UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA:

PROPUESTA DE UN MODELO DE BIOECONOMÍA CIRCULAR A PARTIR DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DE LAS PLANTACIONES DE PITAHAYA (*Selenicereus sp*.) DEL CANTÓN PALORA, MORONA SANTIAGO.

AUTORES:

TANIA MARIBEL QUINTANILLA CANDO

LOURDES GIMENA TIGRE YANZA

DIRECTOR DEL PROYECTO/TRABAJO: MSC. KAREL DIÉGUEZ SANTANA

PASTAZA – ECUADOR

2020-2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Nosotras, Quintanilla Cando Tania Maribel y Tigre Yanza Lourdes Gimena con cédulas de identidad 2100768346, 1400555940 respectivamente, hacemos constar que somos los autores del Proyecto de Investigación titulado: **"Propuesta de un modelo de bioeconomía circular a partir de los residuos orgánicos provenientes de las plantaciones de pitahaya (*Selenicereus sp*.) del cantón Palora, Morona Santiago"**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Msc. Karel Diéguez Santana.

En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 20 días del mes de enero del 2021.





Quintanilla Cando Tania Maribel	Tigre Yanza Lourdes Gimena
CI: 2100768346	CI: 1400555940

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación titulado **"Propuesta de un modelo de bioeconomía circular a partir de los residuos orgánicos provenientes de las plantaciones de pitahaya (*Selenicereus sp.*) del cantón Palora, Morona Santiago"**



_____

Dr. Dalton Pardo Enríquez PhD.

Presidente del Tribunal



_____

MSc. Jessica Alexandra Machado Cuzco

Miembro del Tribunal



_____

MSc. Danilo Pedro Sarabia

Miembro del Tribunal

CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTI PLAGIO

Quien suscribe el presente Msc: Karel Diéguez Santana con CI: 1756444129, certifica que el Proyecto de Investigación titulado: **"Propuesta de un modelo de bioeconomía circular a partir de los residuos orgánicos provenientes de las plantaciones de pitahaya (*Selenicereus sp*.) del cantón Palora, Morona Santiago"**, ha sido examinado a través del sistema Antiplagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del %.

En el cantón Pastaza, a los 20 días del mes de enero de 2021.



_____

Msc: Karel Diéguez Santana

Director del Proyecto de Investigación

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotras, Tania Maribel Quintanilla Cando y Lourdes Gimena Tigre Yanza, declaramos que el presente proyecto de investigación, es de nuestra autoría y que los resultados obtenidos del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.





Quintanilla Cando Tania Maribel	Tigre Yanza Lourdes Gimena
CI: 2100768346	CI: 1400555940

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios y mamita Virgen por haberme brindado salud, bienestar y sabiduría para poder culminar mis estudios y convertirme en una profesional.

A mis padres GABRIEL QUINTANILLA y MIRIAN CANDO por todo el esfuerzo que realizaron durante este tiempo, por la paciencia, por el ánimo que día a día me han brindado durante todo este tiempo de estudio y por la confianza que depositaron en mí y cada uno de sus consejos que me brindaron para ser una persona de bien.

A mi novio ROBINSON AMBULUDI por haber llegado a mi vida en un momento tan importante y ser parte de ella, por su apoyo incondicional, por sus consejos, por sus palabritas de aliento y de motivación para seguir adelante.

Mi agradecimiento al MSC. KAREL DIEGUÉZ por todo el apoyo brindado en mi etapa de estudios universitarios, por ser un docente con un gran conocimiento, por su predisposición y gran ayuda para ejecutar el presente proyecto.

A mi amiga y colega GIMENA TIGRE por su amistad en todos estos años y ser una gran amiga.

Maribel Q.C

"La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo."

Nelson Mandela

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis de tercer nivel es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justa y consecuente con aquellas personas que formaron parte de este sueño, expresándoles mis agradecimientos.

En primer lugar, agradecer a Dios y a la virgencita por todas sus bendiciones y pruebas de fe colocadas en cada etapa de este proceso, por ser la fuerza motora para superar cada obstáculo que se me presento.

A mis Padres, Luis y Flor, que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez por su apoyo y paciencia en este proyecto de estudio.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis hermanos, en especial mi hermana Diana que, con sus palabras y apoyo incansable, me hacían sentir orgullosa de lo que soy y de lo que puedo llegar a ser. Ojalá algún día yo me convierta en tu fuerza para que puedas seguir avanzando en tu camino a superarte; Diana lo logramos.

A mi compañera de tesis Maribel, por ser su amistad durante toda la carrea, y por su apoyo incondicional; Gracias, Maribel. Lo logramos.

De forma general a la Universidad Estatal Amazónica y en especial agradezco a mi director de tesis, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo; además de cada uno de los profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichosa y contenta.

Y dar gracias a los lectores que tomen el presente trabajo como base para seguir impulsando y fomentando la investigación. A todos, gracias mil.

Gimena Tigre

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente logro a Dios por darme la bendición de poder culminar mis estudios ya que gracias a él todo es posible y me ha permitido llegar a estas instancias.

A mis padres GABRIEL QUINTANILLA y MIRIAN CANDO por brindarme su amor, cariño y apoyo incondicional, por sus consejos y siempre estarme alentándome en cada momento para salir adelante, gracias a ustedes logré convertirme en la persona que soy hoy en día.

A mi novio ROBINSON AMBULUDI por brindarme su apoyo, cariño, paciencia y comprensión en todo momento.

A mi hermana GLENDA QUINTANILLA y WILLIAN QUINTANILLA por haber estado allí presentes en cada momento y ser mis amigos incondicionales.

Maribel Q.C

Dedico esta tesis a mi papá y mamá, quienes con cariño y con esfuerzo me brindaron su apoyo durante toda mi etapa de formación, sin dudar en ningún instante en ver realizados mis sueños, que también son los suyos.

A mi hermana Diana, quien ha sido mi soporte en las dificultades y quien me ha brindado su apoyo incondicional tanto económicamente como moralmente.

A mi hermana Alexandra, a mi hermano Fernando y a mi pequeña Daniela, quienes siempre me han estado dando ánimos para no rendirme.

A mi compañera de tesis Maribel, quien con su ayuda incondicional estuvo siempre ahí para sacar adelante nuestro proyecto.

A Fernando, quien ha sido un gran apoyo, y por siempre darme ánimos y creer en mí.

Para ellos va esta dedicatoria, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

Gimena Tigre

RESUMEN

En el cantón Palora provincia de Morona Santiago existen alrededor de 2,000 hectáreas de pitahaya que generan una gran cantidad de residuos orgánicos. Por esta razón el presente proyecto se enfocó en plantear un modelo de bioeconomía circular para el aprovechamiento de los residuos orgánicos provenientes de plantaciones de pitahaya del cantón. Para ello se consultaron las diversas fuentes de datos agrícolas disponibles y se seleccionó una finca de estudio para identificar los diferentes residuos orgánicos generados en las plantaciones. Además, se emplearon estudios de la literatura con la finalidad de diseñar un modelo de bioeconomía circular aplicable a las condiciones del cantón. Los resultados obtenidos muestran que los restos de cosechas y las frutas dañadas se desechan a la intemperie y sin ningún aprovechamiento pueden alcanzar los 27,560 kg/año de residuos por hectáreas; por lo que, la valorización y aplicación de procesos de biorrefinería puede ser una estrategia atractiva para lograr una circularidad de las plantaciones. El aprovechamiento de la biomasa por hectárea de cultivo puede generar nuevos subproductos como biocombustibles (623.200 m^3/año de metano), polímeros (13,780 kg/año de coagulantes que empleado a concentraciones de 50 mg/L, podrían emplearse para depurar 275,600 m^3/año de agua) y biomateriales (compost, 9,289.9 kg/año de compost). En conclusión, la implementación de un modelo de bioeconomía circular en el aprovechamiento de los residuos orgánicos provenientes de las plantaciones de pitahaya ayudaría a desarrollar un nuevo modelo de economía, que permita a los productores agrícolas aprovechar los residuos orgánicos y contribuir a la sostenibilidad y conservación de la biodiversidad.

Palabras claves: *pitahaya, residuos orgánicos, biorrefinería, bioeconomía circular, biocombustibles, biomateriales, biopolímeros*

ABSTRACT

In the canton of Palora, province of Morona Santiago, there are around 2,000 hectares of pitahaya plantations that generate a large amount of organic waste. For this reason, this project focused on proposing a circular bioeconomy model for the use of organic waste from pitahaya plantations in the canton. For this purpose, the various sources of agricultural data available were consulted and a study farm was selected to identify the different organic waste generated in the plantations. In addition, literature studies were used in order to design a circular bioeconomy model applicable to the conditions of the canton. The results obtained show that crop residues and damaged fruit are discarded in the open and without any use, can reach 27,560 kg/year of waste per hectare; therefore, the valorization and application of biorefinery processes can be an attractive strategy to achieve a circularity of the plantations. The use of biomass per hectare of cultivation can generate new by-products such as biofuels (623,200 m^3 of methane), polymers (13,780 kg of coagulants used at concentrations of 50 mg/L, which could be used to purify 275,600 m^3 of water) and biomaterials (compost, 9,289.9 kg of compost). In conclusion, the implementation of a circular bioeconomy model in the use of organic waste from pitahaya plantations would help to develop a new economic model that allows agricultural producers to make use of organic waste and contribute to sustainability and biodiversity conservation.

Keywords: *pitahaya, organic waste, biorefinery, circular bioeconomy, biofuels, biomaterials, biopolymers*

Tabla de contenido.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN ***1***

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 4

1.2 OBJETIVOS 5

1.2.1 GENERAL 5

1.2.2 ESPECÍFICOS. 5

1.3 HIPÓTESIS 5

1.4 JUSTIFICACIÓN 6

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA ***7***

2.1 TAXONOMÍA DE LA PITAHAYA 7

2.2 MATERIA PRIMA 10

2.3 BIOECONOMÍA 12

2.4 BIOECONOMÍA CIRCULAR 14

2.5 BIOECONOMÍA Y LA AGENDA DE DESARROLLO 2030 15

2.6 BIORREFINERÍA 17

2.7 BIOPRODUCTOS 19

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. ***22***

3.1 LOCALIZACIÓN. 22

3.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN 22

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN 23

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS ***26***

4.1 Identificación de los residuos orgánicos generados de las plantaciones de pitahaya. 26

4.2 Criterios considerados en el diseño del modelo de bioeconomía circular a partir de los residuos de la pitahaya. 28

4.3 Potencialidades de la bioeconomía como tecnología viable dentro del tratamiento de residuos orgánicos de los cultivos de pitahaya. 32

CONCLUSIONES ***38***

RECOMENDACIONES ***39***

REFERENCIAS ***40***

ANEXOS ***48***

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Clasificación taxonómica de la pitahaya a nivel de taxa superior* *7*
Tabla 2 *Propiedades físico-químicas de la piel de pitahaya* *9*
Tabla 3 *Componentes de carbohidratos de la cáscara de la pitahaya* *9*
Tabla 4 *Principales procesos y bioproductos actuales generados a partir de residuos orgánicos.* *24*
Tabla 5 *Residuos semestrales generados porhectáreas de pitahaya de 5 años de producción finca IKERSITO..* *27*
Tabla 6 *Composición y rendimientos específicos de metano* *33*
Tabla 7 *Estimación de la cantidad de nutrientes y componentes que pudieran recuperarse por el aprovechamiento de los residuos de pitahaya y la elaboración de compost.* *34*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Jerarquía en el manejo de residuos* *11*
Figura 2 *Elementos de la bioeconomía* *13*
Figura 3 *Bioeconomía y la Agenda de Desarrollo 2030* *16*
Figura 4 *Cadenas de Valor de origen biológico integradas.* *17*
Figura 5 *Ubicación de las plantaciones de Pitahaya en el cantón Palora- Morona Santiago* *22*
Figura 6 *Representación esquemática de la Biomasa Orgánica de la Pitahaya, mediante procesos de Biorrefineria a productos finales.* *29*
Figura 7 *Modelo de bioeconomía Circular en las plantaciones de Pitahaya.* *30*

ÍNDICE DE ECUACIÓNES

Ecuación 1 *Produción de Residuos Orgánicos en las plantaciónes de Pitahaya cantón Palora.* *27*
Ecuación 2 *Producción de metano en las plantaciones de Pitahaya.* *33*
Ecuación 3 *Producción de compost en las plantaciones de pitahaya.* *35*

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 *Podas periódicas realizadas en las plantaciones de Pitahaya.* *48*
Anexo 2 *Residuos Orgánicos provenientes de las plantaciones de pitahaya (pencas).* *48*
Anexo 3 *Acumulación de Residuos orgánicos en las áreas aledañas a las plantaciones de pitahaya.* *49*
Anexo 4 *Residuos orgánicos (fruta) desechada a la interperie.* *49*

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La agricultura ha estado presente desde el principio de nuestra era, la humanidad vivía de los productos que les ofrecía la naturaleza; pero alrededor de 10,000 años el hombre comenzó a cultivar la tierra, comenzó a implementar técnicas de cultivos porque lo que se venía haciendo no era suficiente para alimentar la población que iba creciendo. Así como incrementaba la producción agrícola también lo hacían sus residuos, a los cuales no se le daba un aprovechamiento adecuado y todo el poder nutritivo y potencial energético se desperdiciaban; es por esta razón que en la actualidad se ha buscado alternativas para su aprovechamiento dándoles un valor mediante la aplicación de diferentes mecanismos de transformación de la materia, ya que pueden ser fuente de vida nueva, aportando energía y renovación de materia orgánica y nutrientes (Nunez y Colmenero, 2011).

Las explotaciones agrícolas, causan problemas tanto como medio ambientales, sociales y de salud. Es por ello que es necesario implementar algún modelo para aprovechar los residuos que se generan den las grandes y pequeñas plantaciones. Aun que los políticos comunitarios y nacionales destinen importantes fondos para el sostenimiento de la agricultura no se consiguen contrarrestar los impactos ambientales (Josep, 2007).

La demanda de recursos a escala global actualmente supera la capacidad de producción biológica de la Tierra en un 20 %, debido a unos niveles de consumo no sostenibles, generando un impacto global. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) aboga por reducir el consumo de recursos naturales a niveles sostenibles y realizar una mejor gestión y utilización de los recursos a nivel mundial (Villarán, Chávarri, Dietrich, y Rodríguez, 2018). Se estima que para el año 2050, la población crecerá en más del 50%, la cual necesitará un 70% más de alimentos y un 100% más de energía de los que existe hoy en día (Mahjoub y Domscheit, 2020).

