UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROVINCIAS DE CORONEL PORTILLO Y PADRE ABAD, UCAYALI”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

LADI DI HOYOS SHICA

PUCALLPA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°150/2022-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 11:20 a.m. del día viernes 15 de julio del 2022, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple Nº 085-2022-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga	Presidente
Dr. David León Moreno	Miembro
Ing. M. Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez	Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de la tesis denominado: "**DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROVINCIAS DE CORONEL PORTILLO Y PADRE ABAD, UCAYALI",** presentado por la bachiller HOYOS SHICA LADI DI asesorado por el Dr. GROBER PANDURO PISCO. Finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por la sustentante, en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 12:40 p.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

Dr. Edgar Juan Díaz Zúniga
Presidente

Dr. David León Moreno
Miembro

Ing. M. Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue sometida a consideración para su **APROBACIÓN** ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, integrada por los siguientes docentes:

Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga

Presidente

Dr. David León Moreno

Miembro

Ing. M. Sc. Gladys Elena Rojas Gutiérrez

Miembro

Dr. Grober Panduro Pisco

Asesor

Ing. Edwar E. Rubina Arana

Co-Asesor

Bach. Ladi Di Hoyos Shica

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N°0072-2022

La **Dirección de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el **Informe final de Tesis, titulado:**

"**DETERMINACION DEL VOLUMEN Y COMPOSICION QUIMICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS AGROINDUSTRIALES PARA ELABORAR ENVASES BIODEGRADABLES EN LAS PROVINCIAS DE CORONEL PORTILLO Y PADRE ABAD, UCAYALI".**

Cuyo(s) autor (es) : HOYOS SHICA, LADI DI

Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional : ING. AMBIENTAL
Asesor(a) : DR. PANDURO PISCO, GROBER

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 1%.**
En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y CODIFICA la presente constancia

FECHA 14/02/2022

Dr. ABRAHAM ERMITANIO HUAMAN ALMIRON
Dirección de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, LADI DI HOYOS SHICA
Autor de la TESIS titulada:
"DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIALES EN LAS PROVINCIAS DE CORONEL PORTILLO Y PADRE ABAD, UCAYALI"

Sustentada el año: 2022
Con la asesoría de: Dr. GROBER PANDURO PISCO
En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Carrera Profesional de: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL [X] Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

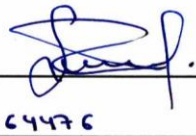
De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 15 / 07 / 2022

Email: hoyos.shica@hotmail.com Firma: 

Teléfono: 988209317 DNI: 75764476

DEDICATORIA

La presente investigación representa el último peldaño de mis cinco años de estudio, el cual nada de esto se hubiese logrado sin la ayuda de mis principales motivaciones: CAMILA, BELMIRA, VICTOR y ANDRES, quienes fueron las personas que me regalaron conocimientos, enseñanzas y mucho amor. Mis abuelos me inspiran a ser mejor persona y profesional, dedicado con mucho amor de la tierra hasta el cielo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi luz y guía en todo momento, por darme las fuerzas necesarias para luchar por mis sueños y regalarme nuevos días con mejores oportunidades.

A mis padres Andrés Hoyos y Elita Shica, por esmerarse en brindarme una buena educación y por el esfuerzo que hacen para que yo pueda cumplir mis metas.

A la Universidad Nacional de Ucayali, por la oportunidad que brindan a cada uno de sus estudiantes y por la formación profesional que logran en cada uno de sus egresados.

A mis docentes que día a día se esmeran por inculcarnos conocimientos, enseñanzas y experiencias que me ayudaron en mi realización profesional. También agradezco a aquellos docentes que, aunque ya no estén presentes en vida fueron grandes profesionales con la mejor disposición de enseñanza del cual se admira su esfuerzo y dedicación.

A mi asesor Dr. Grober Panduro Pisco y co-asesor Ing. Edwar Rubina Arana, por la paciencia, confianza, enseñanzas y su completa disposición de servicio en el desarrollo de la Tesis.

Al Ing. Ader Guerra responsable del laboratorio de química por facilitarme los materiales y equipos necesarios para el análisis de la composición química lignocelulósica de los residuos agroindustriales.

A las empresas Agroindustriales por la amabilidad y disponibilidad del tiempo que tuvieron al recibirme en la recolección de información.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE DEL CONTENIDO viii
ÍNDICE DE TABLAS xi
ÍNDICE DE FIGURAS xiii
RESUMEN xv
ABSTRACT xvi
INTRODUCCION 1
CAPITULO I 4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4
1.1. Formulación del problema 4
1.1.1. Problema general 5
1.1.2. Problemas específicos 5
1.2. Objetivos 5
1.2.1. Objetivo General 5
1.2.2. Objetivos Específicos 5
1.3. Hipótesis 6
1.3.1. Hipótesis alternativa (Ha) 6
1.3.2. Hipótesis nula (H0) 6
CAPITULO II 7
MARCO TEÓRICO 7
2.1. Antecedentes del problema 7
2.1.1. Internacional 7
2.1.2. Nacional 8

