para satisfacer la demanda de producción de alimentos, energía y materias primas para fomentar y mantener la seguridad alimentaria y los servicios ecosistémicos fundamentales.

#### **3.3.1 Manejo sostenible de los suelos**

“El uso y manejo sostenible de los suelos se relaciona de forma directa con otros ámbitos del desarrollo sostenible como: la reducción de la pobreza, erradicación del hambre, crecimiento económico y protección del medio ambiente”. (FAO, 2015)

Actualmente existe una urgente necesidad de detener la degradación de la tierra en sus diferentes formas y para ello el grupo técnico intergubernamental sobre los suelos de la Alianza Mundial recomienda las siguientes medidas:

- ✓ Ofrecer tecnologías adecuadas, políticas sostenibles e inclusivas, programas de extensión eficaces y sistemas de educación sólidos para que se produzca más con menos factores utilizados.
- ✓ Incluir proyectos de protección y recuperación de suelos y de gestión sostenible de la tierra en los mercados emergentes actuales que aportan un valor económico a las actividades que producen servicios ecosistémicos.
- ✓ Reconocer la creciente necesidad de conservar los suelos y tener gobiernos que realicen las inversiones correspondientes.
- ✓ Promover prácticas de gestión para la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos, y la capacidad de resistencia frente al cambio de los patrones meteorológicos y los fenómenos climáticos extremos.
- ✓ Promover regulaciones estrictas y controles eficaces por parte de los gobiernos para limitar la acumulación de contaminantes por encima de los límites fijados para la salud humana y, futuro sanear los suelos contaminados.
- ✓ Aumentar la superficie sujeta a prácticas de manejo sostenible del suelo, mejorar la recuperación de los suelos degradados y promover la “intensificación de la producción sostenible” a

través de recursos biológicos adaptados, el aumento de la fertilidad de los suelos, el uso eficaz del agua, el uso sostenible de insumos y el reciclaje de los subproductos agrícolas.

- ✓ Apoyar el fomento de sistemas nacionales de información sobre los suelos para contribuir a la toma de decisiones sobre el uso sostenible de la tierra y los recursos naturales.
- ✓ Aumentar las inversiones en el manejo sostenible de los suelos mediante la superación de obstáculos, como la seguridad de la tenencia y los derechos de los usuarios, y el acceso a los conocimientos y los servicios financieros.
- ✓ Fortalecer la aplicación de los programas de desarrollo de capacidades y educación en materia de manejo sostenible de suelos.

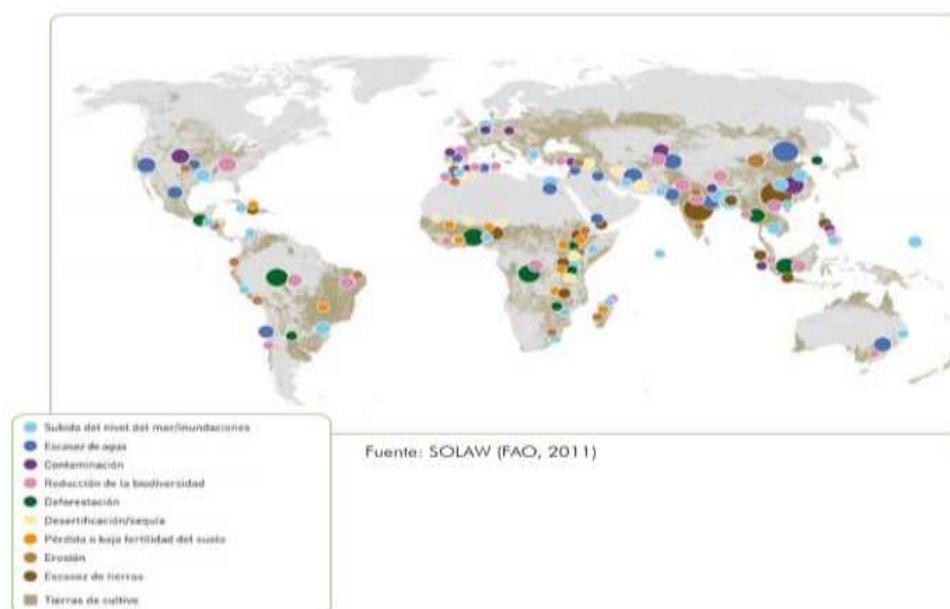
### 3.4 Influencia del compost dentro de la agricultura biológica

