



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**PERSPECTIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL CULTIVO DE  
PIÑA**

**TRABAJO MONOGRÁFICO  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA  
ANDREA GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ**

**Cd. Mx. 2024**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO**

**PRESIDENTE Profesora: Olga del Carmen Velázquez Madrazo**

**VOCAL Profesor: Arturo Navarro Ocaña**

**SECRETARIO Profesor: Jonathan Trapala Reyna**

**SUPLENTE 1 Profesora: Karla Mercedes Diaz Gutiérrez**

**SUPLENTE 2 Profesor: Fernando Martínez Castañeda**

**SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:**

**Es un trabajo monográfico desarrollado a partir de fuentes bibliográficas de libros tanto digitales y físicos.**

**ASESOR DEL TEMA:**

**Olga del Carmen Velázquez Madrazo**

---

**SUSTENTANTE:**

**Andrea Gutiérrez Rodríguez**

---

## Índice

Introducción y justificación.....	3
Objetivos.....	3
Desarrollo.....	4
Capítulo 1. Cultivo de piña.....	8
1.1. <i>Disminución en la producción de piña en México</i> .....	9
1.2. <i>Producción de piña a futuro</i> .....	11
1.3. <i>Comercialización de la piña</i> .....	11
Capítulo 2. Componentes de la piña y usos.....	12
2.1 <i>Hojas de la planta de piña, pulpa, cáscara, corona y bagazo</i> .....	13
2.3 <i>Componentes específicos del fruto de piña</i> .....	16
2.2 <i>Enzimas y componentes funcionales para la salud</i> .....	19
2.3 <i>Bromelina, componente más importante en la piña</i> .....	20
2.4 <i>La bromelina y el cáncer</i> .....	22
Capítulo 3. Aplicación y uso en la industria de alimentos.....	24
3.2 <i>Innovación y variedades del cultivo</i> .....	25
3.3 <i>Piña Integral Pulverizada como ingrediente de alimentos</i> .....	26
3.4 <i>Alimentos para otros seres vivos</i> .....	27
CAPITULO 4. Otras aplicaciones.....	29
4.2 <i>Elaboración de desechables</i> .....	29
4.3 <i>Fibras para textiles</i> .....	31
4.4 <i>Glucosa y bio-etanol</i> .....	33
4.5 <i>Elaboración de biodetergentes</i> .....	36
Conclusiones.....	38
Referencias.....	39

## **Introducción y justificación**

La piña forma parte de la familia de las bromelias. Los tipos cultivados pertenecen al género *Ananas* que agrupa varias especies, entre ellas *Ananas comosus*, que es la que más se explota con fines comerciales. La piña (*Ananas comosus* (L) Merr) es uno de los frutos tropicales y subtropicales que ha tenido mayor impacto en todas las zonas tropicales, dado que es uno de los cultivos que se adapta mejor a estas condiciones ambientales (Morga, 2003). México es uno de los 10 principales productores de piña en el mundo, es considerado un cultivo muy importante en varias regiones del país; además de Veracruz, se cultiva en Oaxaca, Tabasco, Jalisco y Nayarit.

Los desechos de piña (pulpa y cáscara) han sido utilizados en la alimentación de rumiantes en Costa Rica, con resultados satisfactorios y este tipo de suplemento ha beneficiado a los productores, al sostener y aumentar la carga animal por hectárea en épocas de déficit forrajero. (Gutiérrez et al, 2003).

La empresa mexicana, ORPI (Organización Piñera de Alta Calidad S.P.R. de R.L.), con sede en el estado de Veracruz, produce actualmente piña fresca, además de productos derivados del mismo fruto, tales como: jugo, mermelada y piña en trozo. Pero tiene gran interés en hacer un aprovechamiento integral de la planta e incluso de los subproductos de piña incluyendo pulpa, cáscara, hojas y rastrojo.

## **Objetivo**

Este proyecto tiene como objetivo identificar todos los probables usos de la piña y sus componentes, tanto en el área de alimentos por ejemplo para la elaboración de productos tales como concentrados, fermentados

como vinagre, tepache, kombucha; dulces cristalizados, jugos y mermeladas, pastas o bases para repostería y heladería y productos combinados de piña con otras frutas), como en otras áreas, incluyendo productos no alimentarios, por ejemplo, textiles o sustituto vegetal de cuero, artículos desechables biodegradables como platos y empaques para alimentos, e inclusive hasta la utilización de subproductos del procesamiento industrial en ensilados y forrajes.

## **Desarrollo**

La piña (*Ananas comosus*) es una fruta tropical muy apreciada por su aroma y sabor dulce únicos. Es conocida como una fruta con atributos sensoriales muy característicos, tales como la acidez y dulzor; además contiene una serie de compuestos volátiles en pequeñas cantidades y mezclas complejas que hacen que su aroma sea delicioso e inconfundible. (Mohd et al, 2020). La piña también es una rica fuente de minerales y vitaminas que ofrecen una serie de beneficios para la salud.

La demanda de estas frutas se encuentra en su punto más alto, ya que ahora gracias a formas más eficientes de conservar y transportar, son más accesibles para los consumidores que viven a distancias considerables de las regiones donde se cultivan las frutas. (Cannon y Ho, 2018).

El aroma de piña es una mezcla de varios compuestos volátiles y no volátiles que están presentes en pequeñas cantidades y en mezclas complejas. Los componentes volátiles de la piña se han estudiado ampliamente y se han informado o detectado más de 280 compuestos. (Lasekan y Hussein, 2018). El contenido de compuestos aromáticos en la piña depende de muchos factores tales como el origen climático y geográfico, variedades, diferentes etapas de maduración y condiciones

de almacenamiento postcosecha. La composición de compuestos aromáticos se puede utilizar con fines de control de calidad, así como para la autenticación y clasificación de variedades de piña. (Lasekan y Hussein, 2018)

Debido al pico de producción de piña entre finales de verano y principios de otoño, a la distribución del consumo y al costo de transportación del fruto fresco, se producen muchos productos industrializados, destacando entre ellos jugo, piña enlatada y mermeladas. También se utiliza el jugo para producir vinagre de piña. (Infoagro, 2017)

El alto costo de transporte y la disponibilidad limitada de espacios para manejar los desechos de la piña, hace que en su mayoría sean arrojados y quemados abiertamente, sin preocupación por la contaminación ni por el desperdicio que implica.

Las hojas de las plantas después de la cosecha se consideran un material de desecho que permanece en el campo de cultivo, causando un gran problema para los agricultores y para el ambiente; ocasiona un efecto grave en la huella de carbono, ya que normalmente las hojas se queman. La utilización efectiva de los residuos agrícolas es una necesidad, además del abono convencional y el compostaje, por lo que se han desarrollado productos útiles en diferentes campos (Hodgson, 201).

Lograr la utilización completa de la piña, dado el potencial de bienes rentables en la industria alimentaria y en otros sectores, puede proporcionar una amplia variedad de productos obtenidos del procesamiento de desechos y alimentos diferentes, de gran importancia económica. (Mohd et al, 2020)

A la piña se le atribuyen varias propiedades medicinales, resaltando las relacionadas con la enzima proteolítica llamada bromelina, que ayuda a metabolizar los alimentos. La piña está compuesta en gran parte por agua y fibra, componentes que le confieren la característica de ser baja en calorías (solo 49 kcal/100 gramos de producto), por lo que es perfecto para quienes siguen una dieta nutricional. La elevada cantidad de bromelina juega un papel fundamental en su empleo como antiinflamatorio (SCSLAT, 2021)

También ayuda en las dietas para adelgazamiento por su poder diurético. Uno de los minerales que tiene la piña, el potasio, facilita la eliminación de líquidos con lo que evita los edemas, lo cual, aunado de alto contenido de fibra, ayuda a esos propósitos. (Ecoagricultor, 2021). La piña produce sensación de saciedad gracias a su contenido en fibra y por su un bajo contenido en calorías es ideal para una dieta nutricional. Es rica en antioxidantes y fuente de vitamina C, que entre sus funciones contribuye a proteger las células del daño oxidativo (Ochoa, 2022)

La bromelina afecta la coagulación de la sangre a través de la capacidad fibrinolítica del suero y previene la síntesis de proteínas de coagulación de la sangre como la fibrina. Los anticoagulantes son el grupo de fármacos que pueden disminuir o inhibir la coagulación de la sangre, se utilizan para el control clínico de la trombosis, así como en el control y tratamiento de enfermedades cardíacas. La bromelina restringe la producción de fibrina al reducir algunos de los intermediarios del proceso de formación de coágulo y acelerar la fibrogénesis, por lo que la bromelina se considera un agente fibrinolítico, ya que es un auxiliar para disolver los coágulos que obstruyen las arterias. (Varilla et al., 2021)

El manejo del rastrojo es muy variado, tanto por parte de las empresas agroalimentarias como en los laboratorios científicos. Dos de las técnicas



llevadas a cabo en Costa Rica y que pretenden tener un efecto positivo en el ambiente, ante la crisis climática actual, son la producción de biocombustibles y la creación de fibras textiles a partir de este desecho. (UCR, 2020)

La obtención de combustibles líquidos a partir de biomasa ha despertado gran interés en los últimos años; una solución más atractiva es usar biomasa residual de origen agrícola como materia prima, por lo que se podrían aprovechar al máximo los residuos agrícolas de piña, para obtener celulosa y bio-etanol. El etanol mezclado con gasolina aumenta el número de octano y promueve una mejor combustión, reduciendo las emisiones contaminantes. La celulosa y hemicelulosa del bagazo de piña pueden ser hidrolizadas por enzimas o ácidos diluidos para obtener glucosa, la cual es fermentada y después transformada en etanol. (Antonio et al, 2011)

## **CAPÍTULO 1 Cultivo de piña**

Generalmente, se espera que la planta de piña dé frutos dentro de los 15 meses o hasta dos años después de la siembra. Es una planta herbácea perenne que llega a alcanzar entre 1 y 1.2 m de alto. Con el desarrollo forma un tallo corto y grueso de 20-25 cm de largo, en cuyo ápice posee el tejido merismático que da lugar a las hojas. La forma y el largo de las hojas varían de acuerdo con su posición en la planta. La hoja de su parte superior es lisa y la inferior presenta surcos de líneas longitudinales. Los primeros tres meses después de la siembra son la etapa crítica para la floración y maduración de la fruta, ya que la planta se vuelve sensible a los factores climáticos, incluidas la temperatura y la cobertura de nubes. (Mohd et al, 2020)



La cosecha principal de la piña comienza durante el verano y finaliza a principios del otoño. Una regla básica es cosechar el fruto ya maduro pues una vez cortado no continua con su proceso de maduración; es un fruto no climatérico. La sacarosa, fructosa y glucosa son los azúcares predominantes en la piña, destacando la sacarosa que se encuentra en niveles más altos que los monosacáridos (Hernández et al, 2021). La piña es empleada para diferentes propósitos, pero principalmente para el consumo en fresco y en conserva. Habitualmente se utiliza como postre y como ingrediente dulce en comida oriental. Hasta la fecha, existen muchas variedades de piña con varios colores, formas, tamaños y sabores. Considerando el hecho de que la piña es una fruta no climatérica, la calidad de la fruta cambia y no es uniforme, en diferentes niveles de madurez, impactando inclusive en el nivel de azúcar que varía dependiendo del tiempo de cosecha, por lo tanto, para obtener piña dulce es necesario cosecharlas en la etapa de mayor madurez. Por lo general, la madurez de la piña se evalúa mediante indicadores físicos, fisicoquímicos y químicos de la fruta, así como mediante el sabor y características morfológicas aceptables. (Mohd et al, 2020)

Este cultivo es medianamente afectada por plaga, la más importante es la Cochinilla harinosa (*Pseudococcus calceolariae*) que causa serios daños al cultivo esto porque se alimenta de la savia y trasmite el virus que provoca la marchitez roja, Gallina ciega (*Phyllophaga* spp) ataca principalmente las raíces provocando un amarillamiento y muerte. Mariposa del fruto (Tecla basílides) la cual daña el fruto en su estadio larvario. La podredumbre del corazón causada por (*Phytophthora* parasítica) afecta la inflorescencia y las hojas. (Ramos, M; sf)

Cuando la piña está madura, las hojas se pueden arrancar de un fuerte tirón y la pulpa es firme pero flexible; mientras que el aroma es más intenso en la parte inferior.