2.1.3. Regional 10
2.2. Planteamiento teórico 10
2.2.1. Residuos agrícolas y agroindustriales 10
2.2.2. Sector agrícola 12
2.2.3. Caracterización de residuos agroindustriales 16
2.2.4. Contaminación ambiental por residuos agroindustriales 21
2.2.5. Aprovechamiento de residuos agroindustriales 22
2.2.6. Composición química del material lignocelulósico 27
2.2.7. Envases biodegradables 36
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 38
CAPITULO III 39
METODOLOGÍA 39
3.1. Método de investigación 39
3.2. Población y muestra 40
3.2.1. Población 40
3.2.2. Muestra 40
3.2.3. Diseño de la investigación 40
Procedimientos de recolección de datos 41
3.2.4. Adquisición de equipos, materiales e insumos 41
3.2.5. Diseño del sistema de recolección de información 41
3.2.6. Búsqueda y coordinación con asociaciones, comités, cooperativas y empresas agrícolas y agroindustriales 42
3.2.7. Elaboración de censo y cronograma para la recopilación de información 43
3.2.8. Visita y censo para recolección de información 43
3.2.9. Proceso productivo de las agroindustrias 46

3.2.10. Análisis de laboratorio 54
3.2.11. Procesamiento de datos 56
3.2.12. Análisis estadísticos e interpretación de resultados 57
3.3. Técnicas e instrumentos para recolección de datos 57
3.3.1. Técnicas 57
3.3.2. Instrumentos 58
CAPITULO IV 59
RESULTADOS Y DISCUSION 59
4.1. Análisis del volumen de generación de los residuos sólidos agroindustriales en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Región Ucayali……. 59
4.2. Análisis de composición química de los residuos sólidos agroindustriales en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad 68
4.3. Análisis de la biomasa de celulosa de los residuos agroindustriales como alternativa de elaboración de envases biodegradables 72
CAPITULO V 74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74
5.1. Conclusiones 74
5.2. Recomendaciones 75
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA 76
ANEXO 83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación del valor de producción en el Perú de enero-junio. 12

Tabla 2. Comparación de la producción agrícola en el Perú de enero-junio. 13

Tabla 3. Comparación de la producción de los cultivos en Ucayali de enero-junio. . 13

Tabla 4. Producción de la caña de azúcar y la generación de sus residuos en el Perú. 14

Tabla 5. Producción del plátano y la generación de sus residuos en el Perú. 15

Tabla 6. Producción de arroz y la generación de sus residuos en el Perú. 16

Tabla 7. Composición lignocelulósica de los residuos de caña de azúcar. 32

Tabla 8. Composición lignocelulósica de los residuos de arroz. 33

Tabla 9. Composición lignocelulósica de los residuos de plátano. 33

Tabla 10. Composición lignocelulósica de la cáscara de arroz. 34

Tabla 11. Composición lignocelulósica del bagazo de caña de azúcar. 35

Tabla 12. Composición lignocelulósica de la cáscara de plátano. 35

Tabla 13. Comparación lignocelulósica de la cáscara de yuca. 36

Tabla 14. Asociaciones y empresas agroindustriales censadas. 44

Tabla 15. Asociaciones y empresas agroindustriales inoperativas. 45

Tabla 16. Asociaciones y empresas agroindustriales no censados. 45

Tabla 17. Balance de materia del chifle. 47

Tabla 18. Balance de materia del almidón. 49

Tabla 19. Balance de materia del alcohol. 50

Tabla 20. Balance de materia del aguardiente. 51

Tabla 21. Balance de materia de la chancaca. 52

Tabla 22. Balance de materia de granos de arroz. 54

Tabla 23. Nombres de las especies de los residuos agroindustriales. 54

Tabla 24. Generación de residuos de bagazo de caña de azúcar. 59

Tabla 25. Generación de residuos de cáscara de arroz. 61

Tabla 26. Generación de residuos de cáscara de yuca. 62

Tabla 27. Generación de residuos de cáscara de plátano. 63

Tabla 28. Generación de residuos agroindustriales en t/año. 64

Tabla 29. Generación per cápita-empresa de residuos agroindustriales. 67

Tabla 30. Concentración de celulosa en los residuos agroindustriales. 68

Tabla 31. Concentración de hemicelulosa en los residuos agroindustriales. 69

Tabla 32. Concentración de lignina en los residuos agroindustriales. 71

Tabla 33. Cantidad de celulosa en los residuos agroindustriales en t/año 72

Tabla 34. Asociaciones y empresas agroindustriales en Coronel Portillo y Padre Abad. 84

Tabla 35. Balance de materia de la empresa ASERCAMPO S.A.C. 86

Tabla 36. Balance de materia de la empresa Industrias Molino Campo Verde. 86

Tabla 37. Balance de materia de la empresa Molino Landbar. 86

Tabla 38. Balance de materia de la empresa Express Import Export S.A.C. 87

Tabla 39. Balance de materia del Molino Aguilar. 87

Tabla 40. Balance de materia de la Asociación de productores de yuca Santa Catalina. 87

Tabla 41. Balance de materia de la Asociación agropecuario de yuca del Valle 88

Tabla 42. Balance de materia de la Asociación Agroindustrial Progreso. 88

Tabla 43. Balance de materia de la Asociación de productores ecológicos del caserío San Cristóbal de Agua Blanca. 88

Tabla 44. Balance de materia de HAVISHA Producción y Comercialización de Productos Agrícolas S.A.C. 89

Tabla 45. Balance de materia de la empresa J.M. Ucayali S.A.C. 89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de los materiales lignocelulósicos. 27