La agricultura biológica es un proceso natural que provoca la misma naturaleza en este caso el suelo, porque, cuando este carece de recursos para sostener a la planta provoca la muerte de la misma para poder recuperar los nutrientes que le hacen falta y de ese modo sostener a las plantas que sobreviven o al nuevo cultivo. (Escutia, 2016)

De acuerdo a (Escutia, 2016) el compost dentro de la agricultura biológica desarrolla el mismo rol que el suelo es decir posee materia orgánica capaz de enriquecer la tierra donde se va a cultivar, ya que este residuo orgánico proveniente de la agroindustria azucarera mundial aporta minerales y nutrientes para la activación biológica del suelo, con esta incorporación de material se lograria establecer mayores indices de productividad agrícola a escala mundial, aportando de esta manera a la sostenibilidad muy decaida en los últimos años. Además existe una maximización de la capacidad de retención de agua, ayuda a la recuperación y crecimiento de animales de la zona como: gusanos, lombrices, microorganismos benéficos para el suelo entre otros.

### 3.5 Riesgos asociados a la precaria utilización de compost

**Figura 6. Mapa de riesgos asociados a las áreas de producción por la precaria utilización de compost**

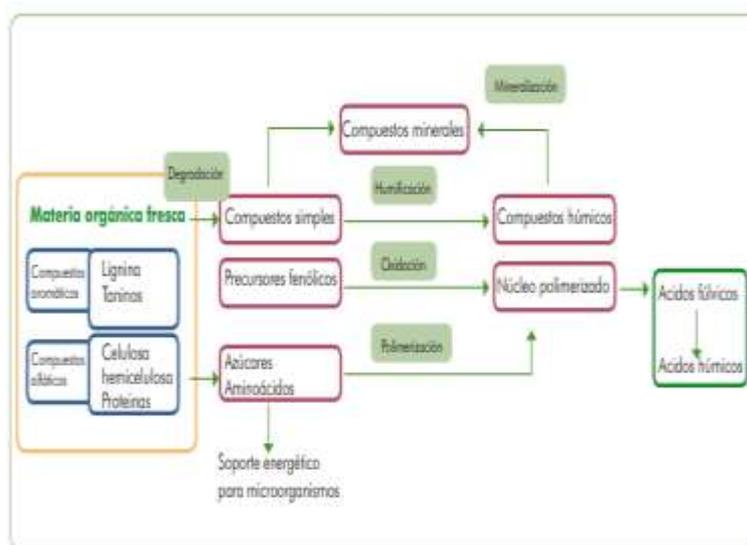


**Fuente:** (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

En la figura 6 se puede apreciar en el mapa a cada una de las consecuencias que conlleva la precariedad de uso del compost. Se observa que en América Latina hay problemas graves asociados al recurso edáfico, como riesgos de la deforestación máxima del bosque primario en Centroamérica, en el cono sur en las estribaciones del río Amazonas, la erosión en la costa Pacífica, han provocado una baja fertilidad de suelos en el Caribe y en el interior del Cono Sur, y de pérdida de biodiversidad en toda Latinoamérica. (Román, Martínez, & Pantoja, 2015) Cabe recalcar que todas las consecuencias que se explicaron anteriormente también han colaborado al incremento de los gases de efecto invernadero, al calentamiento global y la lluvia ácida principalmente y con ello la disminución de la calidad de vida de las personas en todo el mundo, ya que estos impactos son cada vez más sucesivos por la falta de políticas públicas en temas ambientales y la falta de educación ambiental en los servicios de educación primaria y secundaria.

### 3.5.1 Evolución de la materia orgánica utilizada en el suelo

**Figura 7. Esquema de la evolución de la materia orgánica utilizada en el suelo.**



**Fuente:** (Román, Martínez, & Pantoja, 2015)

Como se puede observar en la figura 7 la materia residual que se utiliza en el suelo siempre inicia con materia orgánica fresca como compuestos aromáticos y alifáticos, donde cada uno al sufrir una degradación genera compuestos simples, azúcares y aminoácidos respectivamente, mismos que al ser sometidos a diferentes tratamientos como mineralización, humificación, oxidación y polimerización producen compuestos minerales, compuestos húmicos y núcleo polimerizado y de este último parámetro se genera ácidos fúlvicos y ácidos húmicos.