La variedad principal de piña cultivada en todo el mundo es que corresponde a más del 70% de la piña cosechada. Recientemente, ha sido sustituido por el exitoso híbrido MD2 que se produjo a partir de la hibridación de *Smooth Cayenne*. Es un híbrido que se obtuvo después de más de 60 años de mejoramiento genético y supera en características sensoriales a las variedades de piña existentes. La variedad MD2 tiene un alto contenido de azúcar, una vida útil más larga y es más aromática en comparación con otras variedades de piña. (Mohd et al, 2020)

A continuación en la figura 1, podemos observar una comparación entre ambas especies mencionadas en el texto anterior, *Smooth Cayenne* y Híbrido MD2

Tabla 1. Comparación entre dos especies de piña cultivadas	
<i>Smooth Cayenne</i>	Híbrido MD2
 <p>Se caracteriza por ser plantas medianas con hojas largas y anchas, de color verde oscuro, de bordes lisos. El fruto es de forma tubular, de cascara anaranjada y amarilla clara la pulpa. Los ojos son planos, hexagonales poco profundos y es la más empleada en la industria.</p>	 <p>Híbrido conocido como "<i>Honey Golden</i>", "<i>Golden Sweet</i>" o "piña miel", resultado de una mezcla compleja de variedades, donde más del 50 % corresponde a Cayena Lisa. En la hibridación de la piña miel se buscó mayor dulzura, así como la uniformidad y consistencia en tamaño y madurez. Contiene hasta tres veces más vitamina C que otras variedades y el fruto es más pequeño en comparación con otros.</p>
Fuente: DANE, República de Colombia. (2016)	

Según el objetivo de la plantación, ya sea para mercado en fresco nacional o internacional, o para conserva, es la densidad de plantación que se manejará: entre menor sea la densidad (30 mil plantas por hectárea) mayor será el tamaño de la fruta, que es la que el mercado nacional prefiere, y entre mayor sea la densidad de plantación (60 mil a 70 mil plantas por hectárea) menor será el tamaño de las piñas, que es el que preferido por el mercado internacional. (Santoyo y Martínez, 2008)

El trópico mexicano presenta condiciones agroecológicas apropiadas para el desarrollo de cultivos tropicales como la piña (variedad *Ananas comosus*), fruto que, por su agradable sabor y aroma, así como su contenido en vitaminas A, B y C, es altamente demandado en los diversos mercados del mundo. (Vélez et al, 2020)

El cultivo mundial de piña ha mejorado en los últimos 40 años, en los cuales también se ha dado un importante aumento de la población mundial, lo que demuestra que existe la posibilidad de un mayor uso de las frutas como alimento. Aunque las frutas son en general económicas y ricas en nutrientes, no siempre se consumen como parte de la dieta debido a que los consumidores en gran medida desconocen los beneficios potenciales de sus componentes. (Bankefa et al, 2021).

## planta de Piña

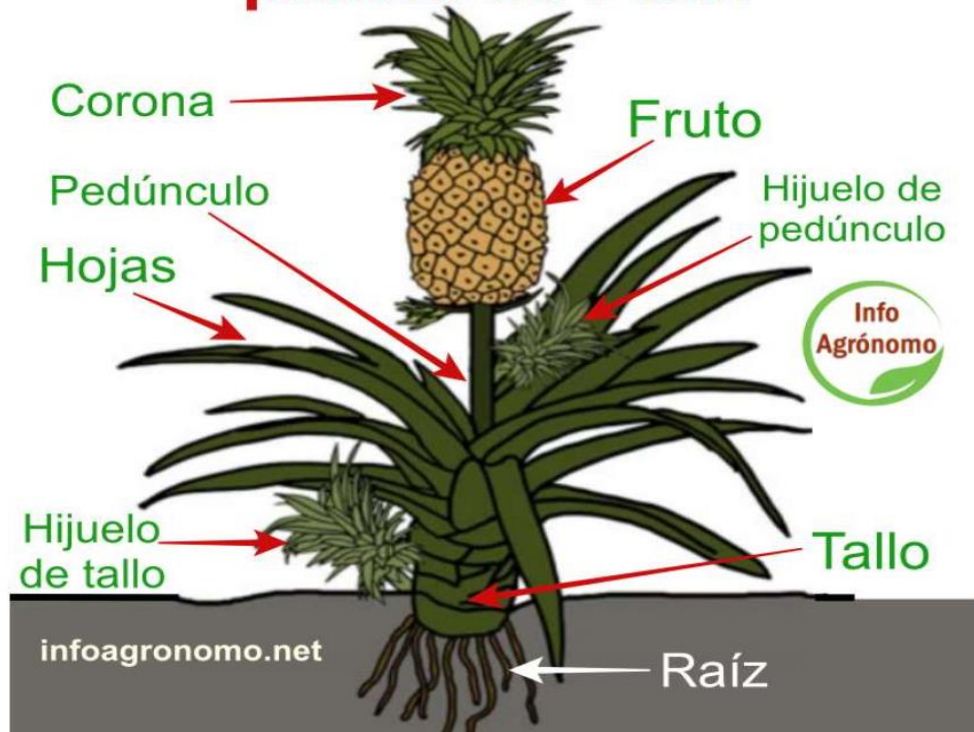


Figura 1. Representación gráfica de la planta de piña  
Fuente: InfoAgo, 2017.

Para cultivar piña, la siembra se puede llevar a cabo durante todo el año, en especial sobre suelos húmedos, pero la mejor época es en otoño. La forma más común de reproducirla es utilizando los retoños del tallo central, considerando que los mejores proceden de la parte basal del mismo, aunque también son utilizables las yemas del tallo distal o la corona de brácteas de la fruta. La reproducción a partir de semillas es menos común. Los brotes basales se desarrollan, fructifican y naturalmente dan origen a nuevos tallos. El meristemo apical (mejor conocido como corona), las yemas pendulares (también conocidas como hijuelos del pedúnculo) y los vástagos de la yema pendular (llamados hijuelos de tallo) son los distintos tipos de retoños. (Infoagro, 2017). En la figura 1 se pueden observar las distintas partes de la planta de piña.

En México, en el año 2019 se produjo piña en 14 estados, aunque 80% de la producción se concentra en la región del Bajo Papaloapan, que comprende siete municipios del estado de Veracruz: Isla, Juan Rodríguez Clara, José Azueta, Chacaltianguis, Medellín de Bravo, Alvarado y Tlalixcoyan y dos municipios del estado de Oaxaca: Loma Bonita y Tuxtepec (Vélez et al. 2020).

En 2020 el estado de Veracruz fue el principal productor de piña en México con 809,292 toneladas (67.0%), seguido por Oaxaca con 156,497 toneladas (13.0%) y Tabasco con 57,334 toneladas (4.7%), por lo que estas 3 entidades representaron el 84.7% de la producción nacional. (Axayacatl, 2020).

Hasta antes de la introducción comercial del híbrido MD2 (piña miel), la variedad dominante en México era piña *Cayena lisa*. Sin embargo, el ascenso de Costa Rica con la piña MD2, a través de la participación de empresas transnacionales, reconfiguró la estructura del mercado de piña, obligando a los países productores a participar en un mercado que en cuestión de pocos años posicionó a este híbrido como fruta predilecta de los consumidores. Esta situación obligó a México a introducir este genotipo y poner en marcha la reconversión varietal, por lo que las regiones productoras de piña en México prácticamente basan su producción en dos genotipos: la variedad Cayena Lisa y el híbrido MD2. Actualmente, el 30 % de la superficie sembrada corresponde a la variedad MD2 mientras que el 60 % a la variedad Cayena, el 4 % a las piñas criollas, menos del 1 % a Champaka y menos del 0.005 % a las piñas ornamentales. (Uriza et al., 2018)

### **1.1 Disminución en la producción de piña en México.**

En la mayoría de las regiones productoras de piña en México las condiciones del clima son más fluctuantes, intensas y con valores más

extremos durante el año que en otras regiones productoras ubicadas en latitudes más ecuatoriales, como Costa Rica, Panamá, Colombia y el propio Ecuador. Uno de ellos es el volumen anual de lluvias, ya que mientras que en la región del Atlántico en Costa Rica las lluvias promedian los 3,300 mm anuales, en la región del Papaloapan el promedio anual es de 1,300 mm. Para resarcir esta deficiencia de humedad el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) propuso utilizar la tecnología del riego presurizado, tanto en aspersión como en goteo (Toral et al, 2013)

Otro problema es el continuo y acelerado proceso de degradación del suelo por erosión hídrica y acidificación, que resulta en una pérdida general de sus características químicas, físicas y biológicas relacionadas con la fertilidad. El proceso está asociado a eventos extremos de lluvia que ocurren frecuentemente durante el temporal o bajo riegos excesivos, principalmente cuando se utiliza aspersión por cañón. (Toral et al, 2013)

La piña, (*Ananas comosus*), considerado el tercer cultivo de frutas más importante en las regiones tropicales y subtropicales del mundo es una planta tropical y económicamente significativa (Bankefa et al., 2021). La producción experimentó un incremento estimado del 3% y alcanzó un volumen de producción sin precedentes de aproximadamente 28.3 millones de toneladas en 2018, en el mundo, debido al incremento de producción en Costa Rica. (FAO, 2020). Costa Rica es el principal productor mundial de piñas, y sufrió daños en los cultivos a causa de las condiciones meteorológicas en 2017 e inclusive su producción de dicho año también disminuyó por el aumento de la superficie de cultivo en Tailandia y Filipinas, otros dos productores importantes. De esta forma, el aumento de la producción mundial en 2018 se acercó al ritmo anual

medio del 3,6%, mismo que se había observado entre 2008 y 2017. (FAO, 2020)

De acuerdo con el cierre 2017, publicado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), esta fruta alcanzó una producción nacional de 945,210 toneladas, con un valor de 3.9 mil millones de pesos, en una superficie cosechada de 20,005 hectáreas. Siendo el estado de Veracruz destacado como principal productor; en 2017 aportó 604,929 toneladas, seguido de Oaxaca, con un volumen de 130,436 toneladas. (SIAP, 2018)

Para evitar y contrarrestar los problemas del clima y sus consecuencias sobre las plantas y frutos de piña, el INIFAP ha evaluado y propuesto el uso de la malla-sombra plástica en este cultivo. Esta tecnología se aplica para brindar a las plantas mejores condiciones de temperatura y humedad al reducir el exceso de radiación solar que incide sobre las plantaciones que desarrollan en campo abierto. La principal ventaja es que genera un micro-ambiente que mantiene valores más aceptables y homogéneos de temperatura y humedad para el crecimiento de la planta durante el periodo de protección. (Toral et al., 2013). El INIFAP siempre sugiere que cuando exista una disminución de la producción de algún fruto, se analicen las deficiencias que se presentan a lo largo de su propio crecimiento para buscar alternativas que mejoren la situación o reduzcan el efecto de las adversidades.

El volumen de las ventas de frutas disminuye 4.2%, al pasar de 318.3 mil tm, a 304.8 mil tm, impulsando su valor comercial en 11.7%, para ubicarse en 833.7 millones de dólares. La piña registro registró un aumento en su volumen exportado de 4.4%. (GCMA con cifras de SAT, 2022)



Como podemos observar en la tabla 1. Los valores para la piña muestran un decaimiento de ventas comparando los años 2023 vs 2024: Volumen: miles de TM | Valor: millones de USD.

Tabla 1. Cifras de volumen y valor de ventas de la piña 2023 vs 2024

FRUTA	Ene 2024		Ene 2023		Variación (%)	
	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor
Piña	1.5	1.7	4.0	2.9	-61.2 ↓	-40 ↓

Fuente: Elaborado por Gutiérrez, con cifras de SAT, 2023.

## 1.2 Producción de piña a futuro

Se estima que para el 2030 habrá un aumento de la demanda ya que a nivel mundial existe una tendencia a incrementar el consumo de piña; esto ya que la expectativa es que se expanda el consumo *per cápita* que actualmente tienen países de América del Norte y la Unión Europea (UE) que es de 2 kg y de 1.3 kg en Japón. Esto permite vislumbrar el potencial de crecimiento de la producción, el consumo y el mercado internacional, lo cual representa un área de oportunidad para la piña mexicana. Por lo que se considera prioritario el ubicar nuevas áreas con potencial, de tal manera que los productores y líderes de organizaciones gubernamentales promuevan su producción con criterios de productividad y rentabilidad, integrados en un estudio técnico-económico. (Vélez y cols., 2020).

## 1.3 Comercialización de la piña

Los canales de comercialización descritos en el caso de la piña Cayena, a diferencia de la MD2 manejada en cajas de cartón de 25 libras (11.4 kg), se caracterizan por el transporte y manejo a granel. Es importante

señalar que un porcentaje mínimo de piña MD2 que no cumple con los estándares de calidad para el mercado de exportación y que tampoco es enviada al mercado nacional a través de las tiendas de autoservicio, es canalizada a la báscula-tianguis. A este sitio también acude la agroindustria para abastecer parte de sus necesidades de fruta para la elaboración de productos derivados tales como conservas, jugo concentrado y jugo natural. La fruta que se utiliza para la agroindustria conservera es la piña Cayena Lisa que por sus características es la más adecuada para este proceso. La piña que generalmente aprovechan las agroindustrias es aquella que por sus características no puede ser destinada para el mercado en fresco, teniendo como única alternativa su industrialización, ya sea para jugo o conserva. (Uriza, 2018)

A diferencia de la agroindustria de enlatados que sólo se abastece de piña Cayena Lisa, la agroindustria juguera utiliza también piña MD2; abasteciéndose de la piña que tiene defectos físicos, fruta incluso casi sobre madurada y de menor peso que el requerido para el mercado nacional. (Uriza, 2018).