Figura 2. Estructura de celulosa. 28

Figura 3. Estructura de hemicelulosa. 29

Figura 4. Estructura de la lignina. 30

Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio. 41

Figura 6. Balance de materia de chifle 46

Figura7. Proceso de producción del almidón. 47

Figura 8. Balance de materia del álmidon 48

Figura 9. Balance de materia del alcohol. 49

Figura 10. Balance de materia del aguardiente. 50

Figura 11. Balance de materia de la chancaca. 51

Figura 12. Proceso de producción de granos de arroz. 52

Figura 13. Balance de materia de granos de arroz. 53

Figura 14. Recolección de residuos agroindustriales. 55

Figura 15. Volumen de generación de bagazo de caña de azúcar. 60

Figura 16. Volumen de generación de cáscara de arroz. 61

Figura 17. Volumen de generación de cáscara de yuca. 63

Figura 18. Volumen de generación de cáscara de plátano. 64

Figura 19. Residuos agroindustriales en t/año. 65

Figura 20. Concentración de celulosa en los residuos agroindustriales. 68

Figura 21. Concentración de hemicelulosa en los residuos agroindustriales. 70

Figura 22. Concentración de lignina en los residuos agroindustriales. 71

Figura 23. Cantidad de celulosa en los residuos agroindustriales. 72

Figura 24. Residuo de cáscara de yuca. 90

Figura 25. Residuo de cáscara de plátano. 90

Figura 26. Residuo de cáscara de arroz.. 90

Figura 27. Almacén de cáscara de arroz. 90

Figura 28. Residuo de bagazo de caña. 90

Figura 29. Caña de azúcar. 90

Figura 30. Aparato Soxhlet para la extracción de impurezas. 90

Figura 31. Soluciones para la deslignificación. 90

Figura 32. Disolución de hidróxido de sodio a la muestra. 90

Figura 33. Disolución de ácido acético a la muestra. 90

Figura 34. Pesado de las muestras agroindustriales. 90

Figura 35. Muestra colocada a baño maría. 90

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Provincia de Coronel Portillo y Padre Abad; cuyo objetivo fue determinar el volumen y composición química de los residuos sólidos agroindustriales considerando al bagazo de caña de azúcar, cáscara de plátano, cáscara de arroz y cáscara de yuca como materia de investigación. Se utilizó la técnica del censo para la recolección de datos de las empresas agroindustriales donde por medio del balance de materia se conoció la cantidad de generación de residuos sólidos y en la fase de laboratorio se realizó el análisis de su composición química: las sustancias extractivas por extracción con etanol fue siguiendo la norma TAPPI 204, la celulosa siguiendo la norma ASTM 1695-77 y holocelulosa siguiendo la norma ASTM D-1104 por hidrolisis acida analítica del material libre de extractos, y la lignina en ácido sulfúrico siguiendo la norma TAPPI T222 os-74. Los residuos agroindustriales que generan mayor volumen son el bagazo de caña de azúcar con 8,482.8 t/año y la cáscara de arroz con 8,238.4 t/año, en total se genera 16,884.1 t/año dentro de la acumulación de las empresas censadas. El bagazo de caña de azúcar no solo genera elevados volúmenes de residuo, sino que también posee mayor composición lignocelulósico de celulosa con 24.4%, hemicelulosa con 20.2% y lignina con 25%. Existe una biomasa de 4,339.8 t/año de celulosa entre los residuos de bagazo de caña de azúcar, cáscara de arroz, cáscara de yuca y cáscara de plátano, que hasta la actualidad no cuentan con un valor agregado siendo simplemente desechados, por lo que utilizar toda esta biomasa para la elaboración de envases biodegradables sería uno de las mejores alternativas de aprovechamiento sostenible en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad.

Palabras clave*: residuos agroindustriales, lignina, celulosa, hemicelulosa, envases biodegradables.*

ABSTRACT

The investigation was developed in the Province of Coronel Portillo and Padre Abad; whose objective was to determine the volume and chemical composition of agroindustrial solid waste considering sugar cane bagasse, banana peel, rice husk and cassava husk as research material. The census technique was used to collect data from agro-industrial companies where, through the material balance, the amount of solid waste generation was known and in the laboratory phase the analysis of its chemical composition was carried out: the extractive substances by extraction with ethanol was following the TAPPI 204 standard, cellulose following the ASTM 1695-77 standard and holocellulose following the ASTM D-1104 standard by analytical acid hydrolysis of the material free from extracts, and lignin in sulfuric acid following the TAPPI T222 standard. -74. The agro-industrial residues that generate the greatest volume are sugar cane bagasse with 8,482.8 tons/year and rice husk with 8,238.4 tons/year, in total 16,884.1 tons/year are generated within the accumulation of the registered companies. Sugarcane bagasse not only generates high volumes of waste, but also has a higher lignocellulosic composition of cellulose with 24.4%, hemicellulose with 20.2% and lignin with 25%. There is a biomass of 4,339.8 tons/year of cellulose among the residues of sugarcane bagasse, rice husk, cassava husk and banana peel, which until now do not have an added value, being simply discarded, so using all this biomass for the production of biodegradable containers would be one of the best alternatives for sustainable use in the provinces of Coronel Portillo and Padre Abad.

Keywords: *agroindustrial waste, lignin, cellulose, hemicellulose, biodegradable packaging.*

INTRODUCCION

Las empresas agroindustriales son las que generan hoy en día elevados volúmenes de residuos sólidos orgánicos que, en su mayoría solo utilizan el 30% de la materia prima, haciendo que el otro 70% sea simplemente excluido de cualquier valor. El vertimiento del 70% de la materia prima convertida en residuo se ha convertido en una gran amenaza para el ambiente ya que en muchas ocasiones son conducidos a un botadero informal, quemados o arrojados en la misma zona de cultivo, siendo estas actividades las que generan repercusiones negativas al ambiente, produciendo una gran liberación de dióxido de carbono, contaminación de los cursos del agua, molestias por presencia de olores y proliferación de insectos (Guerrero & Valenzuela, 2011a). Al ser estas actividades las únicas medidas de solución como disposición final dentro de una empresa, puede provocar grandes pérdidas económicas por la escasa visión, planificación y aprovechamiento de sus residuos.