## 4 ECONOMÍA

### 4.1 Producto Interno Bruto Ecuatoriano

De acuerdo a los criterios emitidos por (Sosa, 2018) El Fondo Monetario Internacional (FMI) pronostica que el Producto Interno Bruto del Ecuador es 2.5% en 2018 y 2.2% en 2019. El crecimiento del PIB ecuatoriano está fomentado en la exportación de productos agrícolas como brócoli orgánico, cacao fino de aroma, banana, flores, camarón y atún principalmente. Todos estos parámetros se ven reflejados en los actuales balances económicos del país.

**Tabla 8. Producto interno bruto petrolero y no petrolero**

<b>PRODUCTO INTERNO BRUTO PETROLERO Y NO PETROLERO</b>				
<b>Variable</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
	<b>(prev)</b>	<b>(prev)</b>	<b>(prev)</b>	<b>(prev)</b>
<b>Miles de dólares de 2007</b>				
<b>PIB ramas petroleras</b>	7.401.161	7.768.046	7.571.413	7.750.621
<b>PIB ramas no petroleras</b>	60.140.705	60.852.975	62.731.964	64.338.623
<b>Otros elementos del PIB</b>	2.269.490	2.305.983	2.320.810	2.345.810
<b>PIB total</b>	69.811.356	70.927.005	72.624.187	74.435.054
<b>Tasas de variación (a precios de 2007)</b>				
<b>PIB ramas petroleras</b>	0.63	4.96	-2.53	2.37
<b>PIB ramas no petroleras</b>	0.72	1.18	3.09	2.56
<b>Otros elementos del PIB</b>	0.71	1.61	0.64	1.08
<b>PIB total</b>	0.71	1.60	2.39	2.49

**Fuente:** (Banco Central del Ecuador, 2017)

En cuanto a la balanza comercial del Ecuador indica que entre el 2017 – 2020 habría una balanza comercial positiva, lo que indica que el país tendrá mayor ingreso de divisas y menor salida de las mismas, fomentando de este modo una buena sostenibilidad en el país.

**Tabla 9. Balanza comercial del Ecuador**

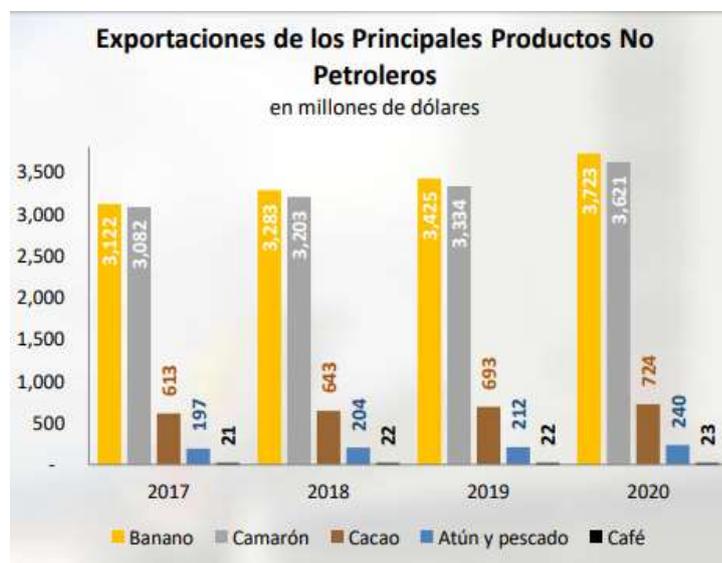
<b>BALANZA COMERCIAL</b>			
<b>(Millones de dólares)</b>			
<b>Años</b>	<b>Exportaciones</b>	<b>Importaciones</b>	<b>Balanza Comercial</b>

2017	19,066	17,649	1,417
2018	20,528	18,885	1,644
2019	21,334	20,102	1,233
2020	23,448	21,190	2,258

Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2017)

#### 4.2 Producto Interno Bruto agrícola

Figura 8. Exportaciones de los principales productos no petroleros



Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2017)

En la figura 8 se puede observar los productos que son exportados por el Ecuador, desde el año 2017 hasta proyecciones en el año 2020. En toda la tabla se puede apreciar que los productos de mayor exportación son el banano y el camarón con una diferencia mínima entre ellos. Todas las exportaciones no petroleras servirán de soporte económico comprobado para el país hasta el 2020, pero si la agricultura sigue creciendo con las normas de calidad suficientes para mantener la exportación el país mantendrá una sostenibilidad económica basada en la exportación de productos agrícolas no petroleros.