En la actualidad los residuos han sido una carga en la sociedad ya que su acumulación ha generado diferentes problemas medio ambientales y su aprovechamiento en productos valiosos se están convirtiendo en una oportunidad; generando un punto de partida para su valorización (Diéguez-Santana, Sarduy-Pereira, y Decker, 2021).

Los residuos orgánicos hoy en día, se están convirtiendo cada vez más en un recurso valioso con el potencial de impulsarse significativamente hacia una bioeconomía circular sostenible (Rodríguez, 2017). Recientemente, se han logrado avances importantes en la elaboración de nuevos productos de valor agregado y energía a partir de diferentes tipos de residuos orgánicos, ya que principalmente están constituidos en carbohidratos (celulosa, hemicelulosas, lignina, almidón y azúcares), proteínas, aceites / grasas y minerales; en los cuales la digestión anaeróbica y el compostaje son las tecnologías mas accesibles en la que los residuos agrícolas se procesan en productos a un menor valor agregado (Mahjoub y Domscheit, 2020).

El implementar una bioeconomía circular es una vía óptima de sostenibilidad, basada en una economía no lineal encaminada a salvaguardar la biodiversidad de la tierra y optimizar los recursos, reducir la cantidad de residuos y la contaminación generada por la actividad humana; cuyo objetivo es dar a los productos, los materiales y los recursos resultantes de un proceso productivo, un nuevo valor que se puedan mantener en la economía durante el mayor tiempo posible, buscando cerrar los ciclos biológicos; abordando prioridades ambientales urgentes, puesto que es estudiada para solucionar los problemas actuales. Las biorrefinerías juegan un papel fundamental en el establecimiento de la bioeconomía**,** ya que el residuo orgánico es empleado en las cadenas de valor de base biológica, en el cual, manejando apropiadamente el procedimiento y el enfoque sistémico, los diferentes tipos de residuos orgánicos son transformados en diversos productos de bioenergía (biogás, gas de síntesis, metano, bioaceite, carbón, hidrógeno, electricidad, biomateriales, biofertilizantes, coagulantes/floculantes) (Mahjoub y Domscheit, 2020).

Actualmente toda actividad agrícola genera cantidades preocupantes de residuos a las que no se les da un tratamiento adecuado. En el presente proyecto se presentan alternativas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en las plantaciones de pitahaya del Cantón Palora, provincia de Morona Santiago. Debido a que el continuo crecimiento de esta producción agrícola está ocasionando un excesivo aumento de materia orgánica como desecho.

Mediante la adecuada aplicación de una jerarquía de aprovechamiento a los residuos orgánicos (pencas, frutas) generados en las plantaciones de pitahaya, y la aplicación de tecnologías adecuadas que permite la oportunidad recuperar estos compuestos para su aplicación como materia prima y darles un uso sostenible, permitiendo así alimentar a una bioeconomía circular mediante procesos mecánicos/físicos y biológicos para la obtención de biomateriales y biofertilizantes (Duan *et al.*, 2020).

Una de las opciones para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, es la elaboración de Floculantes Coagulantes orgánicos, los cuales son utilizados comúnmente para la clarificación de diferentes tipos de aguas residuales. Otra, es la elaboración de compost utilizado en las propias plantaciones. Estas actividades generarán una bioeconomía circular de gran importancia para este sector agro-productivo (Marmolejo *et al.*, 2009).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El crecimiento acelerado de las plantaciones de pitahaya (*Selenicereus sp*.) y la gran cantidad de desechos orgánicos generados, han ocasionado una problemática notoria en el Cantón Palora provincia de Morona Santiago. Esto asociado en gran medida por la ausencia de prácticas adecuadas por los agricultores, como el mal manejo integrado de los residuos orgánicos por la falta de iniciativas y alternativas de aprovechamiento, lo que ha traído consigo repercusiones negativas hacia el medio ambiente y un bajo desarrollo de las prácticas agronómicas en las plantaciones (Dieguez-Santana, Zabala-Velin, Villarroel-Quijano, y Sarduy-Pereira, 2020).

Las extensas plantaciones de pitahaya producen grandes cantidades de residuos orgánicos, los cuales son arrojados a campo abierto; siendo un punto crítico de acumulación de desperdicios y foco de muchos vectores, ocasionando así daños a la salud de las personas, las plantaciones y por ende a la calidad del producto. Los pequeños y grandes productores de pitahaya no han sido capaces de enfrentar esta problemática de una forma adecuada, debido a la limitada capacidad técnica y la escasez de estudios relacionados con el aprovechamiento de los residuos orgánicos provenientes de las plantaciones de pitahaya; otro factor influyente son los bajos recursos económicos los cuales no permiten cubrir el tratamiento de los mismos, es por esta razón que se motiva en este proyecto a plantear la pregunta ¿ Cuáles son las alternativas más convenientes a aplicar en un modelo de bioeconomía circular, para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la pitahaya en el cantón Palora, provincia de Morona Santiago?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GENERAL

Plantear el modelo de bioeconomía circular para el aprovechamiento de los residuos orgánicos provenientes de plantaciones de pitahaya del cantón Palora, Morona Santiago.

1.2.2 ESPECÍFICOS.

- Identificar los diferentes residuos orgánicos generados en las plantaciones de pitahaya.
- Diseñar un modelo de bioeconomía circular a partir de los residuos de la pitahaya para generar subproductos con un valor añadido.
- Definir a la bioeconomía como una tecnología viable para el tratamiento de residuos orgánicos de los cultivos de pitahaya, en el cantón Palora.

1.3 HIPÓTESIS

Al plantear un modelo de bioeconomía circular mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en las plantaciones de pitahaya, genera nuevos subproductos manteniendo una sostenibilidad medioambiental.

Variable dependiente: subproductos (biomateriales, biofertilizantes)

Variables independientes: residuos orgánicos de la pitahaya

1.4 JUSTIFICACIÓN

La pitahaya, debido a su alto contenido nutricional; actualmente es muy demandada en diferentes países del mundo. El cantón Palora, es catalogado como el principal productor Ecuatoriano con un 70% de la cosecha nacional, siendo su producto exportado a Asia, Unión Europea y Estados Unidos. Actualmente se estima que existe alrededor de 2,500 hectáreas de cultivo de pitahaya, con la participación de aproximadamente 745 productores registrados en el Ministerio de Agricultura y Ganadería (Maisanche, 2020). Es por ello que los habitantes del cantón Palora han visto en su cultivo un negocio rentable, ya que no requiere de una tecnología muy compleja.

La rápida expansión del monocultivo de pitahaya, el incremento de la cantidad de residuos orgánicos generados, sin una gestión y sin una disposición final adecuada (Dieguez-Santana, Zabala-Velin, Villarroel-Quijano, y Sarduy-Pereira, 2020); han sido factores importantes para realizar esta investigación, centrándose en plantear un modelo de aprovechamiento de los residuos orgánicos provenientes de los cultivos de pitahaya; en la cual se realizará por medio de estudios bibliográficos, los cuales provengan de fuentes que garanticen información veraz; también de artículos científicos, los cuales aborden temas similares que sean de gran ayuda para el desarrollo de la siguiente investigación. Para la ejecución de este estudio manifestaremos a la bioeconomía circular, como punto clave para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la pitahaya. Además, se basará en los fundamentos de las biorrefinerías de residuos, lo que permitirá describir los productos que pueden ser obtenidos, y generar un impacto ambiental positivo al reusar y reciclar estos residuos (Duan *et al.*, 2020).

La fusión de los principios de biorrefinería con la bioeconomía circular nos conllevará a revalorizar los subproductos generados de las plantaciones, obtener bioproductos de un alto valor agregado, los cuales pueden ser aprovechados directamente en las mismas plantaciones, reducir el impacto ambiental y generar una sostenibilidad medioambiental. Por otra parte, el desarrollo de nuevas tecnologías permitirá la evolución de una sociedad más sostenible, donde los recursos naturales sean utilizados de una forma más eficiente y a la vez realizar el aprovechamiento de residuos obtenidos a lo largo de las cadenas productivas. Adicionalmente, se podrán minimizar los impactos ocasionados en el ambiente y generar nuevos ingresos a los pequeños y grandes productores agrícolas del Cantón Palora.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.5 TAXONOMÍA DE LA PITAHAYA

El estudio de la taxonomía de las cetáceas ha sido muy confuso, en 1984 "The International Cactaceae Systematics Group" apoyado por "Royal Botanic Garden" (ICSG) de Kew plantearon la siguiente clasificación:

Tabla 1 *Clasificación taxonómica de la pitahaya a nivel de taxa superior*

Clasificación taxonómica de la pitahaya a nivel de taxa superior	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Súper división	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht.
Suborden	Caryophyllanae Takht.
Orden	Caryophyllales Juss. ex Bercht& J. Presl
Familia	Cactaceae Juss.
Género	Selenicereus (A. Berger) Britton & Rose
Especie	Selenicereus sp.(K. Schum. ex Vaupel) Moran

Tomado de: *(Vargas et al., 2020)*

La pitahaya es una cetácea trepadora, perenne de tipo arbustivo que crecen de forma silvestre sobre árboles, rocas, piedras, troncos y muros; puede llegar a medir dos metros, es una planta que se presentan aureolas y sus cladios se extienden entre 0.50 y 1.50 m de largo y de ancho 0.03 – 0.06 m. Además, posee un margen dentado y en sus terminales se disponen coronas de espinas que miden 0.01 metros. Los cladodios de la pitahaya presentan entre tres a cinco aristas lo que le confiere un aspecto triangular. Las flores de estas plantas son hermafroditas grandes, de color entre blanco y amarillo sobre todo aterciopeladas, aparecen bajo las aureolas y presentan forma de embudo, miden entre 0.20 y 0.25 m. El estilo inusualmente largo y tubular tiene un largo de 0.20 m y 0.50 m de diámetro (Rodríguez, 2000).

En un estudio realizado por Verona-Ruiz, Urcia-Cerna, y Paucar-Menacho (2020) determinan que el tallo de la pitahaya presenta la siguiente composición: proteína cruda de 11.8-24.49 g, fibra cruda de 7.86-14.79 g, contenido de cenizas entre 10.80 a 14.90 g y extracto etéreo 0.64 a 1.46 g (Todos expresados en base seca (g/100 g de materia seca)). Además, la variedad de pitahaya (*Hylocereus undatus*) tiene importantes contenidos de Zn (34.02 mg/kg) y K (4.82 mg/kg).

El fruto es una baya de forma ovoidea, de color verde antes de madurar, tiene un largo de 10-12 cm, 7 cm de ancho, de color amarillo en estado de maduración, con brácteas, pulpa jugosa blanca. El fruto pesa 200-350 g y contiene muchas semillas, aproximadamente 650 semillas por fruto (Le Bellec, Vaillant, y Imbert, 2006).

El beneficio más conocido de esta fruta es la capacidad antioxidante que se atribuye a sus semillas por a su alto contenido de ácidos grasos naturales, así como, ácido linoléico 64.5 %, ácido oleico 13.9 % y ácido palmítico 14.4 % (Chemah, Aminah, Noriham, y Wan Aida, 2010) , siendo el más importante el ácido linoléico, ya que este funciona en el organismo como buffer capturando el colesterol generando un efecto cardiotónico (Omidizadeh *et al.*, 2011).

Otros de los compuestos importantes presente en la cáscara y pulpa de esta fruta son las betalaínas que pertenecen a los bioflavonoides derivados de la quercetina y presentan como una clase de pigmento rojo y amarillo indol. La diversidad estructural que poseen esto pigmentos permiten la solubilidad en agua formando dos grupos estructurales: el rojo violeta (betacianinas) y amarillo naranja (betaxantinas), que son sustancias similares a las vitaminas y trabajan junto con antioxidantes como la vitamina C evitando la muerte celular prematura (Esquivel y Araya, 2012).

Dentro de las propiedades físico químicas más importantes corresponden al contenido en el jugo de azúcares reductores como la glucosa 30 - 55 g/L y fructosa 4 - 20 g/L, la acidez de la pulpa generalmente baja 2.4 - 3.4 g/L. Mientras que, los ácidos orgánicos principales presentes en el zumo son ácido cítrico, ácido láctico que se presentan en rango de 0.3 - 1.5 %. El principal aminoácido presente en el jugo de pitahaya es la prolina 1.1 - 1.6 g/L (Jamilah, Shu, Kharidah, Dzulkily, y Noranizan, 2011).

Tabla 2 *Propiedades físico-químicas de la piel de pitahaya*

Propiedades físico-químicas de la piel de pitahaya	
Propiedades	***Valores***
pH	5,06 ± 0,01
° Brix (TSS)	6,00 ± 0,00
Acidez titulable (TA) (g/L)	0,19 ± 0,04
Color de Hunter Lab	L = 16,65 ± 0,06
	a = 23,89 ± 0,23
	b = 4,61 ± 0,07
Contenido de betacianina (mg / 100 g de MS)	150,46 ± 2,19
Concentración de ácidos orgánicos (%)	
Oxálico	0,80 ± 0,01
Cítrico	0,08 ± 0,00
Málico	0,64 ± 0,00
Succínico	0,19 ± 0,00
fumárico	0,01 ± 0,00
Ácido total	1,72

Tomado de: (Jamilah, Shu, Kharidah, Dzulkily, y Noranizan, 2011).

Tabla 3 Componentes de carbohidratos de la cáscara de la pitahaya

Componentes de carbohidratos	***Porcentaje (%)***
Pectina	10,79 ± 0,01
Almidón	11,07 ± 0,03
Celulosa	9,25 ± 1,33
Lignina	37,18 ± 1,02
Azúcares	
Glucosa	4,15 ± 0,03
Maltosa	3,37 ± 0,01
Fructosa	0,86 ± 0,02
Sacarosa	ND
{Galactosa	ND
Azúcar total	8,38
Fibra dietética total	69,30 ± 0,53
Insoluble	56,50 ± 0,20
Soluble	14,82 ± 0,42
Relación de IDF: SDF	3,8: 1,0

Los valores fueron medias ± error estándar (n = 3), ND: No detectado.

Tomado de: (Jamilah, Shu, Kharidah, Dzulkily, y Noranizan, 2011).