## **CAPÍTULO 2 Componentes de la piña y sus usos.**

Para facilitar la comprensión de este capítulo, comenzamos con un esquema:



Figura 3. Partes de la planta de piña y principales usos, aplicados a cada uno de sus componentes.

Fuente: Elaboración de la autora, a partir de: Antonio et al., 2011. ECOINVENTOS, 2019. García 2020. Fotografía tomada de Ecoosfera,

## 2.1 Hojas de la planta de piña, pulpa, cascara, corona y bagazo

- a. Las hojas de la planta-madre, contienen fibras resistentes, blancas y sedosas que se pueden usar en textiles aplicables para elaborar tapicería para muebles, ropa, bolsas y últimamente, calzado de alta calidad (INIFAP, 2020)

La composición de la fibra de la hoja de la piña depende de varios factores, que incluyen, pero no se limitan a: la especie, el clima y el suelo. En su composición predominan celulosa y hemicelulosa, así como lignina, además de pectinas y cenizas, pero la proporción varía en función de las condiciones de cultivo, la edad de la planta y el tratamiento de obtención de la fibra. La Asociación técnica de Pulpa e Industria de Papel (TAPPI) obtuvo estándares a partir de varios análisis realizados a diferentes tipos de fibra, edad y condiciones climáticas que se muestran en la tabla 3:

Tabla 2. Composición de fibra con base en el tratamiento de la hoja de piña

Constituyente (%)	Fibra de hoja de piña rechinada	Fibra de hoja de piña desengomada	Fibra de hoja de piña blanqueada
Alfa Celulosa	70,98	68,72	67,75
Hemicelulosa	15,34	12,70	11,35
Lignina	4,9	4,3	4,2
Grasa y ceras	0,96	0,87	0,84
Pectinas	3,0	1,5	1,2
Ceniza	0,95	0,69	0,63

Rechinada: sometida a fricción con un objeto específico.

Desgomada: retiradas las gomas de los tejidos

Blanqueada: Escaldada durante unos minutos, para ablandar

Fuente: Hodgson et al, 2018

La fibra de la hoja de piña se caracteriza por tener propiedades mecánicas superiores a otras fibras vegetales, comparables con las fibras sintéticas como las de vidrio y aramida, donde el primero se utiliza normalmente para reforzar materiales plásticos

y la segunda se manipula para el refuerzo de caucho, por lo tanto, las fibras de la hoja de piña son un buen candidato para refuerzos de estos materiales. (Hodgson et al., 2018)

- b. El fruto: El 50% del fruto de piña es pulpa comestible, 35% es cáscara y el 15% es la corona a la que se le puede dar uso de planta ornamental. La conocida pulpa amarilla que presenta el fruto, que suele ser algo fibrosa y de sabor dulce, se forma a partir de las paredes del ovario junto a la base de la bráctea y los sépalos, Los principales compuestos bioactivos reportados en la pulpa de piña son los compuestos antioxidantes tales como ácido ascórbico y carotenoides. (Hernández et al., 2021)
- c. La particular cáscara de la piña es formada basándose en la flor que se transforma en una dura cubierta; lugar en el que se fusionan la bráctea, el ápice y los tres sépalos. Al final el resultado es una piel espinosa y dura. El aroma característico particular de la piña se da a causa del acetato de etilo. (D'Alessandro. 2019)
- d. Bagazo: Es el material lignocelulósico, que está constituido por un entramado de microfibras de celulosa formando capas recubiertas de hemicelulosas y sobre las que se deposita la lignina. En la figura 3, a continuación se ejemplifican los posibles usos que se realizan a aproximadamente 60,000 plantas de piña, según la universidad de Costa Rica.

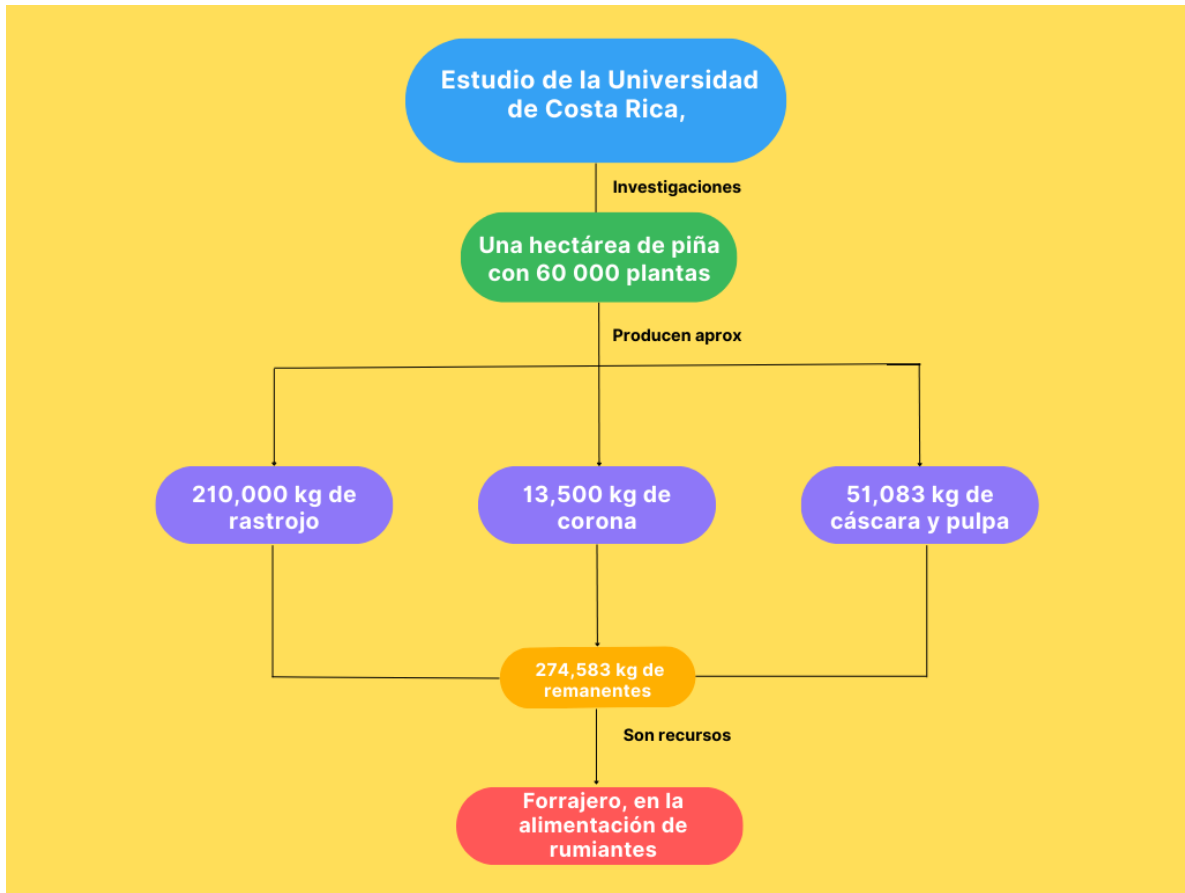


Figura 4. Mapa estudio aprovechamiento de la planta de piña  
Fuente: (López, 2018)

El ensilaje de materiales vegetales permite a los productores contar con alimento para el ganado en épocas de sequía, de inundaciones, e incluso de actividad volcánica. Es un proceso húmedo en el cual el material conserva la mayor parte de sus características nutricionales por medio de un proceso de fermentación anaeróbica en el cual las bacterias colonizan el material que se quiere conservar, producen ácidos que aumentan la acidez del material, y dicha acidez permite que el material se conserve por un tiempo más prolongado. Se coloca el material vegetal en silos, que son estructuras diseñadas para almacenar los "ensilados" y así tener alimento disponible para los animales en épocas difíciles o con condiciones adversas. (López, 2018)

## 2.2 Componentes específicos del fruto de piña

La porción comestible de la piña se caracteriza por algunos de sus componentes específicos:

- a. Alto contenido de fibra dietética: 16,43% de fibra insoluble y 3,57% de fibra soluble en base seca. Por esta razón es muy utilizada en diferentes preparaciones y especialmente en dietas para reducir el peso corporal. (González, 2004)
- b. La pulpa y cáscara de piña contienen: ácido sináptico, daucosterol, 2,5-dimetil4-hidroxi-3- furanona y triterpenoide ergosterol. Según resultados del estudio in vitro (Hernández et al., 2021), los extractos de pulpa y cáscara tienen una capacidad protectora de daño al DNA, sugiriendo que los residuos de piña podrían utilizarse como nutraceuticos contra la diabetes, así como algunas complicaciones relacionadas.

El ácido sináptico, es un ejemplo de ácidos hidroxicinámicos (AH), Su uso no sólo se ha limitado a combatir padecimientos o enfermedades en humanos, también pueden ser incorporados en la dieta animal. Se han estudiado sus posibles efectos bioactivos y beneficios en humanos y animales cuando son utilizados como suplementos alimenticios: estas propiedades bioactivas incluyen su efecto antioxidante, antimicrobiano, preventivo de enfermedades crónicas como el cáncer, arterosclerosis. El efecto antimicrobiano ha tomado un interés en función de su capacidad para inactivar o eliminar bacterias patógenas, inclusive modificar la microbiota intestinal con el objetivo de mejorar el aprovechamiento de nutrientes, además de reducir la incidencia a enfermedades mediante un óptimo funcionamiento del sistema inmune. (Peña-Torres, 2019)

La cáscara de la piña es uno de los principales residuos que se obtienen de esta fruta y una estrategia prometedora para aprovechar su potencial es utilizarla para la producción de biosurfactantes debido a la rica composición de la cáscara en azúcares fermentables y nutrientes, tales como el potasio y el magnesio que, en conjunto, favorecen tanto el crecimiento de *Bacillus subtilis*, como la excreción de biosurfactantes (Monteiro et al., 2021) En dicho estudio la autoras observaron que el crecimiento de *B. subtilis* y la producción de biosurfactantes son fuertemente afectados por las concentraciones de hierro, calcio, magnesio y oligoelementos y encontraron que, en la cáscara de la piña, el conjunto de estos elementos tiene un efecto favorable significativo en el bioproceso

- c. Con base en la composición fisicoquímica y los valores nutricionales, la piña puede considerarse como una de las frutas más útiles para la fabricación de compuestos de valor agregado como antioxidantes, ácidos orgánicos (especialmente ácidos cítrico, láctico y ferúlico), bromelina y compuestos fenólicos. (Mohd et al., 2020), entre los que se encuentran el ácido gálico, el ácido clorogénico y el ácido ferúlico, que han demostrado tener propiedades antiinflamatorias. (Bankefa et al., 2021)
- d. El estudio presentado por Campos et al en 2020, muestra una valorización completa e integrada de los subproductos de la piña, aplicando diversos métodos para la obtención de valores relativos respecto a la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y la cantidad de Vitamina C, como se muestra en la siguiente Tabla 3. (Campos et al, 2020)



Tabla 3. Evaluación de actividad antioxidante, compuestos fenólicos y contenido de vitamina en fracciones de piña

		Capacidad oxidante		Compuestos fenólicos totales	Compuestos antioxidantes		
<b>Fracciones de subproductos de piña</b>		<b>Ensayo ABTS (mg AAE/100g)</b>	<b>Ensayo ORAC (g TE/100g)</b>	<b>Folin-Ciocalteu (mg GAE/100 g)</b>	<b>Ácido ascórbico (mg/100g)</b>		<b>Vitamina C total (mg AAE/100g)</b>
					<b>AA</b>	<b>DHAA</b>	
Fracción sólida	Tallos	93,4 ± 1,5	2,8 ± 0,1	157,8 ± 4,7	n.d	n.d	n.d
(Extracción acuosa caliente)	Cáscara	209,6 ± 4,7	8,1 ± 0,3	302,1 ± 7,6	n.d	n.d	n.d
Fracción líquida	Tallos	1290,3 ± 15,9	13,5 ± 0,6	1270,1 ± 11,9	188,9 ± 0	24,0 ± 2,9	121,2
Jugo crudo	Cáscara	300,7 ± 22,9	12,5 ± 0,3	652,8 ± 39,9	29,1 ± 0	92,0 ± 13,8	212,9

n.d-no detectado; AA-Ácido ascórbico; DHAA-Ácido dehidroascórbico; AAE-Equivalente de ácido ascórbico; TE-Equivalente de Trolox; GAE-Equivalente de ácido gálico.