**Figura 9. Importaciones por tipos de productos**



Fuente: (Banco Central del Ecuador, 2017)

En la figura 9 se puede palpar que el Ecuador en el año 2020 va a incrementar la importación de materias primas, bienes de consumo, bienes de capital y combustibles y lubricantes; este fenómeno se puede frenar si el país incentiva al crecimiento industrial para que las materias primas del país no salgan del mismo y que las industrias sean capaces de transformar la materia prima en productos terminados; además también la importación se verá influenciada por la innovación de productos y servicios propios del país.

#### 4.3 Valor económico de la caña de azúcar

De acuerdo a (Agroproductividad, 2017) El valor económico de la caña de azúcar se basa en tres atributos:

- Es una especie altamente productiva
- Es muy eficiente en el uso de insumos y recursos productivos
- Puede ser procesada de manera local y generar productos con valor agregado, tales como sacarosa, melaza, etanol y energía, todos ellos de fácil manejo, almacenamiento y transporte.

#### 4.4 Costes del fertilizante orgánico

Con el fin de dar a conocer los costes de un proceso de compostaje en la siguiente tabla se compara el valor económico de un fertilizante orgánico y el valor de mercado de un compost y de varios fertilizantes simples. (Urea, Superfosfato simple y Cloruro potásico)

**Tabla 10. Costo inicial del compost en relación a un fertilizante comercial.**

Fertilizantes	Coste de 1 Tonelada	Nutrientes por tonelada
<b>Compost</b>	50 USD	15 kg de N, 10kg de P, y 10Kg de K
<b>Urea</b>	393 USD	460 kg de N
<b>Superfosfato simple</b>	435 USD	88 kg de P
<b>Cloruro potasio</b>	395 USD	498 kg de K

Fuente: (Pilar,R. Maria,M. & Alberto,P., 2015)

Por lo tanto en el siguiente cuadro se detalla el coste unitario de cada uno de los nutrientes del compost.

**Tabla 11. Costo final del compost en relación a un fertilizante comercial.**

<b>Nutriente</b>	<b>Compost</b>	<b>Urea</b>	<b>Superfosfato Simple</b>	<b>Cloruro Potasio</b>
<b>N</b>	3,33 USD/ kg	0.85 USD/kg		
<b>P</b>	5 USD/ kg		4,94 USD/kg	
<b>K</b>	5 USD/ kg			0,79 USD/kg
<b>Total</b>	<b>13,33 USD</b>	<b>6,58 USD</b>		

**Fuente:** (Pilar,R. Maria,M. & Alberto,P., 2015)

En la tabla 11 se observa de manera detallada que el compost tiene un precio mayor ya que influye el contenido de N( Nitrógeno), P (fósforo y , K (Potasio) que los fertilizantes minerales. Se debe tener en cuenta no solo el coste económico en su aplicación puesto que en el mercado el precio de 1 kg de compost oscila entre los 13,33 USD dólares americanos, sin embargo también es importante considerar los beneficios adicionales que proporciona el compost orgánico a un determinado suelo, como es el contenido en micronutrientes o el contenido en materia orgánica.

## **Conclusiones**

La agroindustria a nivel global y nacional a crecido, porque sus ejes de acción están involucrados en los objetivos fundamentales de sostenibilidad global, cabe mencionar que el sector agroindustrial es un pilar económico fundamental del país porque tiene la capacidad de transformar los productos agrícolas, ganaderos, forestales y pesqueros primarios en productos finales con características óptimas para su consumo.

En el territorio nacional el compost aún no ha tenido una época de auge como en otros países específicamente hablando de los países Europeos, este aspecto está enfocado a la diferencia cultural que representa cada país. El compost es considerado un remedio para la tierra, ya que le devuelve una buena cantidad de nutrientes que está necesita, motivo por el cual se está tratando de implementar la agricultura ecológica, es decir, cultivar con compost. En estudios recientes se ha descubierto que el mismo ecosistema fabrica su propio compost para recuperar los minerales que ha perdido, este autoabastecimiento de compost se ve reflejado cuando las plantas empiezan a fenecer por la carencia de minerales que presenta el suelo cultivado.

Entre los tipos de compost los principales son el compost doméstico y el compost industrial, los dos tienen un fin en común que es disminuir la contaminación ambiental, reduciendo los gases de efecto invernadero provocado por los pesticidas, plaguicidas y diferentes productos químicos aplicados en la producción de caña de azúcar. Tomando en cuenta que al utilizar compost a base de residuos generados en la agroindustria cañera del país se reduce el impacto ambiental, varios ingenios actualmente se encuentran industrializando sus propios desechos para obtener fuentes económicas adicionales para la empresa y el país, además que cumplen los parámetros establecidos por la legislación vigente para el cuidado medioambiental y de este modo garantizar la sostenibilidad económica del territorio nacional.