2.2 MATERIA PRIMA

Se entiende por materia prima a todos aquellos elementos extraídos directamente de la naturaleza, en su estado puro o relativamente puro, y que posteriormente puede ser transformado, a través del procesamiento industrial, en bienes finales para el consumo, energía o bienes semielaborados que alimenten a su vez otros circuitos industriales secundarios. Son el insumo básico de la cadena industrial, y se deben al sector primario de la cadena productiva (Raffino, 2020).

a) Materia orgánica

Es la descomposición de residuos de plantas y animales en el suelo, el cual constituye un proceso biológico básico en el que el carbono (C) es recirculado hacia la atmósfera como dióxido de carbono (CO_2), el nitrógeno (N) es hecho disponible como amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) y otros elementos asociados (P, S, y varios micronutrientes) aparecen en la forma requerida por las plantas superiores (Silva, 1998).

b) Biomasa

Según Sillanpää y Ncibi (2017) *"La biomasa son todas las materias orgánicas que pueden convertirse en fuentes de energía. Se pueden utilizar directamente (dendroenergía) o después de una metanización de la materia orgánica (biogás) o las nuevas transformaciones químicas (biocombustible). También se pueden utilizar para el compostaje "*

Así mismo la definen como: cualquier material orgánico que esté disponible de forma renovable o recurrente, incluidos cultivos agrícolas, árboles cultivados para la producción de energía, desechos de madera y residuos de madera, plantas (incluidas plantas y pastos acuáticos), residuos, fibras , desechos animales y otros materiales de desecho, grasas, aceites y grasas (incluidas las grasas, los aceites y las grasas reciclados), y no incluye el papel que es comúnmente reciclado o desechos sólidos no segregados (Sillanpää y Ncibi, 2017).

Tipo de Biomasa

Las biomasas se pueden clasificar en función de su procedencia en: Agrícolas, forestales, ganaderas, industriales y domésticas; esta investigación está enfocada en la biomasa agrícola (Rodriguez, 2012).

- **Biomasas agrícolas**

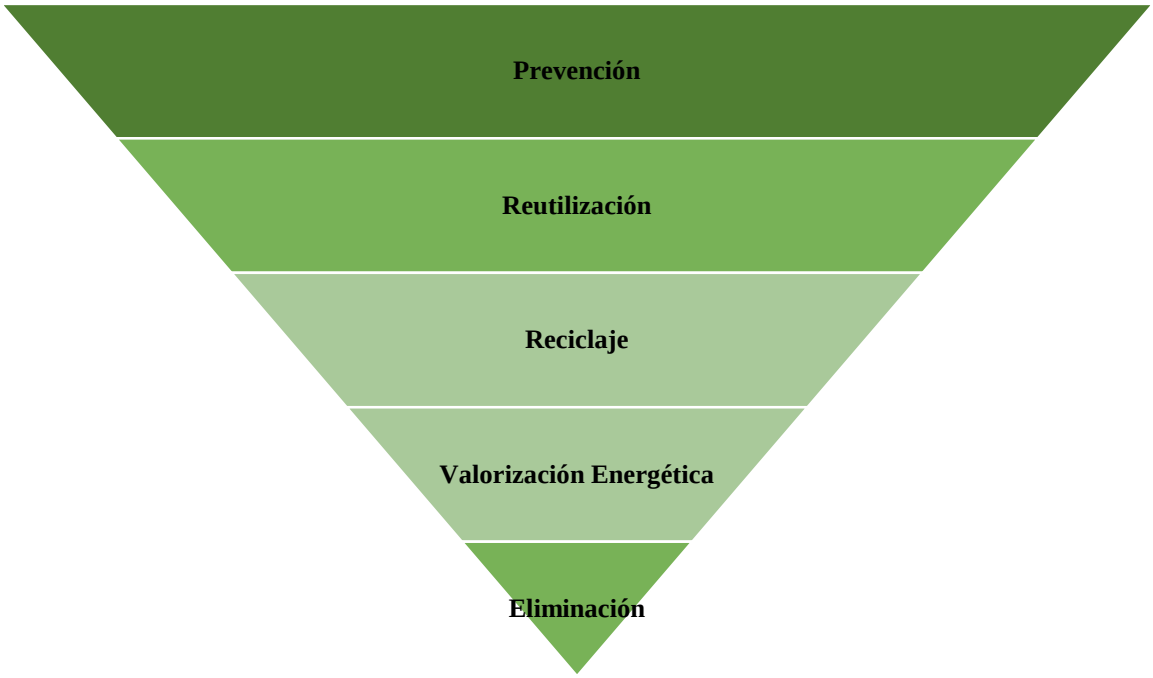
Pueden ser clasificadas en cultivos y residuos de las actividades agrícolas:

- **Cultivos:** especies herbáceas o leñosas producidas mediante las actividades de cultivo en terreno agrícola, cosecha y, en caso necesario, del procesado de las materias primas recolectadas. También se incluyen en este grupo los cultivos de algas, al producirse en medio acuoso.
- **Residuos de las actividades agrícolas:** biomasa residual originada durante el cultivo y primera transformación de productos agrícolas (BioPlat, 2017).

c) Residuos

Pedreño, Herrero, Lucas, y Beneyto (1995) menciioo “Aquellas materias derivadas de actividades de producción y consumo que no han alcanzado ningún valor económico”. Toda actividad humana genera gran cantidad de residuos, desde actividades ganaderas, agrícolas, de minería, industriales, etc. La cantidad de los residuos va a depender del origen y de la demanda del consumo (Soto-Cabrera, Panimboza-Ojeda, Ilibay-Granda, Valverde-Lara, y Diéguez-Santana, 2020).

Figura 1 *Jerarquía en el manejo de residuos*



Tomado de: *(Holfman, 2018)*

Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos se caracterizan por ser de origen biológico, además que son generados en grandes volúmenes y causan impactos negativos sobre el medio ambiente como la contaminación de la atmósfera, el suelo y las aguas, debido a sus altos contenidos de materia orgánica y elementos minerales si es que no son tratados de manera adecuada (Castro, 2019). Los residuos clasificados se dividen en tres sectores:

- **Sector primario:** Residuos ganaderos, agrícolas, forestales.
- **Sector secundario:** Residuos industriales.
- **Sector terciario:** Residuos urbanos.

2.3 BIOECONOMÍA

La bioeconomía: es un modelo económico basado en la producción de recursos biológicos renovables y la conversión de estos recursos en productos con valor añadido, como bioproductos, bioenergía y servicios, la cual pretende promover el uso de recursos biomásicos (renovables) para sustituir a los recursos basados en combustibles fósiles al objeto de lograr productos más sostenibles; contribuyendo a la sostenibilidad de la economía en general y se involucra a una multitud de industrias y servicios en este nuevo modelo económico y ayuda a resolver problemas medioambientales (García-Baquero *et al.*, 2018).

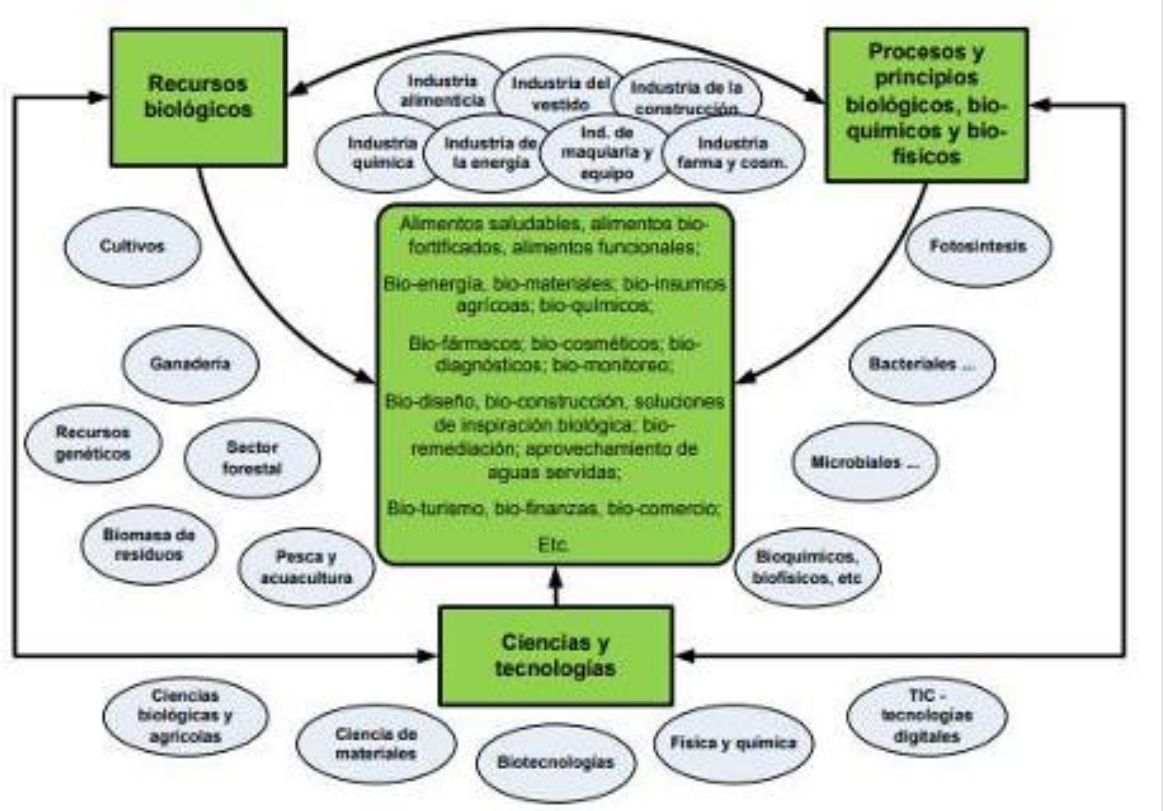
El término bio, está relacionado con los seres vivos, mientras, la palabra economía está relacionado a la producción y distribución de la riqueza generada. Por otra parte, Otero (2019) afirma que "*la bioeconomía permite aprovechar la riqueza biológica de la región para potenciar el desarrollo productivo, tiene la ventaja de promover un desarrollo bajo en carbono y resiliente, aprovecha los residuos de forma rentable, plantea el uso alternativo de la biomasa*". Mientras que la IACGB (2020) define que la bioeconomía es la producción, utilización, conservación y regeneración de recursos biológicos, incluidos los conocimientos, la ciencia, la tecnología y la innovación relacionados, para proporcionar soluciones sostenibles (información, productos, procesos y servicios) dentro y entre todos los sectores económicos y permitir una transformación. a una economía sostenible.

Por su parte, Hodson (2018), enuncia que la bioeconomía abarca un uso sostenible de los recursos biológicos, mediante el aprovechamiento de todos los productos y subproductos que se generan de los procesos relacionados con recursos biológicos, lo que reduce la generación de residuos y la contaminación, así como la emisión de gases de efecto invernadero, y a su vez persigue la 'descarbonización' de la economía lineal.

Elementos de la bioeconomía

La bioeconomía circular es una de las agendas importantes que se discuten en todo el mundo y se prevé que ayude a promover y fortalecer el crecimiento económico actual al reducir la dependencia de los recursos fósiles, los impactos ambientales, la creación de nuevos negocios y oportunidades laborales (Mohan, Dahiya, Amulya, Katakojwala, y Vanitha, 2019).

Figura 2 *Elementos de la bioeconomía*



Fuente:(Rodríguez, Mondaini, y Hitschfeld, 2017)

2.4 BIOECONOMÍA CIRCULAR

Las economías bio y circular se consideran actualmente como dos estrategias políticas complementarias que tienen la biomasa y sus derivados (residuos orgánicos, efluentes y aguas residuales) como base que sustenta sus acciones (Manrique, 2021). El término "*bioeconomía circular*" integra los principios de la bioeconomía en un conjunto más amplio de políticas que promueven la economía circular (Carus y Dammer, 2018; Sherwood, 2020).

La economía circular propone un nuevo modelo cuyo objetivo es producir de forma más eficiente al consumir los recursos y así reducir mínimamente los desechos generados. Se trata de un modelo que replantea la opción de tirar, por la de reutilizar, así como reparar o reciclar los productos y sus materiales. Por otro lado, la bioeconomía se basa en la producción y utilización de recursos biológicos renovables y su conversión en alimentos, piensos, productos biológicos y bioenergía, generando nuevos modos de suministrar alimentos, productos y energía sin agotar los recursos de nuestro planeta (Ferreira, 2019). Por su parte, la Junta de Andalucía (2018) entiende como bioeconomía circular al *"*conjunto de las actividades económicas que obtiene productos y servicios, generando valor económico, utilizando, como elementos fundamentales los recursos de origen biológico, de manera eficiente y sostenible".

Ferreira (2019) expresa que la bioeconomía circular es el nuevo paradigma económico enfocado en la sostenibilidad que intenta concatenar la economía con el medioambiente y los objetivos sociales. En paralelo, esto permitiría generar nuevas oportunidades comerciales a las industrias, aumentar la competitividad, generar empleo, ahorrar costes y obtener mayores beneficios económicos. Una economía circular integral no es posible sin la bioeconomía, los enormes flujos de materia orgánica desperdiciada y residuos de la agricultura, la silvicultura, la pesca, los alimentos para humanos y animales, y los desechos de procesos orgánicos solo pueden integrarse en la economía circular con una estrategia de bioeconomía (Carus, 2018).

Importancia de la bioeconomía circular

1. Existe gran similitud entre el programa bioeconómico, planteado por Georgescu en 1997 y la Agenda 2030, puesto que en las dos propuestas se habla de promover sociedades más justas, con igualdad de recursos, además del aprovechamiento de

la biomasa para la generación de bioproductos, dando como resultado una bioeconomía, que garantice una vida más justa para todos.

2. Menor inversión para la obtención de energía y bioproductos, garantiza energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
3. El nuevo modelo para la obtención de bioproductos y energía a través de la biomasa, apuesta para asentarse en la actualidad como un modelo de bioeconomía circular, y no como viene siendo durante años, lo que es la economía lineal, la cual se base en excesivo consumo de los recursos, sin darles una reutilización a sus residuos. Es por ello, que la bioeconomía circular surge como una economía sostenible, ya que creará modelos de producción en los cuales se haga uso de la materia prima y sus residuos, logrando así conservar materiales para las futuras generaciones (Aramendis, Rodríguez, y Krieger Merico, 2018).