Fuente: Campos et al, 2020

La piña es rica en vitaminas, principalmente en vitamina C, y en menor cantidad en vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub> y ácido fólico, en la tabla 4 se muestran las cantidades de estas presentes en pulpa y jugo respectivamente de dichas vitaminas. Se sabe que la vitamina C es un buen antioxidante y mantiene las células sanas por su efecto contra los radicales libres, específicamente para retrasar el envejecimiento de los osteoblastos y controlar la progresión de la diabetes. (Mohd et al, 2020)

También se cree que el contenido de tiamina en la piña juega un papel importante en el monitoreo de la función del sistema nervioso. La suficiencia de tiamina, especialmente para los pacientes que tienen un problema en el sistema nervioso, es beneficiosa para reducir los cambios metabólicos debidos a la diabetes y los niveles de glucosa, así como en la producción de glóbulos rojos. (Mohd et al, 2020)

Tabla 4. Contenido de vitaminas principales en la piña (por 100 g)		
<b>Vitamina</b>	<b>Pulpa de piña</b>	<b>Jugo de piña</b>
Ácido ascórbico	46,1 mg	14,0 mg
Folato	19,6 mg	23,0 mg
Niacina	0,3 mg	0,3 mg
Tiamina	0,1 mg	0,1 mg
Riboflavina	0,03 mg	0,02 mg
Fuente: Mohd et al, 2020		

Los residuos de cáscara y hoja de piña están constituidos principalmente por ésteres (35 %), seguidos de cetonas (26 %), alcoholes (18 %), aldehídos (9 %), ácidos (3 %) y otros compuestos (9%). Se ha logrado extraer diversos compuestos volátiles con olor activo a partir de residuo de piña, principalmente en el destilado obtenido mediante hidrodestilación por paso de gas nitrógeno, lo que sugiere que el uso de un gas inerte y temperaturas más bajas ayudan a mantener mayores cantidades de compuestos de sabor y aroma; se puede hacer una extracción con fines comerciales para obtener productos potenciadores del aroma y del sabor ya que tienen un alto potencial para la producción de esencias naturales de valor añadido (Mohamad, 2019 y Barreto, 2013) .

### **2.3 Enzimas y componentes funcionales para la salud**

Los residuos de la piña y la pulpa contienen bromelina. El estudio presentado por Hernández et al en 2021, mostró que la bromelina purificada tiene un importante efecto antiinflamatorio y antiedematoso, pues el análisis estadístico mostró que un grupo tratado con este compuesto tuvo una respuesta inflamatoria significativamente menor que en el grupo control. La bromelina tiene además un efecto cardioprotector significativo al inhibir el grado de apoptosis lo que se

observó con una mejor función cardíaca, resaltando que puede dirigirse a vías moleculares específicas involucradas en la supervivencia celular, que puede resultar eficaz en el tratamiento de la enfermedad cardíaca humana y la patología isquémica (Hernández et al en 2021)

La enzima bromelina se puede encontrar en todas las partes de la planta de la piña (*Ananas comosus*), pero el tallo contiene la porción más significativa de la bromelina total, por lo que es la fuente industrial más típica; como el tallo no es comestible, esto constituye una ventaja para su obtención industrial. También se puede obtener del jugo de piña por ultrafiltración, pero la bromelina de la fruta no está disponible comercialmente ya que sus propiedades son diferentes a la del tallo. (Chakraborty et al., 2021)

#### **2.4 Bromelina, componente más importante en la piña**

La bromelina es una glicoproteína del grupo de las cisteíno-proteasas que actúa sobre proteínas como la caseína, la hemoglobina y la gelatina. Su pH óptimo se encuentra entre 5.0 y 8.3. Esta enzima se inhibe por derivados mercuriales como el ácido p-cloromercuribenzoico, demostrando que los grupos sulfhidrilo (-SH) reactivos son necesarios para su actividad. (Clavijo et al., 2012). Los principales aminoácidos contenidos en la bromelina son: arginina, valina, ácido aspártico, glicina, serina, metionina, prolina, amonio, alanina y glucosamina

A continuación, en la figura 5 podemos encontrar la representación de la estructura química de la bromelina en 3D. Posteriormente en la tabla 5, se enlistan las propiedades físicas de la misma enzima.

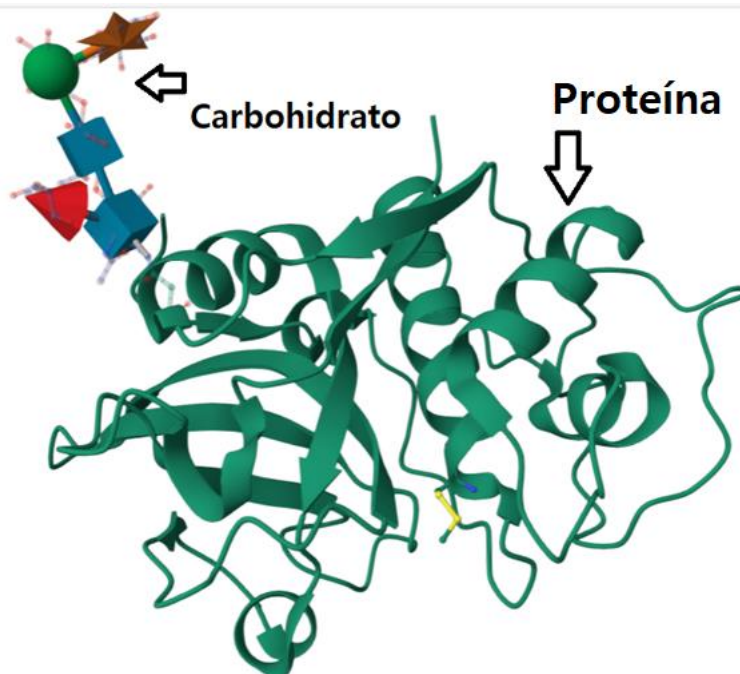


Figura 5. Estructura química de la bromelina, COD:6YCE

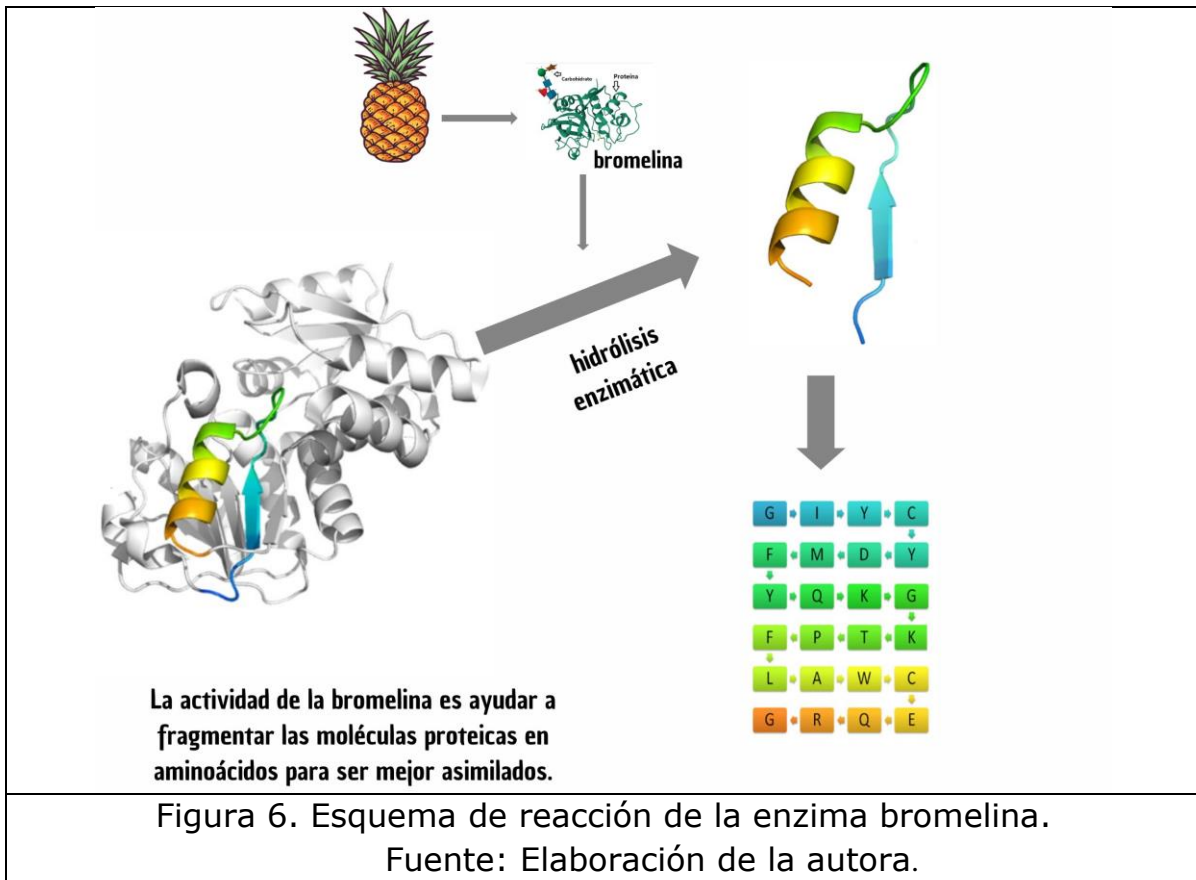
Tabla 5. Propiedades de la bromelina.

Propiedad	Valor
Solubilidad en agua	30 – 50 mg/ml
Peso molecular	33000 Da
Actividad enzimática	1200 GDU/g
Temperatura de inactivación	70°C
Temperatura de almacenamiento	25°C

Fuente: Chinchilla, 2014.

La bromelina es una enzima de acción proteolítica, la figura 6, a continuación, ilustra el mecanismo de reacción de una enzima, es decir, la hidrólisis del enlace peptídico donde las moléculas de las proteínas dejan libres los aminoácidos (como productos) que las forman. Hidroliza proteínas, péptidos, amidas y ésteres de aminoácidos y péptidos,

aunque tiene preferencia por el carbonilo de la lisina, tirosina, alanina, lisina y glicina. (Chinchilla, 2014)



En la piña, podemos encontrar 2 tipos de bromelina, la proveniente de tallo es la proteasa predominante (casi el 90%). En los extractos de tallos de *Ananas comosus*, se trata de una única cadena polipeptídica glicosilada de 24,5 kDa con un punto isoeléctrico (pI) de 9.55, conteniendo siete residuos Cys y tres puentes disulfuro. Por otra parte, la denominada bromelina de fruto constituye el 30-40% de las proteínas totales del fruto, casi el 90% del material proteolíticamente activo y al igual que la bromelina de tallo, tiene un amplio pH óptimo frente a sustratos proteicos y sintéticos, esta consiste en una cadena polipeptídica simple de aproximadamente 25 kDa, cuyo pH es 4,6 y parece no tratarse de una glicoproteína. (Errasti, 2013)

## **2.5 La bromelina y el cáncer**

Si bien los cuerpos generalmente regulan la proliferación y el crecimiento celular, las disparidades en el ciclo celular pueden conducir a la corrupción del crecimiento celular y transformar una célula normal en una cancerosa. Un estudio demostró que la bromelina actúa en líneas celulares tumorales de rata e inhibe el crecimiento celular; específicamente, el avance de las líneas celulares Kato-III en el carcinoma gástrico pues disminuyó significativamente con la terapia con este compuesto. La bromelina retarda la respuesta inhibitoria del crecimiento de células MCF-7 (es una de las pocas líneas celulares de cáncer de mama que expresa niveles considerables de receptor de estrógenos (RE) alfa) en las células de carcinoma mamario y estimula el ciclo de autofagia (proceso de reciclado de partes de la célula.). (Chakraborty et al., 2021)

Un estudio realizado por Barros et al., 2021 permitió observar la actividad anticancerígena de las nanopartículas cargadas con bromelina, donde se expresó que la bromelina tiene potencial para el tratamiento actual de pacientes con cáncer, teniendo un efecto antiproliferativo y antitumoral, acción antioxidante y antiinflamatoria, y su amplio uso en el área de la industria de la salud y alimentos, donde se destaca que su uso va desde el foco central del tratamiento hasta actuar como adyuvante de diversos medicamentos., la limitante es que no hay suficientes investigaciones que respalden que las pruebas se realizan en humanos sin ofrecer riesgos para la salud. (Barros et al., 2021). Se considera que se deben realizar más investigaciones en esta línea de investigación, con el fin de probar la necesidad de encontrar nuevos tratamientos para el cáncer y el potencial de acción de la bromelina.

- Cáncer de mama

La bromelina es un potente agente antitumoral que inhibe el crecimiento de las células MCF-7 en el carcinoma mamario, inicia el proceso de autofagia e induce la muerte de las células cancerosas (apoptosis) (Chakraborty et al., 2021).

Presenta actividad contra el cáncer en cultivos de células (in vitro) y en ratones modelo (in vivo), bloqueando el crecimiento y causando la muerte de las células cancerígenas. Por lo que la forma en que la bromelina combate el cáncer es conocida. La enzima en la bromelina es proteolítica; puede romper las proteínas en la superficie de las células, influyendo en la señalización celular y comportamiento. Sin embargo, no toda la actividad biológica de la bromelina puede ser atribuida a la proteólisis. Grandes cantidades de bromelina deben acercarse al sitio del tumor para tener resultados significantes. A pesar de que los seres humanos pueden tolerar altas dosis de bromelina sin tener efectos secundarios, las altas dosis disminuyen la eficiencia. (CancerQuest, n.d.)