Para la obtención de compost los residuos agroindustriales cañeros deben pasar tres fases para convertirse en compost de calidad, iniciando con materia orgánica viva hasta obtener un compost con características idónea para ser empleado en un cultivo. Entre sus características principalmente debe ser capaz de mantener la humedad relativa del suelo, debe poseer minerales que el suelo y el cultivo necesiten para generar mejores y mayores cantidades de producción, debe ser capaz de regular y mantener un pH óptimo y principalmente debe tener solo lo que el suelo necesite es decir no debe presentar un exceso de minerales, de humedad, etc, porque si es de este modo el suelo va a sufrir una desertificación por sobresaturación de componentes que no necesita.

En cuanto a la sostenibilidad económica del país, actualmente no se encuentra estable, aunque las Naciones Unidas consideran al territorio ecuatoriano un modelo de desarrollo sostenible, la poca estabilidad económica se debe a la caída del precio del petróleo y a la falta de explotación de recursos primarios, por los datos presentados en el PIB petrolero en el año 2018 el precio vario en 4,96 pero en las proyecciones planteadas para el año 2019 el producto petrolero tendrá una caída del -2,53%. De acuerdo a las proyecciones realizadas por el Banco Central del Ecuador, el país a partir del año 2017 ha ido incrementando la exportación de productos no petroleros como: el banano, camarón, atún, pescado, cacao y café; esto genera un enfoque al aprovechamiento y explotación de los residuos de la agroindustria cañera, en un futuro el territorio nacional será capaz de exportar compost completamente orgánico y con sellos de calidad internacional, este residuo orgánico será de calidad porque la materia prima (desechos de la industrialización de la caña de azúcar) tiene varias propiedades benéficas para el suelo, pero únicamente si es correctamente tratada para su elaboración. Cabe recalcar que el país tiene una gran cantidad de desechos de la agroindustria cañera, al igual que del resto del sector agrícola, ganadero, forestal y pesquero; motivo por el cual una industria enfocada en la elaboración de compost tendría éxito a nivel nacional e internacional y también colaboraría con la sostenibilidad económica de la zona geográfica descrita anteriormente porque el costo del producto final (compost) no es muy diferente al de los fertilizantes comerciales inorgánicos, ya que solo presentan una diferencia monetaria de alrededor de 5 dólares americanos entre estos dos productos.

## Bibliografía

- Agencia de Residuos de Cataluña. (2016). *Esta Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje*. Obtenido de Esta Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje:  
[http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/residus\\_municipals/GuiaPC\\_web\\_ES.pdf](http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/residus_municipals/GuiaPC_web_ES.pdf)
- Agroproductividad. (Noviembre de 2017). La diversificación de la agroindustria azucarera como estrategia para México. *Índice de revistas Mexicanas de divulgación científica y tecnológica*, 10(11), 8.
- Banco Central del Ecuador. (17 de agosto de 2017). *BCE*. Recuperado el 21 de 07 de 2018, de <file:///D:/Desktop/PREVISIONES-MACROECONOMICAS-2017-2020.pdf>
- Banco Mundial. (04 de 04 de 2017). *Agricultura y alimentos*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview>
- CFN. (2017). *Cultivo de caña de azúcar - 2016*.
- CINCAE. (2017). *Informe Anual 2016*. CINCAE, El Triunfo, Ecuador.
- Cundiff, J., & Markin, K. (2015). Dynamics of Biological Systems. *American Society of Agricultural Engineers*.
- Escutia, M. (2016). *Compostadores*. Recuperado el julio de 21 de 2018, de <http://www.compostadores.com/descubre-el-compostaje/la-sostenibilidad-del-compostaje/185-el-papel-del-compost-dentro-de-la-agricultura-biologica.html>
- Fabian. G. Miguel, P. & Ivonne C. (Febrero de 2017). Efecte of sugar production residues at compost height. *Revista Científica ECOCIENCIA*.
- FAO. (2015). Recuperado el 21 de 07 de 2018, de <http://www.fao.org/3/a-i4373s.pdf>