El tema de la acumulación de residuos sólidos orgánicos agroindustriales está dando lugar a una creciente preocupación ambiental y económica, la inadecuada disposición dentro del sector conllevaría a cambios en los entornos no biológicos, biológicos y socioeconómicos (Ramírez, 2012a), sin embargo, al brindarle un valor agregado adecuado podría convertirse en un medio para mejorar la calidad ambiental (Vargas & Pérez, 2018a). Luna (2014a), sostiene que los residuos sólidos son un material fundamental para generar diversos productos, siendo una gran alternativa para generar ganancias adicionales que ayudan a minimizar los impactos negativos.

El uso de los materiales lignocelulósicos dentro del residuo se encuentra en constante investigación, esto se debe al bajo costo, su gran volumen y la fácil disponibilidad de estos materiales a nivel mundial, considerando también a la necesidad de minimizar los impactos, repercusiones, contaminantes que provoca la mala disposición y gestión de los mismos (Cabrera *et al*., 2016a). Existen hoy en día diversas investigaciones dirigidas a utilizar estos residuos lignocelulósicos como materia prima en la obtención de combustible (Ruíz, 2015a), sustratos para la producción fermentativa de metabolitos (Rojas *et al*., 2019a), sustrato para la generación de bioenergéticos (Marcelo

et al., 2016a), mejoradores del suelo (Haro *et al*., 2017a), productos con cualidades promotoras para la salud (Agama *et al*., 2015a) y suplementos alimenticios para animales (Aguiar *et al*., 2019a), que permite brindar valor agregado al residuo con beneficios económicos, amigable con el medio ambiente y de alto interés comercial (Saval, 2012a).

Bolio *et al*., (2017a), señala que en la industria de la caña de azúcar se emite por cada hectárea de cultivo un promedio de 75 toneladas de caña de azúcar, generando alrededor de 9 toneladas de paja y 29.25 toneladas de bagazo, promediando un 51% de residuos agroindustriales. Asimismo, en la industria del plátano, se estima que por cada mil plantas de plátano se genera 20 a 25 toneladas de pseudotallo, se considera que el pseudotallo, hojas, raquis y cáscara son el 85% de residuos no aprovechados de la planta (García, 2017), tal cual se manifiesta en la industria del arroz que, por cada 4 toneladas de arroz se produce 1 tonelada de cáscara lo que se dedujo que anualmente se podría generar 100 millones de toneladas de cáscara (Aguilar & Tulcán, 2018a). Y que en la industria de la yuca se producen alrededor de 0.93 y 1.12 toneladas de bagazo y cáscaras de yuca húmeda por tonelada métrica de yuca seca procesada (Zhang *et al*., 2016). Con esta información recopilada se puede observar significativas toneladas de residuos excluidos de cualquier valor que por lo general van creciendo según la cantidad de producción que realiza una empresa, en el año 2018 el estudio de generación de residuos de caña de azúcar, arroz, maíz, plátano, palma aceitera y esparrago fue de 3.5 millones de toneladas en el Perú, alcanzando un total de 24.7 mil toneladas de biomasa lignocelulósica sin aprovechamiento alguno (Retto, 2019a).

La presente investigación está enfocada en el problema de la generación excesiva de los residuos sólidos orgánicos agroindustriales. Es por tal motivo que, se busca conocer el proceso de producción que se realiza desde la obtención de la materia prima, hasta la disposición final de sus residuos, del mismo modo conocer el volumen total de la generación no aprovechable en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, y así mismo realizar el análisis de la composición química de los residuos de la cáscara de plátano, cáscara de yuca, bagazo de caña de azúcar y cáscara de arroz, que permita descubrir también la cantidad de biomasa celulósica para ser utilizado como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de envases biodegradables. Desde otra

perspectiva, se desea que las asociaciones y empresas agroindustriales puedan tener una visión enfocada en el aprovechamiento de los residuos de manera sostenible y descubriendo el valor agregado de cada una de ellas, ya que además permitirá a los lectores y público en general conocer nuevos estudios que buscan alternativas de solución frente a este problema ambiental, así como brindarles datos informativos para que se siga desarrollando estos tipos de investigaciones realizando el aprovechamiento sostenible de los materiales lignocelulósicos de los residuos sólidos agroindustriales.

CAPITULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

En la región Ucayali, la agricultura esta posesionada como una de las actividades económicas más importantes, donde la población Ucayalina ha sabido aprovechar para elaborar distintos productos y ser exportados a mercados locales, nacionales e internacionales. En estos procesos se ha encontrado un problema latente que surge a partir de la emisión de sus residuos sólidos orgánicos que en ocasiones es un factor de pérdida para muchas empresas.

La presente investigación pretende brindar una visión de aprovechamiento dándole valor agregado a los residuos agroindustriales que vienen siendo quemados y desechados de manera inadecuada por las asociaciones y empresas, sin tener la menor idea de que al realizar un manejo adecuado estos residuos pueden solucionar diversos problemas ambientales e incluso económicos.