#### - Cáncer de páncreas e hígado

Debido a su gruesa matriz extracelular (MEC), el cáncer de páncreas es uno de los cánceres más complejos. Se dice que la bromelina degrada la MEC en el tejido canceroso, pero su vida media en la sangre es corta y, por lo tanto, tiene una agregación tisular baja. Los investigadores han desarrollado una tecnología reversible para la modificación de polietilenglicol que puede mantener los niveles de proteína en la sangre, al tiempo que conserva su función. Las SPRA-bromelinas son altamente activas, tienen una retención más prolongada en la sangre y tienen una alta agregación de tumores. Podría ser un mecanismo eficaz de administración de fármacos para el cáncer de páncreas (Chakraborty et al., 2021).

El pseudomixoma peritoneal (PMP) es un síndrome raro que implica la secreción de mucina por parte de los tumores, que llenan progresivamente la cavidad abdominal. S.J. Valle et al. (2021) Muestra un estudio de cómo la bromelina (Brom) y la acetilcisteína (Ac) en combinación tienen actividad sinérgica que da como resultado la disolución de la mucina producida por el tumor tanto in vitro y en vivo, el tratamiento con BromAc de tumores mucinosos inoperables tuvo un perfil de seguridad manejable con una respuesta objetiva en un número sustancial de pacientes según la mucina extraída y la apariencia radiológica. (Valle et al., 2021)

### **CAPÍTULO 3 Aplicación y uso en la industria de alimentos**

A continuación, se describen los principales usos de la piña y sus derivados en la industria de alimentos.

La bromelina extiende sus posibles usos a las siguientes industrias:

- Cárnica. Posee una buena actividad sobre los tendones y el tejido conectivo rico en elastina.
- Cervecera. Permite hidrolizar las proteínas solubles de la cerveza, las cuales pueden precipitar y causar opacidad por el enfriamiento.

La bromelina se obtiene del jugo, de la fruta o de los tallos de la piña (*Ananas comosus*). Actúa preferencialmente sobre los aminoácidos básicos y aromáticos de las proteínas. (Clavijo et al., 2012)

Uno de los desarrollos recientes e interesantes a partir de piña es una lámina de frutas saludables reportada por revistas como Agronegocios (2020) y Food News (2020), desarrollada en Colombia a partir de pulpa de mango (*Mangifera indica*) y piña (*Ananas comosus*); es una lámina flexible, suave, con sabor aci-dulce, que se parece en la descripción, a



los "ATES", hechos de frutas, de Michoacán. Los reportes indican que la lámina se obtiene por deshidratación por convección forzada. (Food News, 2020) pero no especifican por qué la consideran saludable ni reportan otros atributos.

El vinagre de piña se elabora a partir de la oxidación microbiana de alcohol a ácido acético. Se aplica aireación continua durante varios días para permitir la conversión de etanol a través de las bacterias del ácido acético con la mezcla de vinagre de piña. (Mohd et al, 2020), el primer proceso es llevado a cabo por la acción de fermentos que transforman el azúcar en alcohol y en el gas bióxido de carbono, mientras que el segundo proceso resulta de la acción de un grupo amplio de acetobacterias que tienen el poder de combinar el oxígeno con el alcohol, para así formar ácido acético. El vinagre proviene de la actividad de las bacterias *Mycoderma aceti* que realizan la reacción química de fermentación del alcohol etílico (vino) a ácido acético (vinagre). (AMS, 2014).

Los abundantes compuestos volátiles que se encuentran en la piña se han explorado en el estudio relacionado con el procesamiento del vino. El vino de piña es una bebida alcohólica elaborada a partir de microorganismos nativos, azúcar y levadura en diversas proporciones (Cannon y Ho, 2018). El vino de piña se procesa a partir del jugo fermentado con azúcar y conservantes que incluyen dióxido de azufre, ácido sórbico y sorbato de potasio.

Un estudio presentado por (Bankefa et al., 2021) muestra la fermentación de los jugos de piña en combinación con papaya, formando un vino, que evitaría el desperdicio de estos frutos ya que su alto carácter perecedero fomenta el desecho de grandes cantidades de estas frutas cada año debido a la falta o a las malas instalaciones de

almacenamiento, lo que resulta en la pérdida de los nutrientes vitales contenidos en la fruta y generaría ganancias para los productores. Observaron que los vinos de la combinación de dos o más frutas locales tienen beneficios acumulativos positivos para la salud en comparación con los que pueden brindar vinos de una sola fruta. (Bankefa et al, 2021)

El conjunto de moléculas denominadas *Volatile sulfur compounds* (VSC) cuyo descubrimiento se remonta a las décadas de 1940 y 1960, es uno de los grupos químicos más involucrados en los perfiles de aroma de la frutas tropicales. (Cannon y Ho, 2018).

Hay evidencia que la cáscara de piña contiene sustancias bioactivas y compuestos aromáticos cruciales en mayor cantidad que la misma pulpa, pues a manera de ejemplo el estudio publicado por Zhang et al. (2020) informa sobre la influencia de compuestos en la cáscara de piña sobre un vino, para considerar incluirlos en la elaboración de nuevas bebidas alcohólicas. Los ésteres son esenciales en el aroma del vino, ya que al término del estudio se concluyó que se tenía la presencia de un total de 57 compuestos volátiles, de los cuales 25 representan ésteres. Dadas las circunstancias podríamos tomar como opción viable el procesamiento de la cáscara de piña para obtener aromas agregados en diversas bebidas.

### **3.1 Innovación y variedades del cultivo**

Un proceso innovador inicia con la introducción de una nueva variedad de piña a partir de la cual, se desarrollan una serie de adaptaciones del paquete tecnológico, introducir la variedad MD2 o Piña Miel aprovechando la oportunidad de ofertar un producto con menor poder escaldante y por lo tanto con mayor preferencia entre los consumidores

La MD2 también conocida como “piña miel”, la “amarilla” o “dorada” es un cultivo híbrido derivado de la Cayena Lisa originaria de Hawái. Ésta fruta es muy dulce, jugosa, con pulpa carnosa de consistencia firme y menor acidez en comparación con otras variedades de piña, lo que la hace del agrado de las personas a la hora de comerla en fresco, por lo que es catalogada como una fruta de lujo en los mercados externos, con gran demanda en el mercado de los Estados Unidos. (Díaz, 2021)

La nueva piña rosada se desarrolló sobreexpresando un gen de la misma piña y otro derivado del naranjo dulce (*Citrus × sinensis*), y silenciando los genes de dos enzimas de la piña mediante ARN de interferencia, con el propósito de mantener la pulpa de la fruta más rosada y más dulce, para finalmente aumentar la producción de licopeno.

Según la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos, (FDA por sus siglas de inglés), la pulpa de la piña rosada es tan segura y nutritiva como sus homólogos convencionales. Esta variedad de piña ha sido genéticamente modificada para producir niveles más bajos de enzimas que ya están en la piña convencional, las cuales convierten el pigmento rosa (licopeno) en pigmento amarillo (beta caroteno). El licopeno es el pigmento que hace a los tomates rojos y las sandías rosadas y que es consumida comúnmente y ha demostrado ser segura. (Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola, 2020)

### **3.2 Piña Integral Pulverizada como ingrediente de alimentos**

La industria heladera ocupa la inulina como fibra, y junto con sus derivados ofrecen múltiples usos como ingredientes en la formulación de productos, se utiliza para incrementar el contenido de fibra dietética en los alimentos (González, 2017) la cual tiene los mismos efectos y características que la fibra de piña, que incluso podría aplicarse a la elaboración de distintos sabores de helados.

La idea de desarrollar un producto funcional como piña pulverizada, surge de la innovación en el sector heladero, ya que se busca tener un helado sabor piña adicionado de fibra de piña pulverizada, para mejorar la aceptación por parte del consumidor, evitando el efecto escaldante y proporcionando otros beneficios, como los del contenido de la fibra.

Los subproductos de la piña también se han empleado para el desarrollo de alimentos funcionales, por ejemplo, una nueva botana llamada "piñalina" la cual tiene como finalidad el aporte de propiedades antioxidantes y digestivas al consumidor, siendo sus componentes principales elementos de la piña. El proceso para la obtención del producto se basa inicialmente en deshidratar la cáscara y la corona de la piña para poder transformarla en materia útil y dicha harina obtenida a partir de las cáscaras de piña se ha estudiado como alternativa para fortificación de alimentos y sustitución de harinas con gluten. El otro compuesto muy importante es la bromelina la cual se mantiene activa tanto en el ambiente ácido del estómago como en el ambiente alcalino del intestino delgado, utilizándola específicamente como ayudante digestivo oral para quienes presentan diferentes problemas digestivos. Se llevaron a cabo distintos procesos para obtener el producto, obteniéndose que la botana llamada "piñalina" presenta una alternativa completamente orgánica, natural y sustentable para la utilización de un fruto de manera integral, lo que la convierte en un producto 100% sustentable y con alto contenido de proteína, que dependiendo la cantidad de pulpa encontrada en la cáscara afectaría el peso total y es necesario realizar estudios de funcionalidad alimentaria como la capacidad antioxidante y digestibilidad a fin de garantizar su potencial como alimento funcional. (Muñoz et al, 2022).

### 3.3 Alimentos para otros seres vivos

En el sector frutícola en la región de San Carlos de Costa Rica, los desechos de piña (pulpa y cáscara) se generan en grandes volúmenes, lo que ha llevado a buscar una alternativa sustentable para el uso de estos desechos y para disminuir su efecto contaminante. La solución ha sido usarlos como ensilados, ya que esta técnica del ensilaje ha demostrado ser una alternativa adecuada para aprovechar desechos agrícolas y alimentar al ganado, la figura 7, muestra el acomodo de los silos contenedores de estos ensilajes. Debido a que estos desechos presentan bajos niveles de proteína cruda, se establece la necesidad de suplementar ese faltante mediante la incorporación de fuentes nitrogenadas, entre las cuales pueden mencionarse los desechos avícolas que representan una alternativa potencial debido a su facilidad de adquisición, aporte de N y de materia seca de bajo costo. (Gutiérrez et al., 2003)



Figura 7. Ejemplos de silos contenedores de ensilajes.

Fuente: López, 2018. Fotografía tomada por el investigador.

El ensilado es un proceso de fermentación anaerobia controlada, se mantiene estable la composición del material ensilado durante largo tiempo a través de la acidificación del medio. (Valencia et al., 2011)

La cáscara de la piña contiene cierta cantidad de bromelina residual lo que provoca ulceraciones en el hocico del ganado, cuando éste las consume en estado fresco; mediante el ensilado estas limitaciones podrían verse atenuadas.

En la crianza de otras especies, por ejemplo, acuáticas, se ha visto que el mantenimiento del bagre es lo más costoso de su cultivo pues la mayor parte ganancia se gasta en la compra de alimento. En el estudio presentado por Aini y Hariani, (2018) las enzimas extracelulares presentes en un filtrado de cáscara de piña pueden usarse para aumentar la digestibilidad del alimento suministrado a los peces. También se usa para optimizar el crecimiento de bacterias probióticas, optimizando su crecimiento y desarrollo. (Aini y Hariani, 2018) Estos investigadores no han encontrado aún diferencia significativa en el crecimiento del bagre, ni en la eficiencia alimenticia, pero se encuentran últimamente estudiando diferentes tratamientos y dosis de filtrado de cáscara de piña.

Como ya se mencionó, el contenido de ácidos sinápticos en la planta de la piña es benéfica tanto para humanos como para animales, existe un amplio campo de posibilidades para utilizarse en animales de engorda, primero con la finalidad de sustituir a las moléculas sintéticas y segundo con la posibilidad de aprovechar sus diferentes propiedades bioactivas. Las nuevas perspectivas de los consumidores de carne se centran en la demanda de productos más saludables de fuentes naturales, evitando el riesgo que puede generar al consumir productos sintéticos tanto en la salud como en la calidad de la carne. Los AH al suplementarse como

aditivos son diversos, ya sea como antibiótico, ionóforo, antioxidante, antiinflamatorio, anabólico o mejorador de la palatabilidad, y en la mayoría de los casos sin comprometer la salud y calidad de la carne. (Peña-Torres, 2019)

## **CAPÍTULO 4 Otras aplicaciones**

### **4.1 Elaboración de desechables**

En la actualidad en muchos países alrededor del mundo se fabrica papel hecho a mano con fibra de piña para diferentes usos, tales como la elaboración de artesanías: libretas, empaques, portarretratos, etc. (González, 2004)

Los plásticos biodegradables son polímeros en los que la degradación resulta de la acción de microorganismos de ocurrencia natural como bacterias y hongos, pudiendo ser consumidos en semanas o meses bajo condiciones favorables de biodegradación.

En la sociedad actual el unicel es el cuarto polímero de mayor producción en el mundo, y el segundo en México (teniendo como principal característica que tarda entre 100 y 1000 años en biodegradarse). En México el consumo de unicel es de 125 mil toneladas anuales, de las cuales el 25% son para la fabricación de productos desechables. (Fundación UNAM, 2018)

Uno de los polímeros más prometedores en el ámbito ambiental es el ácido poliláctico (PLA por sus siglas en inglés), ya que está hecho a partir de productos agrícolas y es fácilmente biodegradable. (Infante, 2017)

La composición química de las fibras de hoja de piña se basa en hemicelulosa (70-82 %), lignina (5-12 %) y ceniza (1,1 %), además cuenta con destacables propiedades mecánicas como alta resistencia y rigidez a la flexión y torsión, por lo tanto, las industrias pueden utilizarlas como materia prima para reforzar matrices compuestas. (Hodgson et al., 2018). Una fibra natural lignocelulósica de bajo costo, como la fibra de hoja de piña (PALF por las siglas en inglés de *pineapple leaf fiber*) en los países tropicales brinda una oportunidad única para explorar la posibilidad de su utilización en la síntesis de materiales compuestos biodegradables de bajo costo para diversas aplicaciones.