2.5 BIOECONOMÍA Y LA AGENDA DE DESARROLLO 2030

La bioeconomía proporciona un contexto para el desarrollo de políticas enfocadas a enfrentar los grandes retos en la sociedad y las preocupaciones de desarrollo sostenible contempladas en la Agenda de Desarrollo 2030 para el Desarrollo Sostenible. Los recursos biológicos son la base material y energética dentro de la bioeconomía, siendo una alternativa real para la descarbonización de la economía, y puede desempeñar un rol fundamental en la acción climática, en línea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible **No. 13** (combatir el cambio climático) (Hodson, 2018)**.**

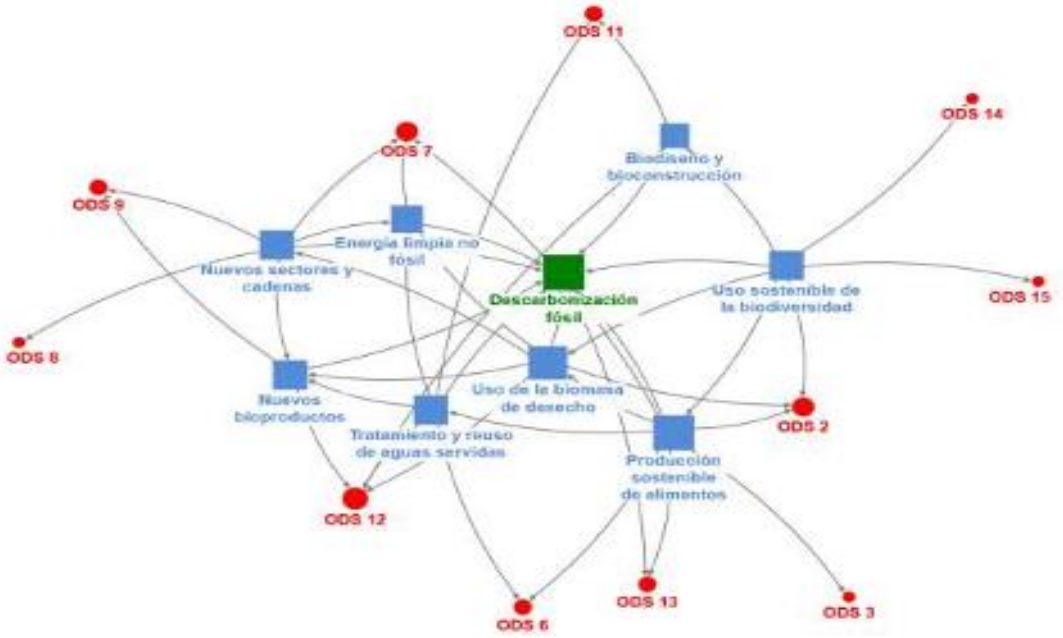
Existen otros ODS a los cuales también la bioeconomía puede contribuir significativamente:

- **ODS No. 3** (vidas saludables) y al **ODS No. 15** (protección de ecosistemas terrestres); la bioeconomía se relaciona con estos objetivos en la producción sostenible de alimentos saludables y con la intensificación sostenible de la producción agropecuaria.
- **ODS No. 2** (terminar con el hambre, mediante la producción sostenible de alimentos), el **ODS No. 8** (nuevas fuentes de trabajo decente y desarrollo económico sostenible) y el **ODS No. 9** (industria e innovación); la bioeconomía puede ser instrumento para el logro de estos objetivos ya que está relacionada con

la producción de bio productos, bio insumos agrícolas y con el desarrollo de nuevas actividades de base biológica.

- **ODS No. 7** (energía sostenible y accesible para todos); uno de los elementos centrales de la bioeconomía son las biorrefinerías asociadas a la producción de biomateriales (tales como biopláticos) y de distintos tipos de bioenergía.
- **ODS No. 12** (producción y consumo responsables) y con el **ODS No. 11** (ciudades y comunidades sostenibles); dentro de la aplicación de una bioeconomía existe la posibilidad de cerrar ciclos productivos, mediante la utilización productiva de la biomasa de desecho generada en procesos de producción y consumo.
- **ODS No. 14** (uso sostenible de la biodiversidad submarina) y **ODS No. 15** (uso sostenible de la biodiversidad terrestre); el elemento innovador de la bioeconomía es la posibilidad de desarrollar productos, procesos y sistemas replicando procesos y sistemas observados en la naturaleza.
- **ODS No. 6** (agua limpia y saneamiento para todos) y el **ODS No. 15** (en lo relativo a la prevención de la degradación de suelos); la bioeconomía también abarca el desarrollo de alternativas de biorremediación para enfrentar problemas de contaminación ambiental, por ejemplo, para la recuperación de suelos degradados o contaminados y para el tratamiento de aguas para consumo humano y de aguas de desecho (Rodríguez, Mondaini, y Hitschfeld, 2017).

Figura 3 *Bioeconomía y la Agenda de Desarrollo 2030*

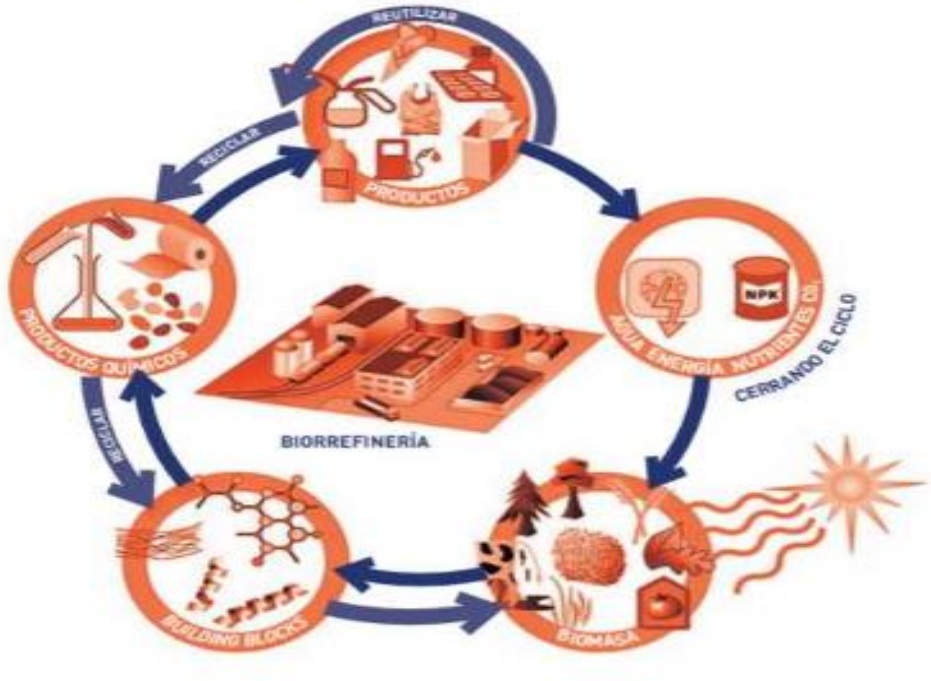


Fuente: (Rodríguez, Mondaini, y Hitschfeld, 2017).

2.6 BIORREFINERÍA

La biorrefinería se define como el procesamiento sustentable de la biomasa en un espectro de productos comercializables y energía. Eso significa que la biorrefinería puede ser una instalación, un proceso, una planta o incluso un grupo de instalaciones cuyo objetivo es convertir la biomasa en biocombustibles, electricidad, calor, alimentos o en químicos de alto valor para la industria (Vásquez, 2019).

Figura 4 *Cadenas de Valor de origen biológico integradas.*



Tomado de: BioPlat (2017)

La Comisión Europea acuñó el término bioeconomía basada en el conocimiento como el proceso de transformación del conocimiento de las ciencias de la vida en productos nuevos, sostenibles, ecoeficientes y competitivos (Aguilar, Bochereau, y Matthiessen, 2009). La bioeconomía consiste, por tanto, en la transformación del conocimiento de las ciencias biológicas en productos respetuosos con el medio ambiente y competitivos. Por tanto, los procesos deben producir “más con menos” gracias al desempeño de los seres vivos. Por ejemplo, el uso de biomasa para producir biocombustibles en "biorrefinerías", o de enzimas microbianas en diversas industrias alimentarias y textiles o cadenas de valor que incluyen, además de productos útiles, el reciclaje de residuos y subproductos, son ejemplos de la bioeconomía que se basan en los nuevos avances de las ciencias biológicas. Se abordan las siguientes áreas: valorización de los recursos de la biodiversidad en

medicina; ecointensificación de la agricultura; aplicaciones de biotecnología en sectores maduros como minería, producción de alimentos y bebidas; biorrefinerías; servicios de ecosistemas (Neila, Acedos, y Fuertes, 2020).

2.6.1 Tipos de biorrefinería

a) **La biorrefinería dirigida a la obtención de energía:** BioPlat (2017) Afirma que está "Orientada principalmente hacia la producción de uno o varios tipos de energía (calor y electricidad) y/o de biocombustibles. También se obtienen bioproductos que pueden ser utilizados para la producción de productos químicos, materiales, alimentos y piensos"
b) **La biorrefinería dirigida a la obtención de productos:** BioPlat (2017) piensa que está "Orientada principalmente hacia la producción de productos químicos, materiales, alimentos y piensos. A menudo los productos secundarios son utilizados para la producción de vectores energéticos intermedios (electricidad y calor) tanto para usos internos como para distribución en el mercado". Rodríguez, Mondaini, y Hitschfeld (2017) mencionan que, "La variedad de productos que se pueden obtener en una biorrefinería es amplia y depende de la variedad de biomasas utilizadas y del tipo de tecnologías que se utiliza en su trasformación".

Debido a la gran variedad de biomasa existente y de productos posibles, en una biorrefinería se necesita aplicar un gran número de tecnologías y procesos tanto en la etapa de biorrefinería primaria como en la secundaria. Los procesos se pueden dividir en cuatro grandes grupos:

1) **Procesos físicos.** Operaciones básicas que cambian las propiedades del material aplicando energía mecánica, procesos de limpieza y separación, procesos de densificación, procesos de molienda y procesos de extracción (incluida la extracción directa de macromoléculas para su uso biotecnológico).
2) **Procesos termoquímicos.** Operaciones de transformación mediante cambios de temperatura que en ocasiones implican transformaciones químicas en la materia prima.
3) **Procesos químicos.** Operaciones básicas para la transformación del material mediante reacciones químicas y conversiones catalizadas químicamente.

4) **Procesos biotecnológicos**. Conversiones catalizadas enzimáticamente, procesos de fermentación y descomposición gobernada por microorganismos (BioPlat, 2017).

2.7 BIOPRODUCTOS

BioPlat (2017) afirma que los bioproductos son aquellos productos que derivan total o parcialmente de materiales de origen biológico y se obtienen a partir de diversas fuentes de biomasa para ser utilizados en la producción de productos químicos, materiales, alimentos y pienso. Su potencial se extiende a lo largo de todo el espectro de productos de la industria química; y pueden emplearse en otros ámbitos de la cadena de valor. Los bioproductos y biomateriales con mayor potencial comercial son aquellos con propiedades mejoradas y/o con costes de producción inferiores o que técnicamente no se puedan obtener a partir de materias primas fósiles.

2.7.1 Bioenergía

Es aquella energía química incluida en los materiales orgánicos, los cuales pueden ser convertidos en fuente de energía directa y útil por vía de procesos biológicos, mecánicos o termoquímicos (Bessou, Ferchaud, Gabrielle, y Mary, 2011). Es tipo de energía es una energía renovable procedente de fuentes biológicas que puede ser usada para calefacción, electricidad y combustible, sus tres principales bioproductos bioenergetico son el etanol, biodiesel y biogás (Yuan, Tiller, Al-Ahmad, Stewart, y Stewart Jr, 2008).

a) **Biogás:** Es una mezcla de gases más ligera que el aire que se genera, normalmente, a través de la digestión anaerobia (mediada por tres grupos tróficos de microorganismos anaerobios), pues el metano que contiene puede quemarse para producir calor y electricidad (Lorente, Ariadna, y Soler Herrero, 2019). Para este proceso los factores que afectan principalmente son el pH, la temperatura, los sólidos volátiles (SV), los sólidos totales (ST), el tiempo de retención (TR) y la tasa de carga orgánica (OLR) de la materia prima (Kapoor *et al.*, 2020).

2.7.2 Biofertilizantes

Afanador (2017) define los biofertilizantes como una sustancia que contiene microorganismos vivos que, al ser aplicada a semillas, superficies de plantas o suelo, coloniza la rizósfera o el interior de la planta y promueve su crecimiento aumentando el

suministro o la disponibilidad de nutrientes primarios. Así, el término biofertilizante se refiere a un producto que contiene microorganismos del suelo aplicados a plantas para promover su crecimiento.

a) **Abono orgánico:** "Un abono orgánico es cualquier material natural que se le agregue al terreno para mejorarlo y para alimentar los cultivos. Así se puede restablecer y proteger la vida en el suelo para las generaciones que vengan más adelante"(Soto, 2002). El abono orgánico se deriva de la descomposición de desechos naturales, los cuales mediante un proceso de cultivo asimilan los nutrientes, transformándolos así en beneficios que aportan al suelo, por lo tanto las plantas que crecen en él, tienen un proceso controlado y acelerado de descomposición de los residuos, que puede ser aeróbico o anaerobio, dando lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo (Rivera, 2018).

   Incorpora al suelo materias orgánicas y nutrientes esenciales como, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro; los cuales, mejoran las condiciones físicas y químicas del suelo; estos abonos tienen como objetivo estimular la vida microbiana del suelo y la nutrición de las plantas. Las enmiendas orgánicas varían en su composición química de acuerdo al proceso de elaboración, duración del proceso, actividad biológica y tipos de materiales que se utilicen (Ramos Agüero, Terry Alfonso, Soto Carreño, y Cabrera Rodríguez, 2014).

b) **Compost:** El compostaje lo podemos definir como una fermentación controlada de los residuos orgánicos, proceso bioxidativo de sustancias heterogéneas con el paso por una etapa termófila (de calentamiento), produciendo materia orgánica estabilizada. Es un proceso básicamente microbiológico que depende del crecimiento y la actividad de las poblaciones bacterianas y de hongos, que son fundamentalmente originarios de los propios residuos orgánicos. Los microorganismos obtienen de este modo nutrientes y energía para su actividad y convierten el material orgánico en un compost estabilizado (Ramos-Ramos, Guevara-Llerena, Sarduy-Pereira, y Diéguez-Santana, 2020).

   Los parámetros que se controlan durante el proceso y que a posteriori definen las características del material resultante son:

-Tamaño de las partículas que componen el material, prestando atención a que es más fácil la descomposición de materiales finos, pero que el exceso de estos puede compactar el residuo y perjudicar el proceso.

- La humedad, con un óptimo situado entre 40-60 %.