Por tal motivo es preciso investigar cada una de sus potencialidades, que al conocer los volúmenes de generación, analizar su composición química e identificar la cantidad de biomasa celulósica, sirva de gran ayuda para futuras investigaciones que desean aprovechar esta materia prima para solucionar otros problemas ambientales tales como el uso excesivo del plástico, ya que sin lugar a duda los residuos lignocelulósicos vienen siendo aprovechados para la elaboración de envases biodegradables sustituyendo a los envases fabricados de polímeros contaminantes.

Se espera que mediante la información brindada por la presente investigación exista muchas otras personas que traten de buscar otras alternativas de solución aprovechando los residuos sólidos orgánicos agroindustriales ya que su inadecuada disposición final resulta ser irreparables dentro de las empresas, sus trabajadores y las personas que están cerca de ellas. Y que mediante el conocimiento del potencial de los residuos lignocelulósicos generados dentro de las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad exista una concientización con un

mejor manejo, o bien que esta información sirva de base para que en la localidad se pueda elaborar envases biodegradables a gran escala que genere oportunidad de trabajo y oportunidad de mercado dentro de nuestra región y el país; razón por la cual se planteó las siguientes interrogantes.

1.1.1. Problema general

¿Cuál será el volumen y composición química de los residuos sólidos agroindustriales en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Ucayali?

1.1.2. Problemas específicos

¿Cuánto será el volumen de residuos sólidos agroindustriales que se genera en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Ucayali?

¿Cuánto será la composición química de los residuos sólidos agroindustriales en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Ucayali?

¿Cuánto será la biomasa celulósica que contienen los residuos agroindustriales para que se pueda elaborar envases biodegradables?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar el volumen y la composición química de los residuos sólidos agroindustriales en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Ucayali.

1.2.2. Objetivos Específicos

Determinar el volumen de generación de residuos sólidos agroindustriales en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Ucayali.

Determinar la composición química de los residuos sólidos agroindustriales en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Ucayali.

Determinar la cantidad de biomasa celulósica de los residuos agroindustriales como alternativa para la elaboración de envases biodegradables.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis alternativa (Ha)

El volumen y composición química de los residuos sólidos agroindustriales muestra alto valor lignocelulósico.

1.3.2. Hipótesis nula (H0)

El volumen y composición química de los residuos sólidos agroindustriales muestra bajo valor lignocelulósico.

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Internacional

Cabrera *et al*. (2016b), investigó acerca de la “Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento”. En el presente estudio, se evalúa el potencial de uso de tres residuos agroindustriales (cáscara de coco, paja de caña de azúcar y meollo del bagazo de caña de azúcar) por medio del análisis de la caracterización química, donde se determina el contenido de solidos totales, cenizas, lignina, holocelulosa y extractivos, mostrando que en el residuo, la lignina al tener un porcentaje elevado es considerado como un material promisorio para la obtención de productos químicos de alto valor agregado como compuestos fenólicos que sustituyen a los que se derivan del petróleo, siendo un potencial de aprovechamiento sostenible para la obtención de productos de interés económico y social. Razón por la cual concluye que la composición química de los residuos agroindustriales ayuda a establecer sus potencialidades de uso como materia prima o biosorbentes en cualquier proceso industrial.

Desde el punto de vista de Vargas & Pérez (2018b), con su investigación titulada “Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad ambiental” expresa que los residuos agroindustriales presentan un alto potencial de aprovechamiento gracias a su variada composición química, los residuos que tienen mayor valor agregado para el mejoramiento de la calidad del ambiente se obtiene de la industria azucarera, la molinería de arroz, como también del procesamiento de café y el de maíz que permiten la prevención e intervención de posibles impactos negativos.

Cortes (2014a), manifiesta que los residuos agroindustriales se están convirtiendo en puntos clave para el desarrollo sostenible, ya que la

biomasa de tipo lignocelulósica contiene elevados porcentajes de celulosa, hemicelulosa y lignina, sin embargo el fraccionamiento de estos tres compuestos resulta muy difícil por lo que es necesario emplear tratamientos físicos, químicos, biológicos o la combinación de estos, lo suficientemente fuertes que puede servir como materia prima para la producción de múltiples sustancias químicas de gran valor comercial.

Bolio *et al*. (2017b), en su investigación realizo el análisis del residuo agroindustrial de una empresa dedicada al rubro del procesamiento de caña de azúcar para obtener celulosa a mayor escala aplicando el tratamiento químico de hidrólisis ácida y blanqueamiento logrando obtener un rendimiento del 50% de fibra pretratada y de celulosa al 34%, este tratamiento al ser analizado con los difractogramas de rayos X revela que la cristalinidad asciende al 69% de celulosa, existe una mayor cristianización debido a que el tratamiento anterior permitió la separación de la regiones amorfas (lignina y hemicelulosa). Logrando confirmar que el residuo agroindustrial es una fuente de celulosa con gran potencial para ser aprovechado como materia prima para la elaboración de recipientes biodegradables.

2.1.2. Nacional

La tesis de Retto (2019b) titulada “Potencial energético de la producción de bioetanol a partir de residuos agroindustriales lignocelulósicos en el Perú” detalla en su investigación que los residuos agroindustriales no son aprovechados potencialmente y que en su mayoría son quemados generando una fuerte contaminación al medio ambiente. En el resultado del estudio se estimó que en el año 2018 se generó un aproximado de 3.5 millones de toneladas de residuos de caña de azúcar, arroz, maíz, plátano, maíz amarillo, palma aceitera y esparrago, alcanzando un total de 24.7 mil toneladas de biomasa lignocelulosica, el cual se pierde año tras año al no otorgarles un valor agregado a tanto material que como

se detalla en esta investigación, podría servir como alternativa para el desarrollo de biocombustibles como el bioetanol.