Durante el proceso de producción de *Ananas comosus* en almíbar se generan residuos como la corona, cáscara, pulpa y corazón. En un estudio realizado en la Universidad Iberoamericana de Puebla, se buscó desarrollar un prototipo de plato desechable a partir de la corona de la *A. comosus* para disminuir el consumo de recipientes desechables a base de poliésteres como unigel. (Kroefly et al., 2018)

Inicialmente se trozaron las coronas, para cortarlas y obtenerlas en tiras. Se llevó a cabo un proceso de deshidratación y después se colocaron en una solución de NaOH al 10%. Enseguida, se sometió a una hidrólisis ácida con una solución al 0.4% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. La biomasa recuperada de la hidrólisis ácida fue mezclada con una solución al 3.5% de NaClO. Se realizó una nueva hidrólisis básica con una solución de NaOH al 20%. Se blanqueó con una solución al 0.5% de NaClO. Posteriormente se licúa la mezcla obtenida: biomasa e NaClO. Finalmente, la biomasa obtenida se envolvió en telas. Enseguida se exprimó para eliminar el NaClO restante. Con la intención de desarrollar el prototipo, se colocó en un plato y se secó a 80, 60, 40°C en intervalos de 3, 4 y 5 horas respectivamente. Actualmente este proyecto se encuentra en búsqueda de mejora, pues si bien es cierto que se le da



uso al residuo de la corona de la piña, reduciendo la generación de contaminantes y alargando la vida de los rellenos sanitarios, además de que se desarrolla un producto sustituto del uncel y se disminuye la tala de los árboles, también es verdad que durante el proceso de fabricación del producto se emplean ácidos y bases fuertes que son sumamente corrosivos, contaminando agua, superficie terrestre y mantos acuíferos. Desde una perspectiva biotecnológica se han estudiado una serie de enzimas, las cuales llevan a cabo hidrólisis enzimáticas que podrían ser una opción que sustituya a las hidrólisis químicas. (Kroefly et al., 2018)

#### **4.2 Fibras para textiles**

La fibra de piña ofrece una alternativa ecológica, sostenible y real al cuero animal.

El Laboratorio de la Unidad de Recursos Forestales (REFORESTA) del Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII), de la Universidad de Costa Rica (UCR), se adentró en el estudio y uso del rastrojo de piña como materia prima para confeccionar un textil no tejido, reforzado con biopolímeros (macromoléculas presentes en los seres vivos). (Dicyt, 2020).

La egresada de la Universidad Agustiniana de Colombia, Ericka T. Guerrero (2020) comenta que la producción de textiles de origen animal y de curtiembre ha generado graves afectaciones al ambiente por las sustancias químicas que se emplean en el proceso industrial, así como la cantidad de residuos que van a los suelos, vertientes de agua y a la atmósfera en general. De acuerdo con lo mencionado ahí, nació la necesidad en la industria del cuero, de fabricar un tipo de cuero con materiales alternativos, preferentemente un subproducto o un desecho para reutilizarlo en la cadena de producción.

Es importante mencionar que el cuero vegetal (conocido comercialmente como "cuero vegano o piel vegana") forma parte de las tendencias emergentes del mercado gracias a su proceso de producción que no tiene afectación alguna sobre el ambiente; este tipo de materia prima es mayormente apreciado por el consumidor europeo, pero ya empieza a destacar en América del Norte.

Dentro del concepto de moda sostenible que es bastante implementado en Italia y otras naciones de Europa, la piel vegana empieza a destacar. La autora Guerrero ha analizado la oportunidad comercial de exportar cuero vegetal colombiano hecho de fibra de hoja de piña hacia el mercado italiano (Guerrero, 2020) y desde luego, abre una ventana de oportunidad para ORPI en México.

Debido a que la fibra de piña tiene una superficie suave, lisa y de color blanco en comparación con otras fibras naturales, es ideal para la utilización de biocompuestos para reducir el desperdicio de materiales renovables. La fibra de la hoja de piña consta de una composición química compleja que incluye polisacáridos, lignina, cera, pectina, ácido urónico, pentosano, así como compuestos inorgánicos. También posee una alta resistencia específica y rigidez a la flexión que es aplicable para reemplazar la materia prima en refuerzos de matriz compuesta. (Mohd et al., 2020)

Piñatex fue creado por Carmen Hijosa, quien se dedicó a la búsqueda de una alternativa más ética y responsable con el medio ambiente. Encontró la inspiración en prendas de vestir bordadas tradicionales de Filipinas que se hacen con las fibras de las hojas de piña, dichas fibras se pueden utilizar para hacer un material no tejido de malla que es similar al fieltro. (EcoInventos, 2019)

Las hojas de la piña son un subproducto de la agricultura existente y su uso crea un flujo de ingresos adicionales para las comunidades agrícolas. Piñatex® es un material natural, de origen sostenible y libre de crueldad hacia los animales, que se ha vuelto una tendencia de mercado importante a nivel mundial. (Piñatex, 2020)

Después de la cosecha de la piña, las hojas de las plantas aptas para procesamiento que quedan, se recogen en manojos y las fibras largas se extraen con máquinas semiautomáticas. Las fibras se lavan y luego se secan de forma natural al sol, o durante la temporada de lluvias en hornos de secado. Las fibras secas pasan por un proceso de purificación para eliminar cualquier impureza que da como resultado un material similar a una pelusa que es precisamente la fibra de hoja de piña o PALF por sus siglas en inglés, la cual se mezcla con ácido poliláctico (PLA) obtenido de maíz y se somete a un proceso mecánico para crear Piñafelt, una malla no tejida que forma la base de todas las colecciones de Piñatex. (Piñatex, 2020)

Piñatex es un subproducto de la cosecha de la piña; cuando no son recolectadas para utilizarlas, las hojas de piña se pudren en el suelo. Elaborar Piñatex no requiere terreno adicional de cultivo. A su vez, un subproducto del procesamiento de Pinatex es una biomasa que se puede convertir en fertilizante para proporcionar otros ingresos adicionales a los agricultores de la piña. (Piñatex, 2020)

La celulosa es el polímero natural más abundante en la tierra y debido a su rigidez inherente ha surgido como una fuente importante para obtener fibras útiles, un estudio informado por Bolio, et al. en 2016 fue estudiar un mecanismo adecuado para la extracción de fibras de celulosa de las coronas de piña, seguido de una adecuada caracterización de las mismas, para su posterior uso. De esta forma, se

podría crear un producto de valor agregado a partir de una planta fuente de biomasa, presentando una valiosa alternativa comercial para la agroindustria. (Bolio et al., 2016). La incorporación de fibras de celulosa vegetal extraídas como componentes en la formación de un nuevo material ha dado lugar a un amplio tema de investigación, hecho que se atribuye a la alta compatibilidad entre estos polisacáridos como efecto de refuerzo de la matriz polimérica.

La incorporación de fibras de celulosa vegetal extraídas de residuos agroindustriales como componentes en la formación de un nuevo material ha dado lugar a un amplio tema de investigación; se considera que la alta compatibilidad entre estos polisacáridos es lo que logra el efecto de refuerzo de la matriz polimérica. (Bolio et al., 2016)

A través del proceso metodológico adelantado en el proyecto presentado por Moreno y Mendoza (2019), se analizó que: la hoja fresca tiene una gran ventaja para su manipulación, es posible acceder a la fibra, siendo necesario contar con un instrumento que permita hacer un corte preciso sobre la cutícula del haz de la hoja y ejercer una presión para desplazarlo desde la base hasta el ápice de la misma, con el fin de obtener una fibra larga y de un buen grosor.

La fibra de piña también se ha utilizado para envolver puros a granel. En África occidental, la fibra de la piña se elabora como hilo para joyas y como material especial hecho a mano para las gorras de los jefes tribales (Mohd et al., 2020).

### **4.3 Glucosa y bio-etanol**

Actualmente se están buscando nuevas alternativas energéticas a partir de biomasa, recursos renovables y desechos agroindustriales, para desarrollar nuevas tecnologías y procesos en la obtención de

biocombustibles, un ejemplo de esto es un estudio realizado por (Antonio et al, 2011), el cual tuvo como finalidad estudiar un proceso para extraer celulosa del bagazo de piña, y mediante su hidrólisis ácida, obtener glucosa. Esta glucosa se neutralizó a pH de 5 y se realizó la fermentación en un medio anaeróbico, utilizando el microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*, variando tiempos de fermentación (36, 40, 48 y 72 h) y manteniendo la temperatura a 30°C. La celulosa obtenida presentó una conversión del 60% y mediante FTIR se corroboró que la celulosa fue tipo II. Se obtuvo bio-etanol mediante destilación, presentando un rendimiento del 35% respecto al bagazo y del 57% con respecto a la celulosa, con tiempos de fermentación de 48 y 72 h, respectivamente.

El aprovechamiento del bagazo de la piña evitará el consumo de cultivos destinados a la alimentación, evitando el uso excesivo de tierras y favoreciendo el empleo de residuos orgánicos agroindustriales. A nivel mundial, el principal productor de piña es Tailandia, seguido de países de Latinoamérica donde Brasil se ubica como el principal productor. Del total de la producción mundial de piña, México aporta un 4%. Los desechos agrícolas de bagazo generados en la industrialización de la piña en la región representan un 20% lo cual es un total de 12,900 toneladas de bagazo al año, de los cuales, 30% es utilizado como alimento para ganado y el resto se desecha. (Antonio et al., 2011)

Los desechos de la cáscara de la piña se pueden transformar en gas metano a través de los microorganismos autóctonos. La producción de gas metano se puede utilizar potencialmente para el tratamiento de residuos con energía verde alternativa, para mantener el ambiente y protegerlo de la contaminación química. (Mohd et al., 2020)

#### **4.4 Elaboración de biodetergentes**

A lo largo de la historia, las personas han utilizado diversas sustancias para limpiar, desde grasa animal hasta orina humana, como ya se ha mencionado, alrededor de la mitad de cada piña que consumes termina siendo desperdiciada, hay una empresa que transforma los desechos de frutas en jabones y limpiadores naturales, afirmando que son más seguros tanto para el medio ambiente como para las personas. La empresa adquiere los desechos de frutas de una fábrica que produce piñas enlatadas y los utiliza como materia prima. (Natos, W. 2023)

Eco Enzyme es la solución compleja producida por la fermentación de residuos orgánicos (piña) y azúcar y agua. Eco Enzyme es un líquido multiusos, especialmente tiene excelentes propiedades limpiadoras por lo que se utiliza como limpiador doméstico. En la figura 8, a continuación, se muestra el proceso que realiza la empresa llamada Fuwa3e para la elaboración de estos detergentes multiusos. (TFNet News Compilation, 2023)

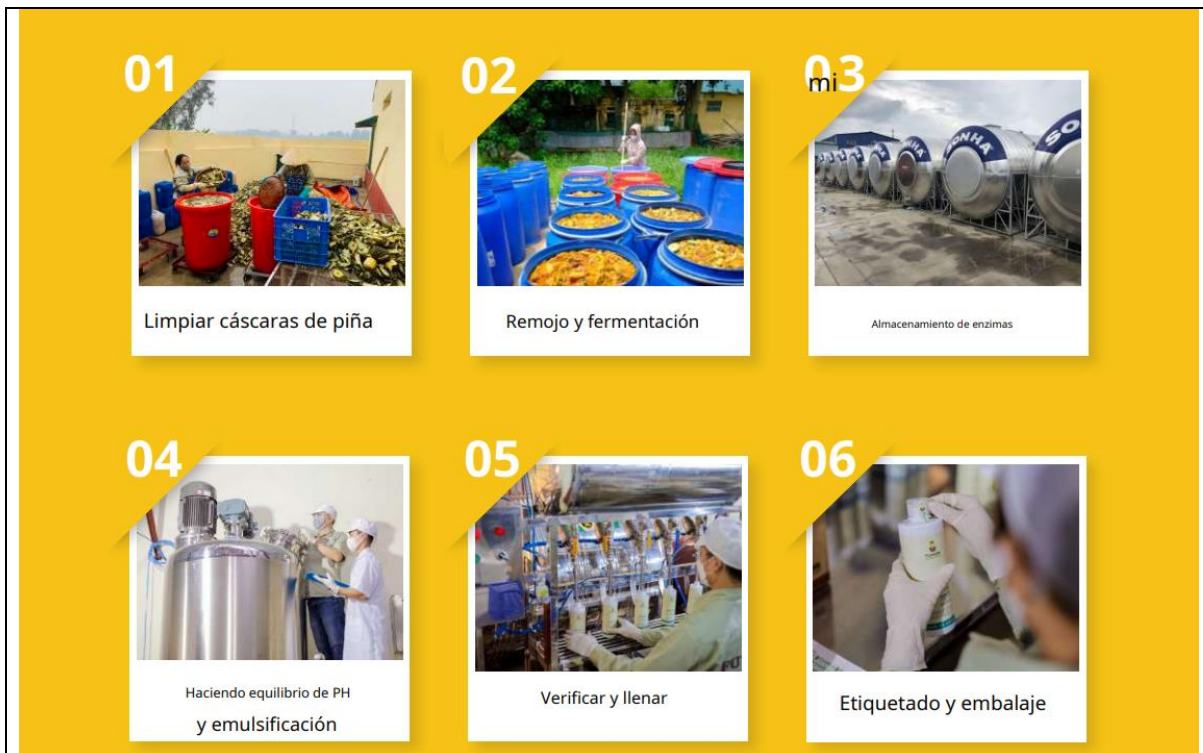


Figura 8. Proceso de elaboración de detergentes multiusos de la empresa Fuwa3e

Fuente: (TFNet News Compilation, 2023)

Los detergentes que se elaboran en dicha empresa, incluyen desde líquido lavavajillas, sales y geles lavavajillas, líquido para lavar alimentos, líquido para inodoro, detergente para lavandería, limpiador de pisos, spray de aceite esencial cajeput, donde todos estos productos son producidos a base de la fermentación de los residuos de piña. El objetivo principal de este desarrollo y de la empresa, es crear conciencia sobre alternativas más suaves y seguras para la limpieza, destacando los beneficios de las coenzimas.

