



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Estudiantes proponen aprovechar desechos de la piña para crear cuerda de uso agrícola

La propuesta fue desarrollada como trabajo final de graduación de la carrera de Ingeniería Industrial en la UCR

21 DIC 2020 Ciencia y Tecnología



La piña es uno de los principales productos agrícolas que se produce y exporta en Costa Rica. Foto Laura Rodríguez.

Uno de los principales problemas que enfrenta el cultivo de la piña en Costa Rica es qué hacer con el rastrojo que resulta de su producción. Esta acción, si no se realiza de manera adecuada, puede dar como resultado un daño severo al terreno agrícola y generación de plagas que afectan a las zonas circundantes.

De ahí que surjan ideas innovadoras que busquen sacar provecho de estos desechos y proteger al mismo tiempo al medio ambiente. Un ejemplo de esto es el trabajo final de graduación denominado: **Evaluación de alternativas de aprovechamiento del rastrojo de la piña, para diseño de un modelo de negocio que contribuya con el manejo sostenible del residuo.**

Esta investigación la realizaron **Rodrigo Chamorro Hernández, Luis Carlos Torres Ramírez y Esteban Valverde Hernández**, como parte de su tesis de graduación de Licenciatura en **Ingeniería Industrial en la Universidad de Costa Rica (UCR)**, que fue presentada, defendida y aprobada en febrero del 2020.

La Ing. Paola Gamboa Hernández fungió como directora del Comité Asesor, la Ing. Carolina Vásquez Soto fue la asesora técnica, el MBA Diego Camacho Cornejo fue el profesional contraparte, el Dr. Roberto Quirós Vargas fue el profesor lector, y el Ing. Mauricio Zamora Hernández fue el representante de la Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial ([EII](#)).

Investigación dirigida al sector agroproductivo

Esta tesis propone la **valoración de un modelo de negocio sustentable, que utiliza los residuos del rastrojo de la hoja de piña para crear una cuerda que es de amplia utilización en la producción agrícola.**

Sus autores, hoy ya graduados como ingenieros de la UCR, analizaron las alternativas de aprovechamiento existentes para elegir alguna de ellas y proceder a elaborar un modelo de negocio que impactara los **tres ejes del desarrollo sostenible, que son las variables económicas, sociales y ambientales. Al mismo tiempo, querían que estuviera acorde con la realidad nacional y que fuera realista a la hora de implementarla.**



Rodrigo Chamorro Hernández, Luis Carlos Torres Ramírez y Esteban Valverde Hernández (en orden usual), fueron quienes crearon el proyecto sobre el aprovechamiento del rastrojo de la piña, para elaborar una cuerda natural de uso en la agricultura. Foto cortesía Esteban Valverde.

Para poder aplicar la metodología propuesta trabajaron en una empresa piñera que se ubica en Los Chiles, Alajuela, “fue seleccionada debido a que podía representar una oportunidad importante de impacto positivo en la zona Huetar Norte, dados sus indicadores socioeconómicos, y la gran cantidad de productores independientes que allí existen, lo que permitiría tener una mayor probabilidad de que hubiese más interesados en conocer el proyecto. También buscamos contactar a empresas piñeras de otras zonas del país, pero sólo de la Huetar Norte recibimos respuesta. Por un acuerdo de confidencialidad, no podemos dar detalles específicos de la piñera con la que trabajamos”, explicó Esteban Valverde.

El objetivo principal del proyecto es evaluar las alternativas de aprovechamiento del rastrojo de la piña, para diseñar un modelo de negocio que contribuya con el manejo sostenible del residuo.

Además, con el fin de cuantificar diferentes indicadores del proyecto para su viabilidad comercial, financiera y ambiental, los autores establecieron diferentes variables relacionadas con el proceso productivo, los requerimientos de la materia prima, los equipos necesarios y los elementos espaciales.

“Integramos a la asociación solidarista de trabajadores y a los propietarios de la finca piñera dentro del proceso de producción de la cuerda, para crear un mayor impacto social al brindar oportunidades laborales y beneficios económicos para la comunidad. Al final, este modelo de negocio circular obtuvo una aceptación del 90 % entre ambos actores”, destacó Valverde.

Este grupo de estudiantes egresados de la EII de la UCR escogió la cuerda de polipropileno, que es de amplia utilización en la agricultura, por ser un elemento de alta comercialización en el país, y por los beneficios ambientales y sociales que se podrían concretar.

En el caso particular de la finca piñera en la que se aplicó el estudio, lograron conocer que el consumo de la cuerda de polipropileno es de 4 200 unidades de rollo de cuerda de 2 115 metros cada uno al año, eso equivale a una inversión de ₡ 23 759 190 millones.