Llerena & Monzón (2017), da a conocer dos grandes problemas que vienen afectando al medio ambiente, menciona la elevada producción de los plásticos debido a la alta demanda y al incremento de nuestra exportación agroindustrial que genera miles de toneladas de residuos al año. Por lo que la elaboración de envases biodegradables se consideró como una gran alternativa de solución al dar valor a los residuos agrícolas, generando un gran impacto ecológico que ayudaría a disminuir la contaminación del 20% por la utilización responsable de estos productos.

Desde la posición de Tamayo *et al*. (2017) en su investigación "Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos en la elaboración de empaques secundarios ecológicos", considera que la cantidad de residuos lignocelulósicos agroindustriales que hasta hoy no han sido aprovechados de forma masiva en la industria, representan una alternativa para la obtención de nuevos productos con valor agregado sin necesidad de realizar altas inversiones. La actividad permite la elaboración de empaques ecológicos a partir de la obtención de un residuo, ya que no solo genera materiales amigables con el ambiente, sino que se convierte en una propuesta rentable para una empresa agroindustrial en términos económicos, social y ambiental para la construcción de una propuesta sostenible y sustentable. La fabricación de empaques secundarios a través del uso de materiales lignocelulósicos agrícolas, constituyen mucha rentabilidad por la cantidad de residuos que se obtiene durante los procesos agroindustriales de varias líneas de productos de importancia como se da el país de Ecuador, y por las características benéficas propias de cada uno de los materiales.

Delgado *et al*. (2019a), en su investigación detalla que la fabricación de envases biodegradables teniendo como materia prima a residuos agroindustriales está siendo utilizada recientemente ya que a diferencia del plástico el material puede degradarse dentro de los 100 días o menos de

manera aérobica o anaeróbica. El cual impulsa a la concientización para el cuidado y la protección del ambiente generando otra alternativa que remplace el uso descontrolado del plástico y aprovechando el residuo lignocelulósico de la cáscara de arroz, el cual ayude a minimizar los volúmenes de residuo en las empresas productoras de arroz y a minimizar costos por la obtención de la materia prima, que sirve como ventaja competitiva dentro de los mercados que venden los productos plásticos.

2.1.3. Regional

Según Ruíz (2015b), con su tesis titulada “Potencial energético de los residuos sólidos de caña de azúcar (Saccharum officinarium L) y cacao (Theobroma cacao L) en las Provincias de Padre Abad y Coronel Portillo, Región Ucayali” señala que la región de Ucayali en el año 2015 contaba con 2,885.13 has de Cacao y 898.49 has de Caña de azúcar, señala que dentro de las industrias azucareras el factor de generación de residuo en una tonelada de caña de azúcar equivale a 0.33 toneladas, que representan el 33%, y una tonelada de cacao en grano puede producir 2.61 toneladas de cascarilla. La producción anual de residuos agroindustriales de cáscara de cacao y bagazo de caña de azúcar equivale a 13,097.58 toneladas no aprovechadas, por lo que se buscó generar otro tipo de valor como potencial energético permitiendo disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.

2.2. Planteamiento teórico

2.2.1. Residuos agrícolas y agroindustriales

Saval (2012b) define que “Los residuos agroindustriales son considerados como materiales en estado sólido o líquido que se generan a partir de la utilización para productos primarios o de industrialización, que luego de su proceso son desechados, sin embargo, estos residuos son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar múltiples productos con valor económico, de interés comercial y/o social” (p.15).

La agroindustria tiene la capacidad de fomentar el desarrollo económico, social y ambiental global, siempre y cuando mantenga el equilibrio entre la actividad desarrollada y la protección del medio ambiente en cada uno de sus procesos, desde la obtención de la materia prima hasta la distribución y disposición final de los subproductos o residuos generados (Vargas & Pérez, 2018c). Desde otra perspectiva se sabe que, para el sector la disposición inadecuada de los residuos viene siendo un estado normal generando cambios en los entornos no biológicos, biológicos y socioeconómicos (Ramírez, 2012b). Por lo que los residuos agroindustriales deben de ser considerados para el desarrollo de nuevas tecnologías ya que cuentan con un alto potencial de ser aprovechados en diferentes procesos que incluye la elaboración de nuevos productos, agregación de valor a productos originales y recuperación de condiciones ambientales alteradas. (Vargas & Pérez, 2018d).

De manera que los residuos agroindustriales son necesariamente un problema a causa de la escasa concientización ambiental para su manejo, la limitada capacidad tecnológica y recursos económicos para poder brindarles una adecuada disposición final (Cabrera *et al*., 2016c). ya que en muchas ocasiones el sector agrícola no se rige al DS N°016-2012-AG, este decreto supremo opta por el cuidado del medio ambiente, justamente por la generación de residuos sólidos que dejan estas actividades, brindándoles alternativas de solución para asegurar el desarrollo sostenible dentro del sector.

Haro *et al*. (2017b), indica que, a nivel mundial las industrias al implementar nuevos equipos, técnicas y tecnologías para la elaboración de productos a gran escala genera gran cantidad de residuo, el cual al desconocer las distintas alternativas tecnológicas que existe hoy en día para el tratamiento de estos, no permiten el aprovechamiento sostenible por lo que genera grandes costos a las industrias para reducir sus residuos. Estos residuos son en muchas ocasiones fuentes potenciales de azucares

y fibra de almidón, que al analizar los compuestos químicos podrían llegar a ser útiles en productos con valor agregado.