- FAO. (2015). *Producción, consumo y relación existencias-usos del azúcar*. Obtenido de Producción, consumo y relación existencias-usos del azúcar: <http://www.fao.org/3/a-i4738s.pdf>
- FAO. (2016). EL ESTADO. FAO.
- Gavilanes, I. (2016). *Sostenibilidad del sector agroindustrial de Ecuador*. Recuperado el 2018, de Sostenibilidad del sector agroindustrial de Ecuador: <file:///C:/Users/Personal/Downloads/T-SENESCYT-01392.pdf>
- Gumusio Aguirre. (2016). *Análisis Macroempresarial*. Recuperado el 15 de Julio de 2018, de [www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl). Pdf.
- Irene del Carmen Gavilanes. (16 de Mayo de 2016). *Sostenibilidad del sector agroindustrial de Ecuador*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=60918>
- Jesús Martín Cabezas. (2015). Ventajas del Compostaje . *Amigos de la tierra* , 11.
- Labrador, J. (2001). La materia orgánica en los agrosistemas (Ministerio). *Ediciones Mundi Prensa*.
- López, M., Huerta, O., Martínez, X., & Soliva, M. (21 de 12 de 2017). Recuperado el 21 de 07 de 2018, de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/11637/S1\\_C6.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/11637/S1_C6.pdf)
- Mario González. (2015). *La agroindustria cañera cubana*. Obtenido de [http://www.gc.cuny.edu/CUNY\\_GC/media/365-Images/SugarEbook.pdf](http://www.gc.cuny.edu/CUNY_GC/media/365-Images/SugarEbook.pdf)
- Mustin, Paul, Clark. (Martes de Mayo de 2018). *Le Compost, Gestion de la Matière organique*. Obtenido de Bibliotecaorton: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5955/A2037e.pdf?squence=1&isAllowed=y>
- NTC 5167. (Martes de Mayo de 2011). *Productos para la industria agrícola Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo*. Obtenido de Productos para la industria agrícola Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo : <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5167.pdf>
- Oficina de asesoramiento y control del compost de Andalucía. (2015). Recuperado el 21 de 07 de 2018, de [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Calidad\\_Ambiental/Gestion\\_De\\_Los\\_Residuos\\_Solidos/compost/compost\\_domestico.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Calidad_Ambiental/Gestion_De_Los_Residuos_Solidos/compost/compost_domestico.pdf)
- Ospina, C. (2016). *Influencia de la aplicación de la caña de azúcar*. Recuperado el 2018, de Influencia de la aplicación de la caña de azúcar : [http://bdigital.unal.edu.co/54465/1/2016-Isabel\\_Cristina\\_Ospina.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/54465/1/2016-Isabel_Cristina_Ospina.pdf)
- Ospina, I. (2016). *Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el Julio de 2018, de [http://bdigital.unal.edu.co/54465/1/2016-Isabel\\_Cristina\\_Ospina.pdf](http://bdigital.unal.edu.co/54465/1/2016-Isabel_Cristina_Ospina.pdf)
- Pérez, H., Santana, I., & Rodríguez, I. (2016). *MST en la producción de Caña*. Recuperado el 31 de Mayo de 2018, de MST en la producción de Caña : <file:///C:/Users/Personal/Downloads/15MANEJOSOSTENIBLEDELATIERRAENLAPRODUCCIONDECAADEAZUCARVOLI.pdf>
- Pilar, R. María, M. & Alberto, P. (2015). *Experiencias en América Latina*. Recuperado el 24 de Julio de 2018, de Manual del compostaje del agricultor: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- R, C., Yelitza, K., M, M. ..., & Ana. (2016). *Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento*. Obtenido de Residuos agroindustriales su impacto, manejo y

aprovechamiento: file:///C:/Users/Personal/Downloads/530-  
Texto%20del%20art%C3%ADculo-1328-1-10-20170508%20(1).pdf

Ramos Casselis M. (2015). *Comunicación institucional BUAP*. Obtenido de [http://cmas.siu.buap.mx/portal\\_pprd](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd).

Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 21 de 07 de 2018, de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Santander . (27 de 10 de 2017). *Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero Santander México*. Obtenido de Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero Santander México: <https://www.santanderpyme.com.mx/detalle-noticia/el-futuro-de-la-agroindustria.html>

Siles, J. (1998). *El manejo de desecho de broza con lombrices californ*. Turrialba , Costa Rica : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Sosa, G. (17 de abril de 2018). El Producto Interno Bruto del Ecuador crecerá 2.5 por ciento en 2018. *El Ciudadano* .