- La temperatura, en función de la presencia de organismos mesófilos, o termófilos (situados por encima de los 40°C), siendo el óptimo para una rápida descomposición a la temperatura entre 60-70°C con presencia de termófilos.

- El pH, con un intervalo óptimo de 6-7.5, en el que pue den desarrollar mejor su actividad los microorganismos.

- La aireación, que en el caso de procesos aerobios se recomienda el intervalo de 0.62-1.23 m^3 de aire/kg de volátiles formados (Pedreño, Herrero, Lucas, y Beneyto, 1995).

2.7.3 Biomateriales

Materiales de carácter orgánico con cierta vida útil para ser transformado antes que alcancen un grado de descomposición no favorable al proceso de transformación.

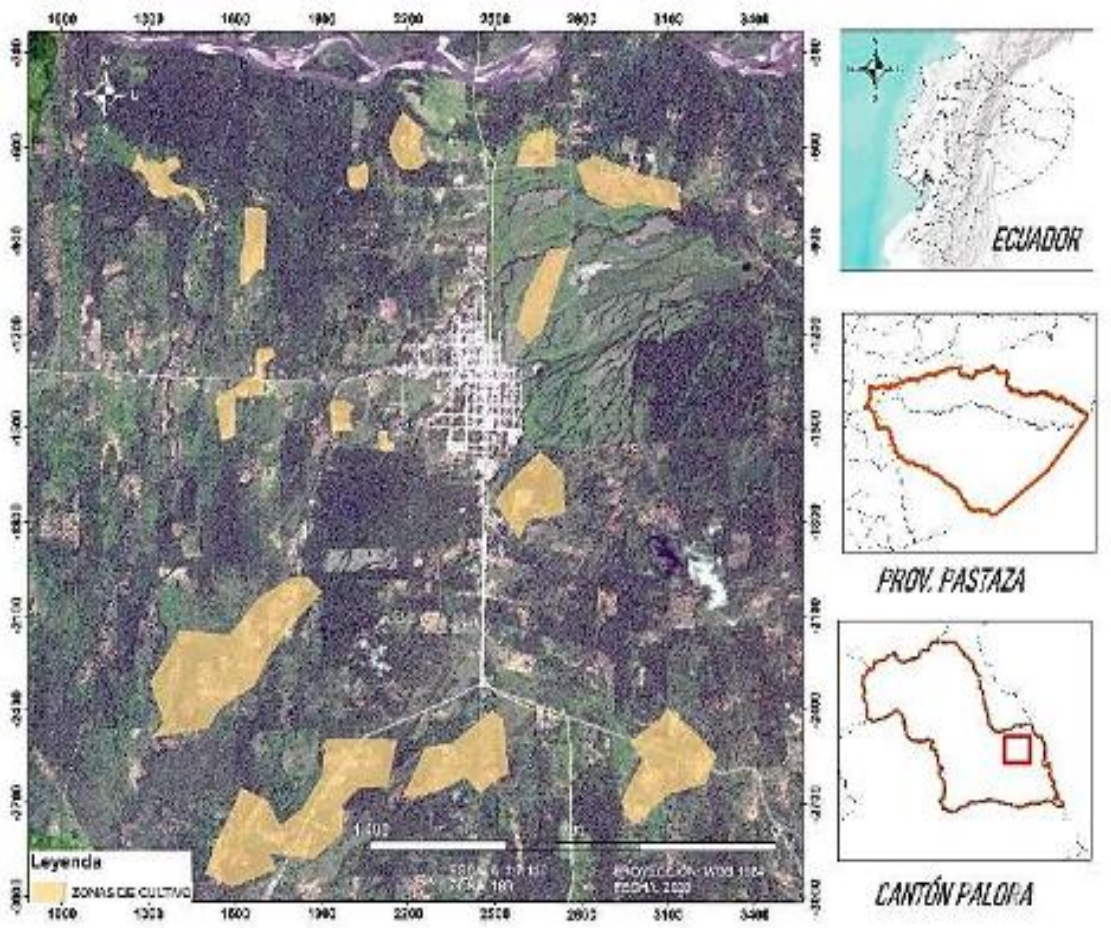
a) **Coagulantes Floculantes:** Sustancias naturales o artificiales, que dosificadas adecuadamente en una masa homogénea de agua que contiene partículas en suspensión (turbidez), son precursoras de generar la afinidad entre ellas, favoreciendo el crecimiento de los coágulos. La coagulación es el proceso más importante en el tratamiento convencional del agua y su aplicación incluye la remoción de especies en suspensión, mediante la adición de coagulantes químicos, cuyo uso trae desventajas asociadas a altos costos de adquisición, producción de grandes volúmenes de lodo y el hecho de que afectan el pH del agua (Guzmán, Villabona, Tejada, y García, 2013).
b) **Coagulantes Floculantes naturales:** Son una fuente alternativa con gran potencial aún no explotado suficientemente; se producen de manera espontánea, debido a reacciones bioquímicas que ocurren en animales y en plantas. Por lo general, presentan una mínima o nula toxicidad y, en muchos casos, son productos alimenticios con alto contenido de carbohidratos y de proteínas solubles en agua, Algunos de ellos tienen propiedades coagulantes o floculantes que actúan de modo similar a los coagulantes sintéticos, aglomerando las partículas en suspensión que contiene el agua cruda, facilitando su sedimentación y reduciendo la turbidez inicial (Guzmán, Villabona, Tejada, y García, 2013).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 LOCALIZACIÓN.

Esta investigación se desarrolló en el catón Palora provincia de Morona Santiago Ecuador, en las coordenadas 1° 42' 0" S; 77° 55' 60" O, a 885 m.s.n.m con una humedad relativa de 85% y una temperatura promedio de 22,5°C.

Figura 5 *Ubicación de las plantaciones de Pitahaya en el cantón Palora- Morona Santiago*



3.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto se centra en la línea de investigación propuesta por la Universidad Estatal Amazónica de Gestión y Conservación Ambiental y se desarrolló bajo una investigación descriptiva utilizando como base la investigación bibliográfica en artículos científicos.

La modalidad de la presente investigación será cualitativa de alcance exploratorio, ya que examinará y utilizará la recolección y análisis de datos, mediante la revisión bibliográfica

de textos, artículos científicos relacionados con el tema a tratar. En este sentido existen temáticas que no han sido abordadas con anterioridad, y esta investigación tratará de manera dinámica entre los hechos y la interpretación; resultando ser "circular" ya que la secuencia no siempre será la misma, pues variará con cada estudio (Hernández Sampieri, 2014). Por su parte, la investigación documental pretende recabar información de investigaciones anteriores como artículos científicos, textos, documentos los cuales ayudan a recolectar información que sirvan para describir y explicar de alguna manera el objeto de estudio.

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Para plantear la propuesta del modelo de bioeconomía circular para el aprovechamiento de los residuos orgánicos provenientes de las plantaciones de pitahaya, se seguirán los siguientes procedimientos, por cada etapa del proyecto:

***Identificación de los residuos orgánicos generados de las plantaciones de pitahaya*:** En esta primera parte del estudio, se realizó una revisión de los principales residuos de las plantaciones, para ello, se consultaron documentos disponibles en páginas web (INEC, ESPAC, GADs Palora, bases de datos, AGROCALIDAD), entre otros. Adicionalmente, se estableció comunicación vía telemática con algunos propietarios y representantes de las asociaciones locales de productores de pitahaya, para obtener información, sobre hectáreas sembradas, cantidades de residuos de cosechas generados, y otras informaciones de interés.

***Criterios que considerar en el diseño del modelo de bioeconomía circular a partir de los residuos de la pitahaya*:** Mohan *et al.* (2016), el modelo productivo de bioeconomía circular también se enfoca en la biorrefinería, y emplea la biomasa cultivada o "biomasa de desechos", para producir una variedad de productos, los cuales dependen de la variedad de biomasas utilizadas y del tipo de tecnologías que se utilizan para su trasformación y la provisión de nuevas oportunidades.

En este punto del trabajo se realizó una búsqueda bibliográfica de estudios realizados en otros países y regiones. La revisión de la literatura consideró los conceptos de bioeconomía, biorrefinería y su aplicación actual con los residuos orgánicos de cultivos, posibles esquemas de tratamientos, potenciales productos y tecnologías más empleadas. Esta sección del proyecto se llevó a cabo mediante búsquedas en las bases de datos de

artículos de revistas de ScienceDirect, Springer, Wiley y Taylor&Francis, donde se emplearon las palabras claves como: bioeconomía, residuos agrícolas, biorrefinería, residuos/desechos orgánicos, bioeconomía circular, países en vías de desarrollo, y otros más específicos hasta obtener un número de documentos relevantes, priorizando los documentos publicados de la región durante los últimos 5 años. La selección de documentos consideró cuales son los subproductos con un valor añadido que podrían obtenerse de estos procesos.

Adicionalmente, el planteamiento de un modelo de bioeconomía circular de residuos orgánicos provenientes de la pitahaya, en el cantón Palora- Morona Santiago, se realizó en base a un modelo cíclico y la generación de nuevos subproductos (biofertilizantes, biomateriales); para resaltar a los productores agrícolas la oportunidad de aprovechar los residuos orgánicos y al mismo tiempo garantizar la seguridad de los recursos biológicos, un aprovechamiento de los residuos, así como su uso eficaz y sostenible; los cuales pueden ser empleados para la producción de biofertilizantes u biomateriales, cerrando con ello el ciclo. La tabla 4 agrupa los principales procesos y bioproductos que actualmente se obtienen de residuos orgánicos agrícolas primarios y que pueden ser analizados en la investigación.

Tabla 4 *Principales procesos y bioproductos actuales generados a partir de residuos orgánicos.*

Materia prima	Biomasa : sector primario Residuos agrícolas	
Procesos	Mecánicos-físicos • Trituración • Prensado • Molienda • Filtración • Membranas • Destilación • Molienda/ Fraccionamiento • Evaporación	Termoquímicos • Explosión de vapor • Combustión directa • Pirólisis • Gasificación • Hidrotérmicos
	Biológicos • Procesos enzimáticos(biocatálisis) • Fermentación aeróbica /anaeróbica • Digestión anaeróbica	Químicos • Hidrólisis • Extracción • Catálisis • Precipitación • Cristalización
Bioproductos	Biofertilizantes • Nutrientes • Granulados/ encapsulados • Bioestimulantes • Abono orgánico	Biomateriales • Biocompost • Fibras naturales • Coagulantes floculantes

Tomado de: BioPlat (2017) .

***Potencialidades de la bioeconomía como tecnología viable dentro del tratamiento de residuos orgánicos de los cultivos de pitahaya*:** A partir de las informaciones compiladas de los residuos agrícolas del cultivo de la pitahaya y de la información obtenida de bases de datos y artículos científicos, se analizó la viabilidad del emplear los residuos que se generan en Ecuador como materias primas de biorrefinerías de residuos orgánicos agrícolas. En esta parte se calcularon potenciales cantidades de productos que pueden obtenerse de las fracciones orgánicas de los residuos de las cosechas de pitahaya del cantón Palora, Morona Santiago. Para ello se emplearon los rendimientos específicos obtenidos de la literatura en el objetivo específico 2.

Una vez agrupados los procesos y productos de las biorrefinerías que puedan ser evaluados, según la tabla 4, se identificaron las potencialidades y limitaciones de aplicación en el contexto regional ecuatoriano. Los indicadores se relacionaron con la cantidad de materia orgánica que se puede aprovechar dentro de los cultivos de pitahaya y estos se reflejaron en la sección de los resultados, puesto que la investigación estuvo enfocada a realizar una propuesta para los productores de pitahaya, estos criterios abarcaron implicaciones ambientales, técnicas económicas, sociales, logísticas y legislativas, documentadas con la literatura científica publicada y en concordancia con las informaciones recopiladas.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Identificación de los residuos orgánicos generados de las plantaciones de pitahaya.

La producción de la Pitahaya es un cultivo muy distinto al resto de cultivos, debido a que la planta crece muy lentamente durante los dos primeros años, y por ende las malezas son permanentes, por lo que se debe tener un mayor control de las mismas ya que estas le quitan a la planta los nutrientes, agua, y luz necesarios para su desarrollo. Durante el primer año de trasplante de la pitahaya se realiza una poda, la cual consiste en eliminar las pencas que obstaculizan la luz y las que se encuentran fuera de la planta principal, esta labor se la realiza manualmente planta por planta con un machete (Sandoval, Jaca, y Ormazabal, 2017).

En plantaciones de tres a cinco años las podas se realizan en periodos más prolongados removiendo así las pencas en mal estado, viejas, etc. Unos de los factores que afectan directamente a las plantaciones de la pitahaya, son los problemas fitosanitarios causados por microorganismos que afectan directamente a la planta; tales como en la descomposición de la penca y del fruto, generando pérdidas superiores al 80% e incrementar hasta en un 50% los costos de producción por el manejo fitosanitario (Mora, 2012). Actualmente en Palora existe alrededor de 2,000 hectáreas dedicadas a la producción de pitahaya y 1,500 productores, de los cuales el 80% posee entre una y dos hectáreas de cultivo (MAG, 2020).

Para este estudio se ha tomado como referencia la finca IKERSITO, propiedad del señor Juan Zambrano; la cual cuenta con dos hectáreas dedicadas a la producción de pitahaya, con plantaciones de entre cinco años de producción. El señor Zambrano nos supo manifestar que en su propiedad dentro de la producción de 1 hectárea de pitahaya se puede encontrar 25 columnas con 32 plantas por columna, con alrededor de 800 plantas de pitahaya por hectárea. Las podas se realizan cada seis meses, en marzo y en octubre, y cada planta de pitahaya genera alrededor de 17.15 kg de residuo de penca en cada poda, y también se estima que se desechan aproximadamente 60 kg de fruta. Hay que tener en cuenta que las plantas adultas (cuatro años de producción) son las que generan mayor cantidad de pencas y mientras que las plantas jóvenes (dos años de producción a tres años) generan 8kg de penca por planta.