2.2.2. Sector agrícola

Según la Encuesta Nacional Agraria (ENA) realizada en el año 2019, a nivel Nacional la superficie agrícola estuvo representado por 6, 299,211 hectáreas, en la selva se reportó 2, 888,337 hectáreas y en la región de Ucayali se reportó alrededor de 249,072 hectáreas.

Dentro del Informe estadístico del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) del año 2021, en los productos agrícolas que más inciden en incremento está el arroz cáscara con el 5.28%, Sin embargo, la caña de azúcar con -8.48%, el plátano con -1.87% y la yuca con -2.76%, disminuyeron significativamente dentro de su producción, esto se debe al déficit de oportunidad de cosecha dentro de la pandemia.

El boletín estadístico mensual “en agro cifras” reporta que:

El valor de producción en el Perú de los meses de enero hasta junio del año 2021 registra que el cultivo de arroz ha ido disminuyendo con 1,134,548 soles menos que el del año 2020, en el cultivo del plátano pasa lo mismo, pero se da con un mínimo alcance de 3,443 soles menos, el cultivo de la caña de azúcar refleja una pérdida de 29,143 soles al del año anterior, así como en el cultivo de la yuca con una pérdida de 5,889 soles.

Tabla 1. *Comparación del valor de producción en el Perú de enero-junio.*

	Valor de producción (soles)			
Año	**Arroz**	**Plátano**	**Caña de azúcar**	**Yuca**
2020	1, 901,140	390,809	281,734	215,591
2021	765,592	387,367	252,591	209,709

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2021)

La producción de los cultivos transitorios y permanentes de la agricultura registra que en el Perú los cultivos de arroz, plátano, caña de azúcar y yuca han ido disminuyendo significativamente en los meses de enero a junio.

Tabla 2. *Comparación de la producción agrícola en el Perú de enero-junio.*

Producción del subsector agrícola (toneladas)				
Año	**Arroz**	**Plátano**	**Caña de azúcar**	**Yuca**
2020	2, 327,742	1, 153,760	4, 791,397	646,289
2021	2, 161,777	1, 143,597	4, 295,767	628,655

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2021)

En Ucayali, la producción de los cultivos transitorios y permanentes del cultivo de arroz en el año 2021 representa un ascenso en comparación del año 2020, ya que solo en los meses de enero hasta junio subió 309 toneladas, el cultivo de plátano en la región también tuvo un ascenso significativo de producción con 17,309 toneladas mayor que en el año 2020, en el cultivo de yuca se registra la disminución de la producción con el descenso de 1,202 toneladas, y dentro de los años 2020 y 2021 no ha existido registro alguno por parte del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego referente a la producción del cultivo de la caña de azúcar en la región, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. *Comparación de la producción de los cultivos en Ucayali de enero-junio.*

Producción de los cultivos (toneladas)				
Año	**Arroz**	**Plátano**	**Caña de azúcar**	**Yuca**
2020	35,767	152,189	0	56,385
2021	36,076	169,498	0	55,183

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2021)

La caña de azúcar es un cultivo que es aprovechada para la elaboración y fabricación de múltiples productos por parte de las industrias,

en el Perú su producción va ascendiendo por la exigente demanda y exportación que se viene realizando con el paso de los años, sin embargo su producción arrastra el problema de los residuos sólidos ya que del mismo modo en el que se produce mayor demanda de cultivo trae consigo la generación de mayor cantidad de residuo, así como el bagazo de caña de azúcar el cual no cuenta con un valor agregado, haciendo que gran parte de este residuo no tenga una disposición final adecuada, tal como se muestra en los registros desde el año 2012 al 2018 a nivel nacional.

Tabla 4. *Producción de la caña de azúcar y la generación de sus residuos en el Perú.*

Año	Caña de azúcar (t)	Residuos (t)	Bagazo (t)
2012	10, 368,866	3, 456,289	3, 110,660
2013	10, 992,240	3, 664,080	3, 297,672
2014	11, 389,617	3, 796,539	3, 416,885
2015	10, 211,856	3, 403,952	3, 063,557
2016	9, 832,526	3, 277,509	2, 949,758
2017	9, 399,617	3, 133,206	2, 819,885
2018	10, 068,800	3, 356,267	3, 020,640

Fuente: (Retto, 2019)

El cultivo del plátano tiene gran importancia económica dentro del país, sin lugar a duda en la amazonia es donde se consume mayor producción de plátano verde y maduro, es por ello que muchas empresas al conocer su potencial como alimento han creado distintos productos con mayor valor agregado para que pueda llegar hasta mercados internacionales, sin embargo la transformación única del fruto del plátano arrastra los residuos sólidos que esta genera al realizar su producción, convirtiéndose en desechos sin ningún valor económico para muchas empresas, en la tabla 5 se puede apreciar la cantidad de residuos que genera su producción.

Tabla 5. *Producción del plátano y la generación de sus residuos en el Perú.*

Año	Plátano (t)	Residuos (t)	Cáscara (t)
2012	2, 082,089	7, 556,983	3, 022,793
2013	2, 114,853	7, 676,916	3, 076,640
2014	2, 125,839	7, 716,796	3, 086,718
2015	2, 145,361	7, 787,660	3, 115,064
2016	2, 073,995	7, 528,602	3, 011,440
2017	2, 025,700	7, 353,291	2, 941,316
2018	2, 218,181	8, 051,997	3, 220,798

Fuente: (Retto, 2019)

La producción de arroz ha venido creciendo considerablemente desde las últimas décadas, esto se ve reflejado en las áreas de cosecha y en la producción por año dentro del país, el Perú es uno de los mayores consumidores de este cereal, es por eso que su demanda en los mercados van siempre en aumento, existen muchas empresas dentro del país como por ejemplo la región San Martin y la región de Ucayali que optan por la industrialización a gran escala es por ello que año tras años utilizan más parcelas para generar mayor producción en el cultivo de arroz, aunque la producción resulta ser rentable la generación de sus residuos genera un porcentaje considerable de pedida económica, la acumulación excesiva de cáscara de arroz representa un gasto innecesario para su eliminación, viéndose reflejado en la producción de los años 2012 al 2018 y el total de generación que se desecha y pierde anualmente.