Durante el proceso de obtención de la cuerda natural a partir de las hojas de la piña, se utilizó una máquina decorticatora o desfibrador creada por expertos del TEC. Foto cortesía Esteban Valverde.

Hojas de la piña como insumo en la producción de cuerda

Para esta investigación se concretó una muestra de 54 kg de hojas de rastrojo de piña, la cual contiene un porcentaje cercano al 2 % de fibra, así definieron que para producir un rollo de cuerda de 2 115 m y 5 mm de grosor, requieren de 374 kg de hojas.

A partir de ahí lograron determinar que para obtener 16,5 rollos de cuerda, o sea la producción diaria requerida en la finca piñera estudiada, se ocupan 6,18 toneladas de hojas de rastrojo de la piña. Sin embargo en 10 hectáreas de terreno, que es la disponibilidad semanal para la extracción del rastrojo en la finca, se generan 350 toneladas métricas por día, por lo que existe suficiente materia prima para la producción de la cuerda.

“Considerando lo anterior y con la disponibilidad diaria de material, bajo un escenario agresivo de producción constante, se lograrían producir hasta un máximo de 1 052 rollos

de cuerda al día, pero dados los requerimientos del modelo propuesto se pueden producir 350 rollos mensuales, para así suplir la demanda mensual de la finca”, apuntó Valverde.

Una diferencia importante que rescató Valverde, es que el valor final de la cuerda desarrollada por ellos es de \$ 17, mientras que el costo de la cuerda de polipropileno es de aproximadamente \$ 10, “pero de ese precio final se debe tomar en cuenta que se ahorraron \$ 4 por unidad por concepto de recolección y manipulación de la cuerda de polipropileno. La cuerda natural es más cara, por lo que no brinda un ahorro considerable, de hecho implica una inversión; pero ese sobrepeso fue presentado ante la empresa piñera y fue aceptado, debido a los beneficios hacia su imagen, los sociales y los ambientales. En resumen, la asociación solidarista se encarga de fabricar la cuerda y se la vende a la empresa piñera, convirtiéndose en el nuevo proveedor de la cuerda, pero con todas las propiedades beneficiosas que ésta ofrece”, subrayó Valverde.

La [producción de cuerda y de textil a partir de los desechos de la piña](#) es una propuesta bien conocida en todo el mundo y sus métodos de producción son de poca complejidad tecnológica, en especial para el caso de la cuerda para agricultura, además son productos de buena calidad y la maquinaria tecnológica necesaria es de bajo costo y de fácil manipulación.

“En el sector agrícola se requiere del uso de cuerdas para brindar soporte, sujeción y protección al cultivo, principalmente al alimento. Estas se pueden clasificar en cuerdas de tipo natural (cáñamo, cabuya, algodón y otras) y cuerdas de tipo sintético (nylon, poliéster, polipropileno, polietileno y otras) (Álvarez, 2016). En su mayoría, por costos y acceso al producto, se emplean cuerdas sintéticas, específicamente la de polipropileno”, se indica en el texto de la tesis.



Esta es la cuerda natural que resulta del proceso de aprovechamiento del rastrojo de la piña. Foto cortesía Esteban Valverde.

Las cuerdas de polipropileno se obtienen a partir de los derivados del petróleo, que es el principal contribuyente al cambio climático, y no son biodegradables, al contrario de las cuerdas de origen natural.

“Gran parte del enorme volumen de desechos plásticos se acumulan por decenas de años en rellenos sanitarios, sin llegar a degradarse, o son simplemente quemados con el consiguiente daño ambiental y a la salud. **El plástico sintético representa entre un 10 % y un 13 % de los residuos sólidos en el mundo. Es especialmente problemático para el ambiente por contener compuestos químicos que se asocian a problemas a la salud de seres humanos y por otro lado, representa un problema serio para conservar servicios ecosistémicos que nos proveen los ríos, los humedales, los mares y los océanos (Ministerio de Salud, 2017)**”, se menciona en la tesis.

Valverde y compañía señalan que la industria bananera es el sector productivo que más emplea este tipo de cuerda en Costa Rica, pero también en la producción de piña, por lo que proponen un tipo de cuerda natural que la reemplace y mejore el [impacto ambiental de ambas actividades agrícolas](#).

Proceso de obtención de la cuerda

A los 54 kg de hojas de rastrojo de piña que se usaron como muestra se le aplicó un **proceso de extracción que consistió en la utilización de una máquina decortadora o desfibradora que fue desarrollada por un equipo de investigadores del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).**

Una vez que se extrajo la fibra se procedió a limpiarla de forma manual, se le quitaron los restos de hojas y después pasó por un proceso de secado para eliminar la humedad presente. Seguidamente, se extrajo la fibra, se seca, se peina, se procede a encordarla y embobinarla.