## **Conclusiones**

Con el presente informe, se concluye que este tema abarca un campo de gran interés para innovaciones futuras en diversos aspectos mencionados como los alimentos, desechables, textiles y otros en donde habría que hacer investigaciones más profundas, obtener alimentos que consideren diversos rangos de edad modificando el contenido de ingredientes implicados. Si bien, encontramos que, con los componentes de la piña, desde la pulpa y la misma corona (que para muchos se considera un deshecho), se realizan diversos productos, de gran utilidad física, como el alcance que muestra la fibra obtenida de las hojas de piña al poder producir textiles o sustitutos al desechable, éste último en la actualidad busca productos biodegradables lo cual es de mucha importancia.

Es de importancia poder aprovechar cada componente de esta fruta para que de esta manera se evite o reduzca la contaminación que provoca (en especial al medio ambiente), la figura 2 muestra de manera gráfica, algunos usos que podrían aplicarse a cada uno.

Es interesante saber que se está llevando a cabo investigación sobre como producir alternativas energéticas tal y como se menciona en el apartado de glucosa y bio-etanol, mediante el procesamiento de los mismos desechos de la piña, ya que de este, se obtienen miles de toneladas al año y tan solo una pequeña parte se ocupa para alimentación de ganado (pero obteniendo que el proceso de ensilaje de pulpa y cáscara de la piña, ayuda a preservar estos componentes y poder alimentar al ganado en épocas de escasez) y lo demás es considerado basura.



A pesar de que ya existen técnicas para poder generar algunos compuestos derivados de los componentes de la piña, que incluyen algunos reactivos, al término no resultan muy rentables, se encuentra poca investigación relacionada con la mayor eficiencia de los procesos, pero se espera que se desarrolle más adelante. De igual manera, a pesar de que hay información acerca de lo que se puede generar con la manipulación de los compuestos de piña se considera que hay mucho más por estudiar para el mismo presente y futuro.

Desde la producción del híbrido MD2, hasta la forma de preservar el bagazo en silos, desde luego implica una gran investigación. La posibilidad de generar nuevas bebidas quizá, con perspectiva de productos de origen natural, utilizando los componentes de la piña, son áreas que requieren más atención en cuestión a investigaciones de las que ya están propuestas.

Con la plena identificación, cada vez más asumida, de la necesidad de un consumo sostenible, la industria del cuero vegano ha acelerado su crecimiento en los últimos años. Esta investigación demuestra el gran potencial que tienen las hojas de la piña, por su contenido de fibra, para lograr la creación de un reemplazo al cuero animal (principalmente) y de esta manera contribuir a mejorar el medio ambiente.

Según el programa *Profit & Loss* (Beneficio y Pérdida) que lanzó el grupo de marcas de lujo Kering en 2018 para medir la realidad del impacto ambiental de ciertas materias primas, el uso de cuero sintético supone un impacto ambiental tres veces menor que el del cuero real.

## Referencias

- Aini, N., & Hariani, D. (2018). *Effect of pineapple peel filtrate and probiotic Lactobacillus casei FNCC 0090 on catfish growth (Clarias gariepinus)*. Disponible a través de Internet en: AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/1.5061910>. Recuperado el 14 de Julio de 2021.
- AMS. (2014). *El vinagre*. Disponible a través de internet en: [www.amssumilleresmadrid.com](http://www.amssumilleresmadrid.com). Recuperado el 21 de julio de 2021.
- Antonio, R., Mendoza, A., Chávez, Y., Rivera, J. L., & Cruz, J. (2011). *Aprovechamiento del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Química, Ciudad Universitaria, México, disponible a través de Internet. Recuperado 30 de marzo de 2021
- Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola. (2020, 27 julio). *Piña rosada genéticamente modificada alta en licopeno*. *Agro-Bio*. Recuperado 30 de junio de 2022, de <https://agrobio.org/noticias/pina-rosada-geneticamente-modificada-alta-en-licopeno>
- Axayacatl, O. (2020). *Estadísticas agrícolas de piña en México (2020)*. BlogAgricultura. Recuperado el 16 Abril de 2023, de <https://blogagricultura.com/estadisticas-pina-mexico/>
- Bankefa, O. M., Oladeji, S. J., Ajobiewe, R. A., Akinyele, H., & Mayowa, S. (2021). *Harnessing the nutritional quality of pawpaw and pineapple fruits for pilot scale production of wine*. Disponible a través de Internet en: *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 10(4), 663–668. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2021.10.4.663-668>. Recuperado el 14 de Julio de 2021.
- Barreto, L.C.O., J.J.S. Moreira, J.A.B. Dos Santos, N. Narain and R.A.R. dos Santos. 2013 (Oct-Dec). Characterization and extraction of volatile compounds from pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) processing residues. *Food Sci. Technol*, Campinas, **33**, 4: 638-645, Oct.-Dec. 2013. Disponible a través deInternet en:

<https://www.scielo.br/j/cta/a/SCGc8LzKNpNkVZr6TMS7n6w/?format=pdf&lang=en>

Barros, E. H., Araújo, F. C., Lins, H. M., Costa, K., Costa, W., Pinho, K. R., Santos, A. T., Lira, M., Fricks, L., Da Silva, L., Lima, T., Da Silva, J., De Oliveira, M., & Kassio, A. (2021). *Atividade anticâncer de nanopartículas carregadas com bromelina: uma revisão sistemática*. *Research, Society and Developmen*, Revisado el 16 de abril de 2023. 10(16), e325101623454. A través de internet en: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23454>

Bolio, G., Ross, R., Veleza, L., Azamar, J. A., Cadenas, G., Hernández, M., & Sánchez, S. (2016). *Extraction and Characterization of Cellulose from Agroindustrial Waste of Pineapple (Ananas comosus L. Merrill) Crowns*. *Chemical Science Review and Letters*, disponible a través de Internet en: [https://www.researchgate.net/publication/305721362\\_Chemical\\_Science\\_Review\\_and\\_Letters\\_Extraction\\_and\\_Characterization\\_of\\_Cellulose\\_from\\_Agroindustrial\\_Waste\\_of\\_Pineapple\\_Ananas\\_comosus\\_L\\_Merrill\\_Crowns\\_Correspondence](https://www.researchgate.net/publication/305721362_Chemical_Science_Review_and_Letters_Extraction_and_Characterization_of_Cellulose_from_Agroindustrial_Waste_of_Pineapple_Ananas_comosus_L_Merrill_Crowns_Correspondence). Recuperado 30 de marzo de 2021

Campos., D., Ribeiro, T., Pastrana., L., & Pintado, M. M. (2020, enero). *Integral Valorization of Pineapple (Ananas comosus L.) By-Products through a Green Chemistry Approach towards Added Value Ingredients*. *Foods*. Disponible a través de internet en: <https://doi.org/10.3390/foods9010060>. Recuperado el 2 de mayo de 2021

CancerQuest..Oncología Integrativa: Productos de Plantas | CancerQuest. (n.d.). Recuperado 16 abril de 2023, a través de internet en: <https://www.cancerquest.org/es/para-los-pacientes/oncologia-integrativa/productos-de-plantas#:~:text=No%20hay%20suficiente%20evidencia%20de,ver%20la%20secci%C3%B3n%20de%20Inflamaci%C3%B3n>.

Cannon, R. J., & Ho, C. T. (2018). *Volatile sulfur compounds in tropical fruits*. Disponible a través de Internet en: *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(2), 445–468. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2018.01.014>. Recuperado el 14 de Julio de 2021.

Chakraborty, A.J.; Mitra, S.; Tallei, T.E.; Tareq, A.M.; Nainu, F.; Cicia, D.; Dhama, K.; Emran, T.B.; Simal-Gandara, J.; Capasso, R.

Bromelain a Potential Bioactive Compound: A Comprehensive Overview from a Pharmacological Perspective. *Life* 2021, 11, 317. Disponible a través de Internet en: <https://doi.org/10.3390/life11040317>

Chinchilla, M. J. (2014). "Acción de la enzima bromelina en la disgregación de hematomas y disminución de la inflamación" [Informe de tesis]. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA.

Clavijo, D., Portilla, M., & Quijano, A. (2012). *Cinética de la bromelina obtenida a partir de la piña perolera (Ananas Comosus) de Lebrija-Santander*. Universidad de Pamplona Colombia, disponible a través de Internet en: <https://www.redalyc.org/pdf/903/90326388008.pdf>. Recuperado 30 de marzo de 2021.

D'Alessandro, M. (2019). Piña. Flores en FloresNinja. Retrieved April 16, 2023, from <https://www.flores.ninja/pina/>

DANE, Republica de Colombia. (2016). *Principales características del cultivo de la Piña (Ananas comosus L)*. Boletín Mensual INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS a LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. Recuperada el 19 de junio de 2023, a través de Internet en: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sip/sa/Bol\\_Insumos\\_dic\\_2016.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sip/sa/Bol_Insumos_dic_2016.pdf)

Díaz, R. (2021, julio). *Piña miel: un nuevo producto para aumentar la competitividad*. Disponible a través de Internet en: [https://www.redinnovagro.in/casosexito/2017/Pi%C3%B1a\\_Amador\\_Russell.pdf](https://www.redinnovagro.in/casosexito/2017/Pi%C3%B1a_Amador_Russell.pdf) Recuperado 6 de julio de 2021.

Dicyt. (2020). *La piña, una novedosa fuente de fibras textiles*. Disponible a través de Internet en: <https://www.dicyt.com/noticias/la-pina-una-novedosa-fuente-de-fibras-textiles> Recuperado 24 de marzo de 2021.

ECOagricultor. (2021, 5 julio). *Piña o ananá, beneficios y propiedades nutricionales*. <https://www.ecoagricultor.com/propiedades-nutricionales-y-medicinales-de-la-pina/>

ECOINVENTOS. (2019, Diciembre). *Piñatex. Cuero vegetal hecho de fibra de piña*. Disponible a través de Internet en: <https://ecoinventos.com/pinatex-cuero-vegetal-hecho-de-fibra-de-pina/>. Recuperado el 24 de marzo de 2021.

- Ecoosfera. (2015, 16 julio). *Cómo crecer una piña directamente de las sobras*. A través de Internet en: <https://ecoosfera.com/2014/05/como-crecer-una-pina-directamente-de-las-sobras/>. Recuperado 30 de Marzo de 2021
- Errasti, M. E. (2013). Estudio de posibles aplicaciones farmacológicas de extractos de especies de bromeliáceas y su comparación con bromelina [Trabajo de Tesis Doctoral]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS LIProVe.
- FAO. (2020). *Las principales frutas tropicales, análisis de mercado 2018*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible a través de Internet en: <http://www.fao.org/3/ca5692es/CA5692ES.pdf>. Recuperado 17 de marzo de 2021.
- Fernández, J. S. C. (2015). *ENZIMAS PROTEOLÍTICAS*. Recuperado el 19 de junio de 2023 a través de Internet en: [www.academia.edu/15569955/ENZIMAS PROTEOL%C3%8DTICAS](http://www.academia.edu/15569955/ENZIMAS_PROTEOL%C3%8DTICAS)
- Fundación UNAM. (2018, 3 abril). *En México el consumo nacional de unicef es de 125 mil toneladas anuales*. Fundación UNAM. Disponible a través de Internet en <http://www.fundacionunam.org.mx/unam-aldia/en-mexico-el-consumo-nacional-de-unicef-es-de-125-mil-toneladas-anuales/>. Recuperado 13 de julio, 2021.
- García, C. L. (2020, 22 septiembre). *Agua de cáscara de piña ¿Cuáles son los beneficios de tomarla?* Disponible a través de internet en: <https://www.eluniversal.com.mx/menu/agua-de-cascara-de-pina-cuales-son-los-beneficios-de-tomarla>. Recuperado el 29 de abril de 2021.
- GCMA. (s. f.). *Comercio exterior hortofrutícolas*. Grupo Consultor de Mercados Agrícolas. Recuperado 21 de febrero de 2023, de <https://gcma.com.mx/reportes/comercio-exterior/hortofruticola/>
- González, M. (2004). *Empleo de la fibra de piña en el campo textil*. Universidad de los Andes, Bogotá. Disponible a través de Internet en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/21532/u251118.pdf?sequence=1>. Recuperado 29 de abril de 2021.