Tabla 5 *Residuos semestrales generados por hectáreas de pitahaya de 5 años de producción finca IKERSITO..*

Residuos orgánicos	***Cantidad (kg)***
Pencas de pitahaya	13,720 kg
Frutas dañadas	60 kg
Total de residuos	*13,780kg*

Los datos semestrales de residuos orgánicos de una hectárea de plantación de pitahaya equivalen a 13,780 kg (anualmente 27,560 kg), los cuales son tomados como referencia en la estimación de la cantidad de residuos orgánicos no aprovechados generados en las plantaciones de pitahaya. Basándonos en los siguientes datos obtenidos dentro del proceso de producción de pitahaya y los datos estadísticos publicados del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en el cual menciona que en el cantón Palora existe alrededor de 2,000 hectáreas dedicadas a la producción de pitahaya, por lo que se estima una generación de residuos orgánicos de 27´560,000 kg semestrales de residuos orgánicos provenientes de las plantaciones de pitahaya que son desechadas a la intemperie y sin ningún aprovechamiento en los alrededores de las fincas del cantón. La Ecuación 1 muestra la estimación de los residuos orgánicos.

Ecuación 1 *Produción de Residuos Orgánicos en las plantaciónes de Pitahaya cantón Palora.*

$$Total\ de\ R.Organicos\ =\ 13{,}780\ \text{kg de residuos orgánicos} * 2{,}000\ \text{héctareas}$$

$$Total\ de\ R.Orgánicos = 27´560{,}000\ \text{kg de residuos orgánicos semestrales.}$$

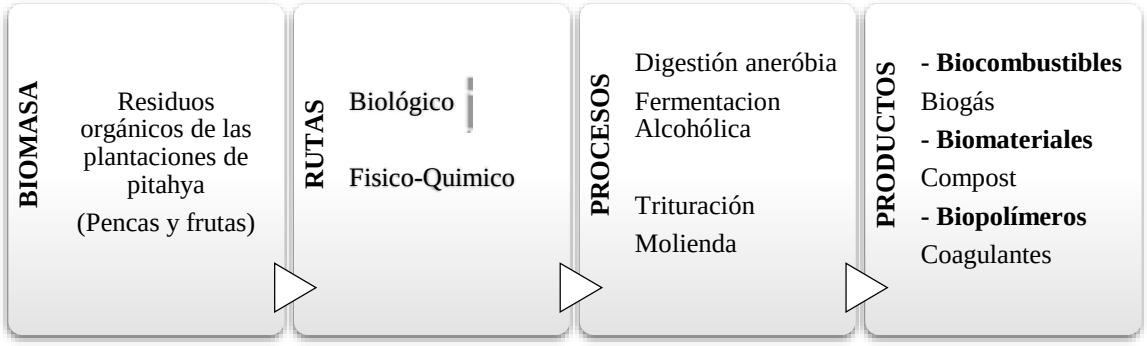
4.2 Criterios considerados en el diseño del modelo de bioeconomía circular a partir de los residuos de la pitahaya.

Las plantaciones de pitahaya amarilla ofrecen materia prima sustancial para poder ejercer una bioeconomía circular; ya que generan considerables cantidades de residuos orgánicos, entre ellos están los frutos dañados y las pencas de las podas. Santacruz, Santacruz, y Huerta (2009) mencionan que, la composición química de la pitahaya en 100g de fruta es: humedad 85.4g, carbohidratos totales 13.2g, cenizas 0.4g, extracto etéreo 0.1g, proteína 0.4g, fibra 0.5g, fósforo 16mg, calcio 10mg, hierro 0.3mg y vitamina C 4mg, los cuales dándole una valorización a su biomasa podría generar subproductos aprovechables. Por otro lado, en la marcha fitoquímica de los tallos y semillas de la pitahaya amarilla se encontró metabolitos como alcaloides, cumarinas, compuestos grasos, catequinas, saponina, azúcares reductores, entre otros (Verona-Ruiz, Urcia-Cerna, y Paucar-Menacho, 2020). En el cantón Palora existe una estimación aproximada de un total de 27´560,000 kg de residuos orgánicos entre pencas y frutas desechadas (55’120,000 anuales) las cuales pueden ser aprovechables directamente.

En este caso para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la pitahaya, la biorrefinería juega un papel importante en el establecimiento de una bioeconomía circular, en la cual la materia prima (residuos orgánicos de pitahaya) sustituirán los recursos fósiles en la producción de base biológica de alto valor. Al examinar las estrategias a aplicar para la obtención de los subproductos y lograr la circularidad a través de enfoques de valorización de residuos orgánicos, se pueden distinguir dos grupos principales de tecnologías: técnicas más convencionales como la alimentación del ganado, el compostaje, la producción de biogás, la incineración y la eliminación en vertederos; y biorrefinerías en cascada para la extracción, reciclaje y / o generación de compuestos de alto valor (Mahjoub y Domscheit, 2020). Luego del análisis de la literatura y basados en los principales sectores de la bioeconomía establecidos recientemente por IACGB (2020): Alimentación y agroindustria, Materiales de construcción, textiles, productos químicos y polímeros de base biológica, Procesado de papel, Salud y biofarmacéuticos, Bioenergía, Gestión de residuos y Recreación. Este análisis en el contexto de los procesos agrícolas del cultivo de la pitahaya se enfocó a los potenciales

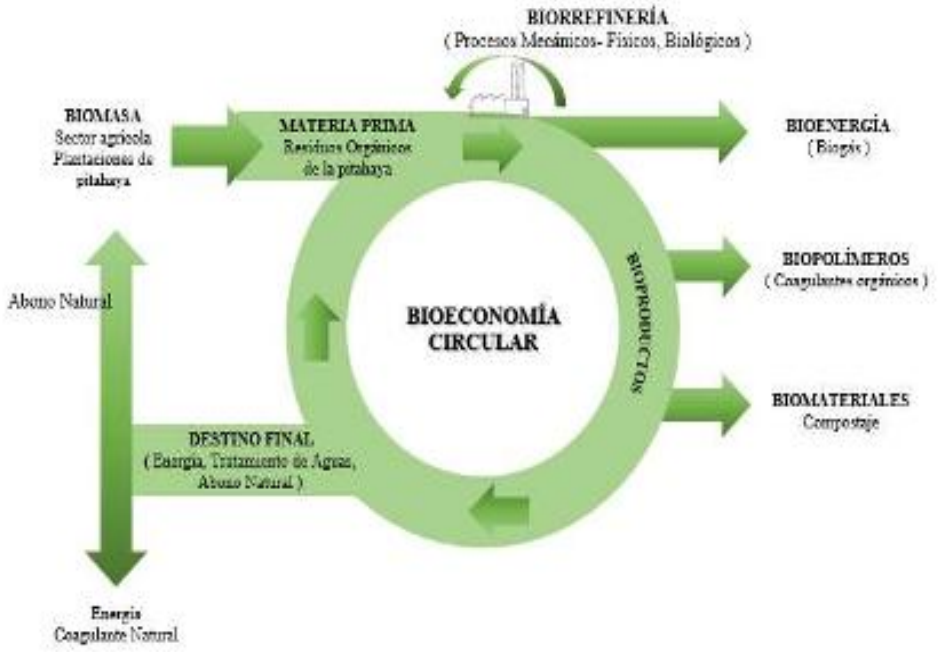
productos químicos y polímeros de base biológica (coagulante), Bioenergía (biogás), Gestión de residuos (Compostaje).

Figura 6 *Representación esquemática de la Biomasa Orgánica de la Pitahaya, mediante procesos de Biorrefineria a productos finales.*



El uso apropiado de estos residuos orgánicos de la pitahaya, los cuales dándole una valorización mediante diversos procesos de extracción no convencionales nos permite lograr una circularidad de aprovechamiento y la generación de nuevos subproductos. Para la ejecución de este modelo de bioeconomía de los residuos orgánicos nos basamos en la implementación de una variedad de tecnologías verdes relacionadas con la adquisición y conversión de biomasa para producir diversos productos como biocombustibles, bioquímicos y biomateriales, que tengan poca o ninguna competencia con los recursos alimentarios.

Figura 7 *Modelo de bioeconomía Circular en las plantaciones de Pitahaya.*



Este nuevo modelo incluye un uso integral, eficiente y priorizado de los recursos ("uso en cascada", (Pleissner, 2020) sustitución de materiales y energía de fuentes fósiles, con materiales y energía derivados de biomasa (biomateriales y bioenergía) (Kalmykova, Sadagopan, y Rosado, 2018); eficiencia de los procesos e introducción de tecnologías respetuosas con el medio ambiente (bioprocesos, tecnologías limpias y apropiadas) (Vanhamäki, Virtanen, Luste, y Manskinen, 2020); reintegración de residuos a nuevos ciclos productivos (economía circular), y menor demanda de materiales frescos (Carus y Dammer, 2018; Sherwood, 2020).

El aprovechamiento de los residuos orgánicos de la pitahaya, mediante el modelo de bioeconomía circular parte desde la recepción de la materia orgánica (pencas, fruta en mal estado), los cuales generan una biomasa alrededor de 28,040.000 kg, la cual deberá ser aprovechada directamente en los diferentes procesos al que deberán ingresar. Dentro de este modelo para la obtención de los diferentes subproductos empleamos la digestión anaeróbica, un bioproceso de recuperación de energía y nutrientes factible en el que la materia orgánica de la pitahaya se descompondrá por microbios anaeróbicos para producir metano y dióxido de carbono en condiciones anaeróbicas. Duan *et al.* (2020) menciona que "la *dinámica de la digestión anaeróbica depende de los sustratos y los factores físico-químicos, incluida la temperatura, la relación C / N, carga orgánica y pH*".

Esta circularidad que se genera con el aprovechamiento de los residuos de la pitahaya y sus subproductos generados como el biogás, coagulante natural y compost nos permite maximizar los beneficios económicos, energéticos y ambientales dentro del cantón Palora, con la capacidad de sustituir los productos sintéticos derivados del petróleo y varios otros. El biogás se a convertido en un sustituto importante en la sustitución de combustibles fósiles, con un valor calorífico de aproximadamente 20,800 a 23,600 kJ por metro cúbico, y se compone de 50–80% de CH_4, 20–40% de CO_2, 0–5% de N_2, <1% H_2, 0–1% de O_2, 0.1–3% de H_2S y 72– 144 ppm de NH_3 (Duan *et al.*, 2020). Este producto puede utilizarse para diferentes procesos para cocinar, así como para producir electricidad o energía mecánica utilizando motores, como combustible vehicular y para inyección de red de gas. El digestato producido a partir de la planta de biogás es un excelente estiércol rico en nutrientes (Kapoor *et al.*, 2020). El proceso de compostaje se desarrollará mediante la fermentación de desechos orgánicos de la pitahaya por metabolismo microbiano y el digestato producido en la planta de biogás, el producto favorece la fertilidad del suelo de las mismas plantaciones de pitahaya u de otras plantaciones. Los coagulantes naturales, se extraen de las pencas de la pitahaya (*Selenicereus sp)* y las frutas los cuales poseen propiedades aptas para el proceso de elaboracion de coagulantes y lograr con este producto la remoción de turbiedad y color en el agua.

A pesar de la existencia de un gran número de alternativas de recuperación de materia, hay que considerar la composición de la materia orgánica, así como la cantidad en la que se genera y el periodo de generación, que son variables necesarias para plantear procesos de transformación. Estudios realizados sugieren que para la valorización de los residuos es mejor trabajar en la obtención de compuestos de bajo valor, como los fertilizantes y la energía, estas opciones han sido algunas de las aplicaciones actuales y principales de empleos de estas materias prima (Ubando, Felix, y Chen, 2020). En el contexto de los desafíos globales planteados, se debe priorizar las cadenas en cascada con secuestro de carbono a largo plazo para la mitigación del cambio climático al tiempo que se promueve un uso eficiente y minimizado de los recursos hídricos (Vanhamäki, Virtanen, Luste, y Manskinen, 2020). El uso energético de la biomasa es el que menos valor añadido aporta al recurso, por lo que debe incluirse como última opción de uso dentro de la cadena, de forma que el material haya sido previamente utilizado de todas las formas posibles (Carus y Dammer, 2018).

Por su parte, Stegmann, Londo, y Junginger (2020) mencionan que la bioeconomía circular se centra en la valorización sostenible y eficiente de los recursos de la biomasa en cadenas de producción integradas de múltiples resultados (por ejemplo, biorrefinerías), al mismo tiempo que hace uso de residuos y desechos y optimiza el valor de la biomasa a lo largo del tiempo a través de la cascada. Tal optimización puede enfocarse en aspectos económicos, ambientales o sociales e idealmente considera los tres pilares de la sostenibilidad. Los pasos en cascada apuntan a retener la calidad de los recursos adhiriéndose a la pirámide de valor de base biológica y a la jerarquía de residuos cuando sea posible y adecuado. Tales el caso que este tipo de modelo de aprovechamiento dentro del cantón Palora, es tentativo y factible pues es una zona agrícola y los residuos orgánicos; no son aprovechados. En este sentido el modelo circular enfocado a los residuos de las plantaciones de pitahaya puede valorizar los residuos y generar nuevos subproductos a partir de los procesos de aprovechamiento.

4.3 Potencialidades de la bioeconomía como tecnología viable dentro del tratamiento de residuos orgánicos de los cultivos de pitahaya.

Aunque esta corriente de pensamiento se encuentra en la etapa inicial de conceptualización y práctica como menciona (Manrique, 2021), algunas características han alcanzado consenso en la comunidad mundial para definir la bioeconomía circular, donde la biomasa es la piedra angular. La bioeconomía crea oportunidades para expandir las industrias de base biológica, proporciona apoyo financiero para productos químicos / productos de base biológica y utiliza los recursos de una manera más eficaz y respetuosa con el medio ambiente. La atención de la investigación se centra cada vez más en la construcción de una bioeconomía circular y la mejora del valor de los flujos de materiales (Mak, Xiong, Tsang, Yu, y Poon, 2020).

- **BIOGÁS**

Como no existen estudios de la digestión anaeróbica de los residuos agrícolas de pitahaya para la proyección de biogás se consideraron los datos de los estudios de Krümpel, George, Gasston, Francis, y Lemmer (2020) que exploró el potencial del cultivo intensivo de Opuntia ficus-indica (L) Mill. (Cactaceae) para la producción de metano de su biomasa en tierras marginales en Kenia y de Zhao *et al.* (2016) que determinaron los rendimientos de conversión de biometano de residuos de frutas mediante digestión anaeróbica por lotes e incluyeron la especie *Hylocereus undulatus* Britt (Pitahaya).

A partir de estos datos (% de sólidos volátiles y Potencial de Biometano (PBM)) y con los resultados de residuos de biomasa de pitahaya que se muestran en la tabla 6 para las fincas de Palora, se calculó el potencial de biogás de los cultivos, determinando primero los SV y luego el metano, dando 311.6 m^3 de metano por cada hectárea con los residuos semestrales. Basado en ello, se estimó para las 2000 hectáreas de plantaciones de Pitahaya, alrededor de 623,200 m^3 de metano (1´246,400 m^3/año), como se puede observar en la ecuación 2.