Dentro de este proceso de producción **“no se emplea ningún tipo de químico o producto adicional que afecte la composición química de la fibra, es totalmente natural, por lo que al llegar la finalización de su periodo de uso y ser desechada, se reincorpora al suelo mediante un proceso de biodegradabilidad natural, aunque no hay información del periodo de tiempo que implica esta tarea”**, se afirma en la tesis.



Entre las principales diferencias que tiene la cuerda natural versus la cuerda de polipropileno es su característica biodegradable y amigable con el ambiente. Foto cortesía Esteban Valverde.

Algunas otras particularidades de este producto natural es que el grosor de 5 mm que tiene la cuerda de polipropileno, se logra con la fibra obtenida en aproximadamente 1,5 hojas de piña. Por otra parte, la **tensión de la cuerda de polipropileno es de 7 838 kg, mientras que la de esta cuerda natural es de 3 378 kg.**

“Lo ideal es que la cuerda propuesta en este proyecto tenga un resultado cercano, pero cabe destacar que se desconoce la tensión mínima que puede soportar la cuerda para la función que esta deba cumplir, lo cual mediante pruebas en campo se podría comprobar si la cuerda propuesta cumple el objetivo. Estas pruebas de campo quedan como una recomendación técnica para la implementación del proyecto, pues no se ha logrado producir suficiente cuerda para utilizarla en una cama de siembra de piña y validar que la tensión que esta soporta es mayor a la requerida”, aclaran los autores en el texto de la tesis.

Conclusiones de la propuesta

A continuación se exponen los resultados de este trabajo final de graduación, los cuales fueron divididos en factores económicos, sociales y ambientales:

- **Económicos:** la cuerda de agricultura a base de hojas de rastrojo de piña **permite la reducción de costos de mano de obra, pues los cuidados y su manipulación son menores a los de la cuerda de polipropileno. Al final se obtiene un ahorro de \$ 16 800 (\$4/unidad) anuales, al no tener que recolectar la cuerda biodegradable.**

- **Sociales:** Las **ganancias anuales que provienen del negocio que opera la asociación solidarista se divide entre todos sus integrantes (128), impactando gran cantidad de familias y mejorando su condición socioeconómica.**
- **Ambientales:** Se obtiene un indicador de circularidad a nivel de producto de 91 %, que es un indicador que está basado en el flujo de materiales. En el caso particular de la empresa en estudio, **se lograría la sustitución de 4 200 rollos anuales (aproximadamente 31 500 kg) de 2115 m de cuerda de polipropileno, por una cuerda natural biodegradable.**

Finalmente, el **Dr. Roberto Quirós Vargas, profesor catedrático e investigador de la EII, dijo que si la humanidad no pone especial atención a los efectos que causa al planeta, se verán resultados catastróficos en el corto y mediano plazo, como por ejemplo las variaciones drásticas en el clima.**

“La EII y en general la UCR se ha caracterizado por diseñar, crear y brindar soluciones innovadoras y amigables con el medio ambiente a la sociedad costarricense, con aportes significativos desde todas las áreas del conocimiento, basados en la investigación y la acción social. Esto se logra mediante la enseñanza de técnicas de modelado y estrategias tales como la economía circular, ecología industrial y la bioeconomía, entre otras, las cuales buscan controlar, mitigar y adaptar a las personas a los cambios que genera la acción misma de la humanidad sobre los ecosistemas”, recalcó Quirós.

Este académico agregó que **el cambio climático es el desafío del milenio, pues las emisiones de dióxido de carbono hacia la atmósfera que provienen de la utilización de los combustibles fósiles para generar la energía y mover la economía de los países, ha causado un daño significativo pues ha resultado en el calentamiento global.**

“Como respuesta, los estudiantes avanzados de la carrera de Ingeniería Industrial han empezado a contribuir en la búsqueda de [soluciones a múltiples problemáticas](#), entre ellas está la propuesta sobre el rastrojo de piña. Este proyecto nació en el curso de Ingeniería Ambiental en el año 2018 y ahora culmina como una tesis, que inclusive se publicará próximamente como un artículo dentro de un libro sobre producción textil utilizando la economía circular, que es el estudio que incluye a la problemática ambiental dentro de la economía”, amplió Quirós.

Finalmente, Esteban Valverde declaró que con este estudio quieren marcar un precedente, pues se trata de **“una guía de trabajo estructurado que aborda la problemática que genera el manejo del rastrojo de la piña, y para que cualquier actor, sea una empresa productiva privada, instituciones públicas y sectores relacionados, tengan un documento de investigación que les sirva como base para la discusión de acciones”,** concluyó.



[Otto Salas Murillo](#)

Periodista, Oficina de Divulgación e Información

Área de cobertura: ingenierías

otto.salasmurillo@ucr.ac.cr