- Guerrero, E. T. (2020). *Oportunidad comercial de exportar cuero vegetal colombiano hecho de fibra de hoja de piña hacia Italia*. Universitaria Agustiniiana. Bogotá D.C. Recuperado 28 de octubre de 2021, de <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1588/GuerreroRozo-ErikaTatiana-2021.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Gutiérrez, F., A. Rojas Bourrillón, H. Dormond, M. Poore & R. Wing Ching Jones. (2003 ene-jun). *Características nutricionales y fermentativas de mezclas ensiladas de desechos de piña y avícolas*. *Agronomía Costarricense*, 27, 1: 79-89. Disponible a través de InternetInternet en: <https://www.redalyc.org/pdf/436/43627107.pdf>. Recuperado el 5 de marzo de 2021.
- Hernández, G., Ortega, E., & Ortega, I. H. (2021). *Composición nutricional y compuesto fitoquímicos de la piña (Ananas comosus) y su potencial emergente para el desarrollo de alimentos funcionales*. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 7(14), 24-28. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/issue/archive>
- Hodgson, M. R., Liu, K., & Ramírez, F. (2018). *Fibra de la hoja de piña, obtención y aplicaciones*. Disponible a través de internet en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18654.69449>. Recuperado el 31 de marzo de 2021.
- Infante, A. (2017, diciembre). *Estudio del biocompuesto Ácido poliláctico-fibra de hoja de piña*. [Tesis] Tecnológico de Costa Rica. Disponible a través de Internet en: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9363/estudio\\_bioquimico\\_acido\\_polilactico\\_fibra.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9363/estudio_bioquimico_acido_polilactico_fibra.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Recuperado 12 de julio de 2021
- INIFAP. (2020). *La tecnología potencializa al Rey de los frutos: la Piña*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Disponible a través de Internet en: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/la-tecnologia-potencializa-al-rey-de-los-frutos-la-pina?idiom=es>. Recuperado 17 de marzo de 2021.

- Infoagro. (2020, 21 noviembre). *Cultivo de Piña, paquete tecnológico*. Disponible a través de Internet de: <https://infoagronomo.net/paquete-tecnologico-cultivo-de-pina/>. Recuperado 5 de marzo de 2021.
- Kroefly, A., Robles, B., & Vargas, E. (2018). *Prototipo de plato desechable biodegradable a partir de la corona de la piña (Ananas comosus)*. Universidad Iberoamericana Puebla, México, disponible a través de Internet en: <https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/41113/Platos%20pin%CC%83a%20modalidad%20prototipo%20articulo%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Recuperado 30 de marzo de 2021
- Lasekan, O. & Hussein, FK (2018). *Clasificación de diferentes variedades de piña cultivadas en Malasia basado en huellas dactilares volátiles y análisis sensorial*. Disponible a través de Internet en: *Revista central de química*, 12 (1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s13065-018-0505-3>. Recuperado el 14 de Julio de 2021.
- López, M. (2018, 21 junio). *Ensilaje de rastrojo de piña: una opción viable para productores agropecuarios*. Disponible en Noticias de la UCR, a través de Internet en: de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/06/21/ensilaje-de-rastrojo-de-pina-una-opcion-viable-para-productores-agropecuarios.html>. Recuperado 13 de julio de 2021.
- Mohamad., N., Ramli, N., Abd-Aziz, S., & Ibrahim, M. (2019, mayo). *Comparison of hydro-distillation, hydro-distillation with enzyme-assisted and supercritical fluid for the extraction of essential oil from pineapple peels*. Springer Link. Disponible a través de internetInternet: <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1767-8>. Recuperado el 15 de marzo de 2021.
- Mohd A, M., Hashim, N., Abd, & S., Lasekan, O. (2020). *Pineapple (Ananas comosus): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products*. Disponible a través de Internet en: Food Research International, 137, 109675. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109675>. Recuperado el 14 de julio de 2021.
- Monteiro I. M, Passos B. L, Santos L, Castor L, Rodrigues R, Santos D, Pereira D (2021). *Potencial de la piel de la piña en la*

*composición alternativa de los medios de cultivo para la producción de biosurfactantes.* Environ Sci Pollut Res. A través de: <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/s11356-021-15393-1>. Recuperado 28 de octubre de 2021

Moreno, S., & Mendoza, Y. P. (2019). *Producción de fibra artesanal a partir de subproductos de la piña, para la producción de textiles biodegradables.* Universidad Santo Tomás, Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias Villavicencio, disponible a través de Internet en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18146/2/019sebastianmoreno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Recuperado 30 de marzo de 2021

Morga, J. (2003, octubre). *El Cultivo de la Piña (Ananas comosus) (L) Merr. En el Sur de México.* Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" División de Agronomía. Disponible a través de Internet en: [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1269/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20PI%20D1A%20\(Ananas%20comosus\)%20\(L\)%20Merr.EN%20EL%20SUR%20DE%20MEXICO.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1269/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20PI%20D1A%20(Ananas%20comosus)%20(L)%20Merr.EN%20EL%20SUR%20DE%20MEXICO.pdf?sequence=1) Recuperado 5 de marzo de 2021.

Muñoz, A. A., Gómez, K. S., Montiel, A. N., Morales, A. E., Mares, E. & Rocha, M. A. (2022). Botana con potencial antioxidante y digestivo a través del aprovechamiento e incorporación de los subproductos de la piña (*Ananas comosus*). Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato del Tecnológico Nacional de México.

Natos, W. (2023, 24 junio). La empresa que convierte desechos de piña en limpiadores | Wonder Natos. Wonder Natos. Recuperado el 10 de septiembre de 2023, de internet, en: <https://wondernatos.com/fuwa-biotech/>

Ochoa, M. J. (2022, 1 abril). *Los beneficios de la piña, una de las frutas más olvidadas.* Diario de Noticias - Edición Digital. Recuperado 10 de mayo de 2022, de <https://www.noticiasdenavarra.com/vivir-on/salud/2022/04/01/pina-fruta-tropical-comes-hogares/1245588.html>

ORPI (2020) Calidad y orgullo que se comparte. Organización Piñera de Alta Calidad S.P.R de R.L. Disponible a través de Internet en <https://orpiproduce.com/>



- Peña-Torres, E. F. (2019, June 17). *Ácidos hidroxicinámicos en producción animal: farmacocinética, farmacodinamia y sus efectos como promotor de crecimiento*. Revisión. Recuperado 16 de abril de 2023. Disponible a través de Internet en: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/4526/4296#:~:text=Los%20%C3%A1cidos%20hidroxicin%C3%A1micos%20se%20derivan,xilanos%20y%20lignina%2013%20%2C%2019%20>.
- Piñatex (Ananas Anam) (2020, 15 Mayo). \_Disponible a través de Internet en <https://www.ananas-anam.com/about-us/> Recuperado 24 de marzo de 2021.
- Rahma, A., Adriani, M., Rahayu, P., Tjandrawinata, RR y Rachmawati, H. (2019). *Aislamiento verde y modificación física del almidón de desecho de tallo de piña como excipiente farmacéutico*. Disponible a través de Internet: Desarrollo de fármacos y farmacia industrial, 45 (6), 1029-1037. <https://doi.org/10.1080/03639045.2019.1593438>. Recuperado el 14 de Julio de 2021.
- Ramos. M. Cultivo de Piña (Ananas comosus. (s. f.). Issuu. Recuperado el 17 de marzo de 2024. Disponible a través de Internet en: [https://issuu.com/es20180097/docs/ramos\\_molina\\_ebook\\_cultivos\\_frutal\\_392e4aac18ee3b/s/12239334](https://issuu.com/es20180097/docs/ramos_molina_ebook_cultivos_frutal_392e4aac18ee3b/s/12239334)
- RCSB Protein Data Bank. (n.d). Structure the bromelain protease from Ananas comosus with a thiomethylated active cysteine. 6YCE. Disponible a través de: <https://www.rcsb.org/3d-view/6YCE/1>
- Santoyo, J. A., & Martínez, C. O. Fundacion Produce. Sinaloa A.C, (2008). *Paquete tecnológico para la producción de piña en el sur de Sinaloa*. Disponible a través de Internet en: Resultados de proyectos. Published. Recuperado el 24 de Julio de 2021).
- SCSLAT. (2021, 6 septiembre). *Piña: propiedades, beneficios y uso en la cocina*. Recuperado 10 de mayo de 2022, de <https://www.scslat.org/pina-propiedades-beneficios-y-uso-en-la-cocina/>
- SIAP. (2018). *Piña, reina de las frutas tropicales*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Disponible a través de Internet en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/pina-reina-de-las-frutas-tropicales?idiom=es> Recuperado 17 de marzo de 2021.

- TFNet News Compilation. (2023, 2 abril). VIETNAM: Can Pineapple skins replace soap? Disponible a través de Internet en: <https://www.itfnet.org/v1/2023/04/vietnam-can-pineapple-skins-replace-soap/> Recuperado el 10 de septiembre de 2023
- Toral., M. A., Uriza., D. E., & Lopez., J. (2013). *Acolchado plástico y malla-sombra: innovaciones tecnológicas en la producción de piña md-2 (Ananas comosus var. comosus) para el mercado de exportación.* Disponible a través de Internet en: [https://www.researchgate.net/publication/341494667\\_Acolchado\\_plastico\\_y\\_malla-sombra\\_innovaciones\\_tecnologicas\\_en\\_la\\_produccion\\_de\\_pina\\_MD-2\\_Ananas\\_comosus\\_var\\_comosus\\_para\\_el\\_mercado\\_de\\_exportacion](https://www.researchgate.net/publication/341494667_Acolchado_plastico_y_malla-sombra_innovaciones_tecnologicas_en_la_produccion_de_pina_MD-2_Ananas_comosus_var_comosus_para_el_mercado_de_exportacion). Recuperado 12 de julio de 2021.
- UCR (2020, 26 marzo). *Piña: la novedosa fuente de fibras textiles.* Ciencia más Tecnología. Universidad de Costa Rica. Disponible a través de Internet en <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2020/03/26/pina-la-novedosa-fuente-de-fibras-textiles.html>. Recuperado 25 de julio de 2021.
- Uriza, Ávila, D. E., Torres, Ávila, A., Aguilar, Ávila, J., Santoyo, Cortés, V. H., Zetina, Lezama, R., & Rebolledo, Martínez, A. (2018). *La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación.* Colección Trópico Húmedo. Chapingo, Estado de México. México: UACH. Disponible a través de INIFAP en Internet: <https://ciestaam.edu.mx/libro/la-pinia-mexicana/>
- Valle, S. J., Akhter, J., Mekkawy, A. H., Lodh, S., Pillai, K., Badar, S., Glenn, D. M., Power, M., Liauw, W., & Morris, D. L. (2021, January 1). *A novel treatment of bromelain and acetylcysteine (BromAc) in patients with peritoneal mucinous tumours: A phase I first in man study.* Recuperado el 19 de junio de 2023, a través de Internet en: <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2019.10.033>
- Varilla, C.; Marcone, M.; Paiva, L.; Baptista, J. Bromelain, a Group of Pineapple *Proteolytic Complex Enzymes (Ananas comosus) and Their Possible Therapeutic and Clinical Effects. A Summary.* Foods 2021, 10, 2249. Recuperado el 19 de junio de 2023 a través de Internet en: <https://doi.org/10.3390/foods10102249>

- Valencia, A., Hernández, A., López, L (2011) *El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve?* - Volumen XXIV - Número 2 - Revista: *La ciencia y el hombre* - Universidad Veracruzana. (s. f.). Recuperado 16 de septiembre de 2022, de <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num2/articulos/ensilaje/>
- Vélez-Izquierdo, A., J.A. Espinosa-García, J. Uresti-Gil, J.L. Jolalpa Barrera, J. Rangel- Quintos & D. Uresti Duran, (2020, sep-nov). *Estudio técnico-económico para identificar áreas con potencial para producir piña en el trópico húmedo de México*. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas, 11,7:1619-1632. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2594>. Recuperado 19 de marzo de 2021.
- Zhang, L., Zhou, C., Yuan, Y., Gong, X., Hu, Y., & Li, J. (2020). *Characterization of volatile compounds of pineapple peel wine*. Disponible a través de Internet en: E3S Web of Conferences, 185, 04065. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018504065>. Recuperado el 23 de Julio de 2021.