Ecuación 2 *Producción de metano en las plantaciones de Pitahaya.*

$$Total\ de\ CH_4 = 311.6 \text{m}^3 \text{ de } CH_4 * 2000 \text{ héctareas}$$

$$Total\ de\ CH_4 = 623{,}200 \text{ m}^3 \text{de } CH_4 \text{ proveniente de las plantaciones semestrales.}$$

Tabla 6 *Composición y rendimientos específicos de metano*

Especie	***UM***	***Hylocereus undulatus Britt (Pitahaya)***[a]	***Opuntia ficus-indica (L) Mill.*** [b]
Parte de la planta	-	Cáscara	Tallos
N	% Base Seca	1.5	2.08
C	% Base Seca	35.6	62.8
ST	%	9.7	9.9
SV	% Base Seca	7.9	7.7
SV/ST	%	81.4	77.8
C/N	-	23.7	30.2
Proteínas	% Base Seca	0.1	12.98
Lípidos	% Base Seca	6.4	1.37
Celulosa	% Base Seca	34.7	14.31
Hemicelulosa	% Base Seca	14.3	7.19
Lignina	% Base Seca	1.7	1.83
Ceniza	% Base Seca	18.6	22.47
PBM	mL / g SV	212.1	294

a (Zhao *et al.*, 2016)
b (Krümpel, George, Gasston, Francis, y Lemmer, 2020).

- **COMPOST**

El compostaje aeróbico está ampliamente aceptado en la sociedad como un enfoque viable para la eliminación de desechos orgánicos, que podría convertir la materia orgánica en humus higiénico y estabilizado a través de una serie de procesos de biodegradación.

La aplicación de compost final en tierras de cultivo como fertilizante valioso podría mejorar los nutrientes del suelo y mejorar la capacidad de retención de humedad, la remediación del suelo contaminado mediante el ajuste del metabolismo microbiano (Duan *et al.*, 2020).

En el caso del proceso de compostaje, se valoró que la relación C/N era la adecuada para el proceso (valores entre 23.7-30.2). Adicionalmente, para estimar los rendimientos se consideraron los criterios de Siles-Castellano *et al.* (2020) y Cesaro, Conte, Belgiorno, Siciliano, y Guida (2019) que mencionan que por cada 890 kg de residuos se obtienen 300 kg de compost, con valores de humedad cercanos al 19%. Por lo que a partir de los 13,780 kg de residuos orgánicos que se generan en una hectárea se pueden obtener 4644.9 kg de compost. Algunos resultados parámetros FQ se emplearon para estimar la cantidad de nutrientes y componentes que pudieran recuperarse por la elaboración de compost con los residuos de pitahaya y se muestran en la tabla 7.

Tabla 7 *Estimación de la cantidad de nutrientes y componentes que pudieran recuperarse por el aprovechamiento de los residuos de pitahaya y la elaboración de compost.*

Parámetro	***Valores FQ expresados en g/kg de materia Seca***	***Cantidades de nutrientes expresados en kg***
N	20.80	28.32
P	2.51	3.43
K	55.32	75.47
S	2.29	3.13
Ca	40.52	55.28
Mg	10.54	14.38
Mn	0.54	0.74
Fe	0.62	0.85

[a] En función de los valores de la literatura de composición de Krümpel, George, Gasston, Francis, y Lemmer (2020) y la base de cálculo de residuos de biomasa de una hectárea 13780 kg de residuos orgánicos y considerando los 4644.9 kg de Compost que pudieran obtenerse. Es por ende que se estima que para las 2000 hectáreas de plantaciones de pitahaya se obtiene alrededor de 9´289,887 kg de compost semestralmente (18´579,775 kg/año) como se puede observar en la ecuación 3.

Ecuación 3 *Producción de compost en las plantaciones de pitahaya.*

$$Compost\ total\ = 4644.9 \text{ kg de Compost} * 2000 \text{ héctareas}$$

$$Compost\ total\ = 9´289{,}887 \text{ kg de compost semestrales}$$

El compost como un suplemento eficaz facilita los nutrientes del suelo mediante el suministro de fertilizantes orgánicos, mejora la estructura del suelo al ajustar la actividad microbiana que mejora la capacidad de retención de agua y la adaptabilidad (Caiza, Chimbo, Sarduy Pereira, Pisco, y Diéguez Santanaa, 2018), aumenta la actividad enzimática y altera metabolismo microbiano, mejoran aún más el rendimiento y la calidad de los cultivos (Duan *et al.*, 2020).

- **COAGULANTE**

Mientras para el caso de los coagulantes basado en los estudios de Yin (2010) y Mendoza *et al.* (2008) y considerando que el 50% peso es para la cáscara de las pencas, se podrían obtener 6890 kg de coagulantes semestrales por cada hectárea de cultivo, que empleado a concentraciones de 50 mg/L, podrían emplearse para depurar 137800 m^3 de agua.

Un estudio realizado anteriormente por Lans-Ceballos, Marsiglia, Lans-Cuesta, Guzman, y Forero-Doria (2021) demostró que la pitahaya (*Hylocereus triangularis*) eliminó la turbidez en 97%, el color en 91%, los cloruros en 82% y los nitritos en 92%. Esta planta estudiada tiene un uso potencial para la remoción de turbidez, color, cloruros y nitritos en agua para consumo humano y aguas residuales industriales, por lo que la pitahaya puede tener una elevada efectividad en el tratamiento de aguas residuales.

Como plantean Mak, Xiong, Tsang, Yu, y Poon (2020), la economía de base biológica puede desempeñar un papel fundamental a la hora de abordar múltiples obstáculos globales críticos, como son el cambio climático, el aumento de la población, los recursos naturales limitados y la creciente demanda de alimentos y materiales. Puesto que la implementación de la bioeconomía puede contribuir a la producción sostenible de productos químicos, materiales y combustibles a partir de biomasa, lo que por ende permite disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente y reducir la dependencia de los recursos fósiles.

Las investigaciones científicas deben traducirse en tecnologías más rentables, que puedan integrarse aún más con el desarrollo de políticas y contribuir principalmente en los países en vías de desarrollo, donde muchas veces no se disponen recursos ni conocimientos suficientes para la implementación de estas. Adicionalmente, en investigaciones futuras deberían ayudar a sugerir criterios de sostenibilidad adecuados para diferentes productos y evaluar estrategias de bioeconomía en diferentes jurisdicciones y regiones, así como plantea Garud y Gehman (2012) analizar la evolución en el tiempo de la bioeconomía circular y sus impactos recíprocos, sinergias y límites para lograr la bioeconomía circular.

Lo que diferencia este nuevo modelo económico de otros es el hecho de la incorporación del conocimiento y de avances científicos y tecnológicos para el desarrollo de nuevas alternativas y senderos productivos que impulsen la aplicación de nuevas tecnologías en el aprovechamiento sostenible de los recursos y procesos biológicos, con el fin de proveer bienes y servicios en todos los sectores económicos con el fin de migrar de la insostenible economía basada en combustibles fósiles a la economía de la biomasa renovable (Hodson, 2018).

La bioeconomía ha ganado importancia durante la última década como marco de referencia para el diseño e implementación de políticas de desarrollo productivo e innovación. sobre todo, ante la necesidad de transitar a formas de producción en las que se minimice o elimine la generación de desechos y el uso de combustibles fósiles (Rodríguez, dos Santos, y Sotomayor, 2019). El núcleo del estudio presenta los principios bajo los cuales este nuevo paradigma científico en el desarrollo sostenible puede continuar creando más conocimiento científico para ser utilizado en la formulación e implementación de elecciones estratégicas para el proceso de bioproducción, biodistribución y bioconsumo (Vargas-Hernández, Pallagst, y Hammer, 2018).

La bioeconomía puede proveer nuevas opciones para el desarrollo agrícola y rural y la creación de empleos de calidad; por ejemplo, abriendo nuevas oportunidades para la agricultura, como una actividad ya no solo dedicada a producir alimentos e ingredientes, sino también a la producción de biomasa para otros usos; creando oportunidades para el desarrollo de nuevas cadenas de valor, a partir del uso de biomasa no alimentaria y de desechos, y de la elaboración de bio insumos para la agricultura (por ejemplo, biofertilizantes, bionematicidas, biopesticidas, biofungicidas, bioacondicionadores); y posibilitando el desarrollo de pymes basadas en el conocimiento, insertadas en nuevas

cadenas de valor y que le brinden oportunidades de empleo y desarrollo empresarial a jóvenes y mujeres (Rodríguez, Mondaini, y Hitschfeld, 2017)

Uno de los principales retos es garantizar la sostenibilidad de una economía de base biológica, es garantizar una producción agrícola respetuosa con el medio ambiente y con criterios de sostenibilidad, en el caso de la producción sostenible de biomasa y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) deben incluirse criterios de evaluación de la sostenibilidad para los bioproductos, bioenergía y biocombustibles que sean similares y para evitar fugas.

En general, el gran desafío al que se enfrenta la bioeconomía es garantizar un crecimiento económico utilizando recursos renovables sin dañar el medio ambiente y responder a los problemas globales de energía y seguridad alimentaria, cambio climático, pobreza y la escasez cada vez mayor de suministro de agua potable y tierras productivas.

CONCLUSIONES

- La recolección de información primaria es una de las etapas más críticas y concisas que son tomadas en cuenta al momento de estimar la cantidad de residuos orgánicos, en el cantón Palora existe alrededor de 2000 héctareas de pitahaya, de las cuales se tomó como referencia una hectárea generando alrededor de 13,780 kg de residuos organicos los cuales pueden ser aprovechados para la estimación de biogás, coagulante y compost que pueden generarse.
- El establecimiento de un modelo de bioeconomía circular en el cantón Palora, basado en el aprovechamiento de residuos orgánicos de la pitahaya, aún requiere mayores esfuerzos de investigación e innovación; pues es un término aún poco estudiado e implementado; el cual necesita de una mayor colaboración tanto a nivel regional, local como internacional, ya que este modelo involucra al cambio total de toda una economía lineal que historicamente se ha venido desarrollando.
- Dentro de la bioeconomía circular el término de biorrefinería es percibida como una de las perspectivas más relevante en generar múltiples bioproductos mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante la integración de varias técnicas relevantes. En el caso de aprovechamiento de los residuos orgánicos de la pitahaya (*Selenicereus sp*.), aún no existen suficientes estudios de aprovechamiento y estudios de nuevas técnicas de aprovechamiento de residuos estos residuos; es por ello que nuestro proyecto lo planteamos de manera teórica, el cual puede ser punto de partida para futuras investigaciónes.
- Finalmente se concluye en que el presente proyecto describe una revisión exhaustiva de estrategias de aprovechamiento que pueden aplicarse con los residuos orgánicos procedentes de la agricultura, provenientes de las plantaciones de pitahaya; con enfoque de biorrefinería que pueda incluir perspectivas futuras de la bioeconomía circular, sostenibilidad y conservación de la biodiversidad.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios prácticos con las fracciones de residuos orgánicos generados de las plantaciones de pitahaya en el cantón Palora (pencas de las plantas y frutas dañadas) con la finalidad de comprobar que pueden ser adecuados para elaborar los subproductos analizados (biogás, coagulantes y compost).
- Proponer a los propietarios, autoridades locales e instituciones que regulan y controlan la actividad en el cantón que consideren las opciones de valorización de los desechos propuestas en este documento como una alternativa para disminuir la contaminación y reducir los impactos asociados por la disposición inadecuada en campos, acuiferos y laderas de las fincas del cantón.
- Analizar otros procesos y productos que pudieran incluirse en el contexto de bioeconomía circular tales como obtención de productos químicos, polímeros de base biológica, alimentos funcionales o componentes biofarmacéuticos, que dada las propiedades de la fruta, pudieran encontrarse en restos de frutas y pencas de la planta.

REFERENCIAS

Afanador, L. N. (2017). Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. *Ingeciencia, 2*(1), 65-76.

Aguilar, A., Bochereau, L., & Matthiessen, L. (2009). Biotechnology as the engine for the Knowledge-Based Bio-Economy. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews, 26*(1), 371-388. doi:10.5661/bger-26-371

Andalucía, J. d. (2018). *Estrategia Andaluza Bioeconomía Circular*. Sevilla, España.Recuperado de https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Estrategia_Andaluza_Bioeconomia_Circular_EABC_18.09.2018.pdf

Aramendis, R. H., Rodríguez, A. G., & Krieger Merico, L. F. (2018). *Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía* (Publicación de las Naciones Unidas. LC/TS.2018/51). Santiago de Chile.Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43825/1/S1800540_es.pdf

Bessou, C., Ferchaud, F., Gabrielle, B., & Mary, B. (2011). *Biofuels, greenhouse gases and climate change*: Springer, Dordrecht.

BioPlat. (2017). *Manual sobre las Biorrefinerías en España*. Madrid, España: BioPlat-SusChem.

Caiza, D., Chimbo, A., Sarduy Pereira, L. B., Pisco, W., & Diéguez Santanaa, K. (2018). Propuesta de producción más limpia en el proceso de elaboración de abonos orgánicos con desechos del camal, realizado en el relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*.

Carus, M. (Producer). (2018, Enero 8). BioEconomía. *La bioeconomía es mucho mas que una economía circular*. Recuperado de https://www.bioeconomia.info/2018/01/08/la-bioeconomia-mucho-mas-una-economia-circular/

Carus, M., & Dammer, L. (2018). The circular bioeconomy—concepts, opportunities, and limitations. *Industrial biotechnology, 14*(2), 83-91.

Castro, C. S. (2019). *Propuesta de aprovechamiento de los residuos orgánicos desechados en la Empresa MBN Exportaciones & CIA SRL para la elaboración y comercialización de compost en la región Lambayeque.* (Opción al título de

ingeniero industrial, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú). Recuperado de http://hdl.handle.net/20.500.12423/2364.

Cesaro, A., Conte, A., Belgiorno, V., Siciliano, A., & Guida, M. (2019). The evolution of compost stability and maturity during the full-scale treatment of the organic fraction of municipal solid waste. *Journal of Environmental Management, 232*, 264-270. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.121

Chemah, T. C., Aminah, A., Noriham, A., & Wan Aida, W. M. (2010). Determination of pitaya seeds as a natural antioxidant and source of essential fatty acids. *International Food Research Journal, 17*, 1003-1010.

Diéguez-Santana, K., Sarduy-Pereira, L. B., & Decker, M. (2021). Characterization and Quantification of Municipal Solid Waste in Fátima, Ecuadorian Amazon Parish *Journal of Environmental Treatment Techniques, 9*(2), 392-401. doi:https://doi.org/10.47277/JETT/9(2)401

Dieguez-Santana, K., Zabala-Velin, A. A., Villarroel-Quijano, K. L., & Sarduy-Pereira, L. B. (2020). Evaluation of the Environmental Impact of the Pitahaya Crop, Cantón Palora, Ecuador. *TecnoLógicas, 23*(49), 113-128. doi:10.22430/22565337.1621

Duan, Y., Pandey, A., Zhang, Z., Awasthi, M. K., Bhatia, S. K., & Taherzadeh, M. J. (2020). Organic solid waste biorefinery: Sustainable strategy for emerging circular bioeconomy in China. *Industrial Crops and Products, 153*, 112568. doi:https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112568

Esquivel, P., & Araya, Y. (2012). Características del fruto de la pitahaya (Hylocereus sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 3*(1), 113-129.

Ferreira, V. (Producer). (2019, Febrero 11). Indicador de economía. *Bioeconomía circular: una oportunidad y una necesidad para Cataluña*. Recuperado de https://www.indicadordeeconomia.com/opinio/137/bioeconomia-circular-una-oportunidad-y-una-necesidad-para-cataluna

García-Baquero, R. D., Ugarte, J. A., Martín, C. C., Heras, T. P., Pagés, A. S., & Martín, M. d. S. C. (2018). Oportunidades de la bioeconomía en Andalucía: Estrategia Andaluza de Bioeconomía Circular. *Mediterráneo económico*(31), 119-131.

Garud, R., & Gehman, J. (2012). Metatheoretical perspectives on sustainability journeys: Evolutionary, relational and durational. *Research Policy, 41*(6), 980-995. doi:https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.07.009

Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., & García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica,, 16*(1), 253-262.

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodologia de la Investigación*. Mexico, DF: McGRAW-HILL / Interamericana Editores S.A.

Hodson, E. (2018). Bioeconomía: el futuro sostenible. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 42*(164), 188-201. doi:http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.650

Holfman, A. (2018). Prevención, Valorización y Buen Manejo de los Residuos. In. Chile: Academia de Formación Ambiental.

IACGB. (2020). *Expanding the Sustainable Bioeconomy –Vision and Way Forward. Communiqué of the Global Bioeconomy Summit 2020*. Berlin, Germany.Recuperado de https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2020/11/GBS2020_IACGB-Communique.pdf

Jamilah, B., Shu, C., Kharidah, M., Dzulkily, M., & Noranizan, A. (2011). Physico-chemical characteristics of red pitaya (Hylocereus polyrhizus) peel. *International Food Research Journal, 18*(1), 279-286.

Josep, M. J. (2007). La información contable en el análisis y predicción de viabilidad de las explotaciones agrícolas. *Revista de Economía Aplicada, 15*(44), 109-135.

Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling, 135*, 190-201. doi:https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034

Kapoor, R., Ghosh, P., Kumar, M., Sengupta, S., Gupta, A., Kumar, S. S., . . . Pant, D. (2020). Valorization of agricultural waste for biogas based circular economy in India: A research outlook. *Bioresource Technology, 304*, 123036. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123036

Krümpel, J., George, T., Gasston, B., Francis, G., & Lemmer, A. (2020). Suitability of Opuntia ficus-indica (L) Mill. and Euphorbia tirucalli L. as energy crops for anaerobic digestion. *Journal of Arid Environments, 174*, 104047. doi:https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104047

Lans-Ceballos, E., Marsiglia, M., Lans-Cuesta, G., Guzman, L., & Forero-Doria, O. (2021). Improvement to quality of surface waters from rural communities: vegetable extracts as a sustainable and cheap alternative. *Environment,*

Development Sustainability, 23, 2062–2070. doi:https://doi.org/10.1007/s10668-020-00663-8

Le Bellec, F., Vaillant, F., & Imbert, E. (2006). Pitahaya (Hylocereus spp.): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits, 61*(4), 237-250. doi:https://doi.org/10.1051/fruits:2006021

Lorente, M., Ariadna, P., & Soler Herrero, J. (2019). *Digestión anaerobia de azúcares reductores para obtención de biocombustibles: revisión bibliográfica.* (Trabajo Fin de Grado, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España). Recuperado de https://core.ac.uk/download/pdf/290002341.pdf.

MAG. (2020, Octubre 29, 2020). MAG mantiene reuniones de trabajo con pequeños productores de pitahaya. Recuperado de https://www.agricultura.gob.ec/mag-mantiene-reuniones-de-trabajo-con-pequenos-productores-de-pitahaya/

Mahjoub, B., & Domscheit, E. (2020). Chances and challenges of an organic waste-based bioeconomy. *Current Opinion in Green Sustainable Chemistry*, *25*, 100388. doi:https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100388

Maisanche, F. (2020, Febrero Martes). Palora detiene la siembra de más pitahaya. *El Comercio*, 7.

Mak, T. M. W., Xiong, X., Tsang, D. C. W., Yu, I. K. M., & Poon, C. S. (2020). Sustainable food waste management towards circular bioeconomy: Policy review, limitations and opportunities. *Bioresource Technology, 297*, 122497. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122497

Manrique, S. M. (2021). Biomass as a Cornerstone of a Circular Economy: Resources, Energy, and Environment. In A. Banerjee, R. S. Meena, M. K. Jhariya, & D. K. Yadav (Eds.), *Agroecological Footprints Management for Sustainable Food System* (pp. 179-219). Singapore: Springer Singapore.

Marmolejo, L. F., Torres, P., Oviedo, E. R., Bedoya, D. F., Amezquita, C. P., Klinger, R., . . . Diaz, L. F. J. I. y. c. (2009). Flujo de residuos: Elemento base para la sostenibilidad del aprovechamiento de residuos sólidos municipales. *Ingeniería y competitividad, 11*(2), 79-93.

Mendoza, I., Fuentes, L., Caldera, Y., Perdomo, F., Suárez, A., Mosquera, N., & Arismendi, H. (2008). Eficiencia de Hylocereus lemairei como coagulante-floculante en aguas para consumo humano. *Impacto Científico, 3*(1), 53-69.

Mohan, S. V., Dahiya, S., Amulya, K., Katakojwala, R., & Vanitha, T. (2019). Can circular bioeconomy be fueled by waste biorefineries—A closer look.

Bioresource Technology Reports, 7, 100277. doi:https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100277

Mohan, S. V., Nikhil, G., Chiranjeevi, P., Reddy, C. N., Rohit, M., Kumar, A. N., & Sarkar, O. (2016). Waste biorefinery models towards sustainable circular bioeconomy: critical review and future perspectives. *Bioresource Technology, 215*, 2-12. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.130

Mora, D. P. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de la pitahaya Hylocereus megalanthus (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer.: medidas para la temporada invernal*. Bogota, Colombia.Recuperado de http://hdl.handle.net/20.500.12324/2283

Neila, J. C. L., Acedos, M. G., & Fuertes, B. R. (2020). Biorrefinerías, el futuro para la transición hacia la (bio) economía circular. *Industria química*(79), 36-45.

Nunez, P., & Colmenero, A. (2011). Agua, agricultura y desarrollo: avances y retos para la reducción de la pobreza. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*(230), 11-38. doi:10.22004/ag.econ.186914

Omidizadeh, A., Yusof, R. M., Ismail, A., Roohinejad, S., Nateghi, L., Zuki, M., & Bakar, A. (2011). Cardioprotective compounds of red pitaya (Hylocereus polyrhizus) fruit. *Journal of Food, Agriculture Environment, 9*(3-4), 152-156. doi:https://doi.org/10.1234/4.2011.2242

Otero, M. (Producer). (2019, Noviembre 1). Inter press service. *Bioeconomía, una llave para el desarrollo rural latinoamericano.* Recuperado de http://www.ipsnoticias.net/2019/11/bioeconomia-una-llave-desarrollo-rural-latinoamericano/

Pedreño, J. N., Herrero, J. M., Lucas, I. G., & Beneyto, J. M. (1995). *Residuos orgánicos y agricultura*. Alicante, España: Universidad de Alicante.

Pleissner, D. (2020). Chances and challenges of the biologization of the economy of rural areas. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 23*, 46-49. doi:https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.02.008

Raffino, M. (Producer). (2020, Julio 20). Concepto.de. *Materia prima*. Recuperado de https://concepto.de/materia-prima/

Ramos-Ramos, T. P., Guevara-Llerena, D. J., Sarduy-Pereira, L. B., & Diéguez-Santana, K. (2020). Producción más limpia y ecoeficiencia en el procesado del cacao: Un caso de estudio en Ecuador. *Investigación & Desarrollo*, *20*(1), 135-146. doi:10.23881/idupbo.020.1-10i

Ramos Agüero, D., Terry Alfonso, E., Soto Carreño, F., & Cabrera Rodríguez, J. A. (2014). Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Cultivos Tropicales, 35*, 90-97.

Rivera, K. I. (2018). *Beneficio del uso de abono orgánico en la producción de arroz como aporte al cambio de la matriz productiva.* (Ingeniería en Comercio Exterior, Universidad de Guayaquil Guayaquil, Ecuador). Recuperado de http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17652.

Rodríguez, A., dos Santos, M., & Sotomayor, O. (2019). *Hacia una bioeconomía sostenible en América Latina y el Caribe: elementos para una visión regional*. Santiago de Chile.Recuperado de https://www.cepal.org/es/publicaciones/44640-bioeconomia-sostenible-america-latina-caribe-elementos-vision-regional

Rodríguez, A., Mondaini, A. O., & Hitschfeld, M. A. (2017). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas*. Santiago de Chile.Recuperado de https://www.cepal.org/es/publicaciones/42427-bioeconomia-america-latina-caribe-contexto-global-regional-perspectivas

Rodríguez, A. G. (2017). *La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42724/1/S1701068_es.pdf

Rodríguez, C. A. (2000). Producción y comercialización de pitahayas en México. *Claridades Agropecuarias, 82*, 3-22.

Rodriguez, E. (2012). *Biomasa, biocombustibles y sostenibilidad*. Palencia, España: Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT.

Sandoval, V. P., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*(15), 85-95.

Santacruz, C., Santacruz, V., & Huerta, V. M. (2009). *Agroindustrialización de pitaya*. Ciudad de La Habana, Cuba: Editorial Universitaria.

Sherwood, J. (2020). The significance of biomass in a circular economy. *Bioresource Technology, 300*, 122755. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122755

Siles-Castellano, A. B., López, M. J., Jurado, M. M., Suárez-Estrella, F., López-González, J. A., Estrella-González, M. J., & Moreno, J. (2020). Industrial composting of low carbon/nitrogen ratio mixtures of agri-food waste and impact on compost quality. *Bioresource Technology, 316*, 123946. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123946

Sillanpää, M., & Ncibi, C. (2017). Biomass: The Sustainable Core of Bioeconomy. In *A Sustainable Bioeconomy. The Green Industrial Revolution* (pp. 55-78). Switzerland AG. : Springer, Cham.

Silva, A. (1998). *La materia orgánica del suelo.* Montevideo.Recuperado de http://bibliofagro.pbworks.com/f/materia%20organica%20del%20suelo.pdf

Soto-Cabrera, A. I., Panimboza-Ojeda, A. P., Ilibay-Granda, C. G., Valverde-Lara, C. R., & Diéguez-Santana, K. (2020). Impacto ambiental de la operación del Centro de faenamiento de la ciudad de Puyo, Pastaza, Ecuador. *Prospectiva, 18*(1), 60-68. doi:https://doi.org/10.15665/rp.v18i1.2101

Soto, G. (2002). *Abonos orgánicos para la producción sostenible de tomate*. Turrialba, Costa Rica.Recuperado de http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2002e/A2002e.pdf

Stegmann, P., Londo, M., & Junginger, M. (2020). The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters. *Resources, Conservation & Recycling: X, 6*, 100029. doi:https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100029

Ubando, A. T., Felix, C. B., & Chen, W.-H. (2020). Biorefineries in circular bioeconomy: A comprehensive review. *Bioresource Technology, 299*, 122585. doi:https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122585

Vanhamäki, S., Virtanen, M., Luste, S., & Manskinen, K. (2020). Transition towards a circular economy at a regional level: A case study on closing biological loops. *Resources, Conservation and Recycling, 156*, 104716. doi:https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104716

Vargas-Hernández, J. G., Pallagst, K., & Hammer, P. (2018). Bio economía en la encrucijada del desarrollo sostenible. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, 4*(7), 800-815.

Vargas, Y., Pico, J. T., Díaz, A., Sotomayor, D. A., Burbano, A., Caicedo, C., . . . Bastidas, S. (2020). *Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana* (9942224890). La Joya de los Sachas, Ecuador.Recuperado de http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5551

Vásquez, A. (Producer). (2019, Octubre 23). Investigación y desarrollo. *Biorrefinería: de la biomasa a los biocombustibles y productos químicos*. Recuperado de https://invdes.com.mx/los-investigadores/biorrefineria-la-biomasa-los-biocombustibles-productos-quimicos/

Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición

nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria, 11*(3), 439-453. doi:http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16

Villarán, M. C., Chávarri, M., Dietrich, T., & Rodríguez, E. (2018). Subproductos hortofrutícolas para una bioeconomía circular. *Mediterráneo económico*(31), 251-272.

Yin, C.-Y. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry, 45*(9), 1437-1444. doi:https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030

Yuan, J. S., Tiller, K. H., Al-Ahmad, H., Stewart, N. R., & Stewart Jr, C. N. (2008). Plants to power: bioenergy to fuel the future. *Trends in plant science, 13*(8), 421-429. doi:https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.06.001

Zhao, C., Yan, H., Liu, Y., Huang, Y., Zhang, R., Chen, C., & Liu, G. (2016). Bio-energy conversion performance, biodegradability, and kinetic analysis of different fruit residues during discontinuous anaerobic digestion. *Waste Management, 52*, 295-301. doi:https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.028

ANEXOS

Anexo 1 *Podas periódicas realizadas en las plantaciones de Pitahaya.*



Anexo 2 *Residuos Orgánicos provenientes de las plantaciones de pitahaya (pencas).*



Anexo 3 *Acumulación de Residuos orgánicos en las áreas aledañas a las plantaciones de pitahaya.*



Anexo 4 *Residuos orgánicos (fruta) desechada a la interperie.*