Tabla 6. *Producción de arroz y la generación de sus residuos en el Perú.*

Año	Arroz (t)	Cáscara (t)
2012	3, 443,330	806,482
2013	3, 046,773	807,395
2014	2, 896,613	767,602
2015	3, 151,408	835,123
2016	3, 165,749	838,923
2017	2, 772,100	734,602
2018	3, 488,100	924,347

Fuente: (Retto, 2019)

2.2.3. Caracterización de residuos agroindustriales

2.2.3.1. Cáscara de plátano

La producción del plátano trae consigo grandes volúmenes de residuo, por lo que Haro *et al*. (2017c), sostiene que desde la cosecha se genera alrededor del 95% de residuo vegetales de raquis, pseudotallo y cáscaras del plátano que no son aprovechados y que en muchas oportunidades son destinados como abono para los cultivos por medio de la descomposición natural a cielo abierto, sin embargo esta actividad solo genere la proliferación de plagas que pueden afectar a otros cultivos cuando no existe un tratamiento previo.

En ecuador, más de la mitad de los productores desechan los residuos de las plantaciones, residuo que puede ser utilizado como materia prima para crear y elaborar productos que sean amigables con el medio ambiente, ejemplo de ello es el papel elaborado de plátano que viene teniendo gran demanda en el mercado desde el primer año de su venta gracias a su elevada rentabilidad (Cortes, 2014b).

Las propiedades antioxidantes del pseudotallo del plátano, son aprovechables para la elaboración de productos con cualidades promotoras de salud, a pesar de reportarse una baja cantidad de polifenoles extraíbles en la cáscara de plátano verde, se reporta para ellos una alta capacidad antioxidante. Esto hace que la cáscara de plátano sea considerada como un antioxidante natural (Agama *et al*., 2015b). Es por eso que Haro *et al*. (2017d), recomienda al sector agrícola aprovechar los residuos que se genera en el cultivo del plátano, ya que por medio de las entrevistas que desarrolló se dio a conocer que existe desde siempre el arrojar los residuos dentro de sus mismas plantaciones como abono orgánico.

El Perú, en el año 2019 se generó alrededor de 2,280.1 toneladas de producción del plátano con rendimiento agrícola de 14,9 toneladas/hectáreas por lo que al tener una visión de estos datos con la investigación de Guerrero *et al*. (2018), reporta que por cada tonelada de plátano producido se genera 2.13 toneladas de residuos lignocelulósicos, el cual abarcaría alrededor de 4,856.6 toneladas de residuos lignocelulósicos que en su gran mayoría carecen de cualquier valor en nuestro país.

2.2.3.2. Cáscara de yuca

Ekop *et al*. (2019a), indica que en la industria de la producción del almidón de yuca existe grandes cantidades de residuos donde se obtienen: cáscaras del proceso inicial, subproductos fibrosos del triturado y tamizado, sedimentación de residuos de almidón y bagazo del procesamiento de yuca y efluentes de aguas residuales.

Para Calcina & Huayta (2020), la cáscara de yuca “es uno de los absorbentes más versátiles por su capacidad de remoción, que a partir de esta se pueden recuperar los metales pesados” (p. 3), ya que al haber sido analizada por medio de tratamientos químicos se demuestra que trae consigo gran capacidad de adsorción de iones

de metales pesados y con alto porcentaje de remoción puede representar un material biológico para ayudar a descontaminar aguas residuales industriales. De modo similar a la investigación de Tejada *et al*., (2016a), quien indica que la cáscara de yuca tiene una capacidad de adsorción de 52.34 mg/g el cual se encuentra modificado químicamente con ácido cítrico, concluyendo que estos resultados ayudan al tratamiento de aguas residual captando los metales pesados estableciendo un valor agregado a la mala disposición final del residuo, teniendo como composición química del 18.47% en celulosa, 2.20% en lignina y 6.01% en hemicelulosa. Desde otra perspectiva Ekop *et al*. (2019b) dentro de su investigación analizó el sustrato de la cáscara de yuca para ser potencialmente utilizado como bioenergía, se estimó que un kilogramo de residuo produce 118g de biometano y 226 g de bioetanol.

Sin embargo, la disposición inadecuada de este residuo viene siendo un problema latente para sus productores y aunque algunos lo utilicen como abono para sus cultivos, esta actividad afecta directamente al suelo, aire y cuerpos de agua (Ekop *et al*., 2019c). En una investigación realizada recientemente se vio la necesidad de minimizar estos problemas dentro de la industria de la yuca por lo que después de ser analizado se menciona que la cáscara de yuca es considerada una de las biomasas con gran potencial para la elaboración de productos de bioplásticos, y que al extraer sus biopolímeros de manera adecuada puede generar ingresos adicionales a las empresas, mitigando la contaminación que generan en la fabricación y el uso del plástico que no son biodegradables (Briones & Riera, 2020a).

En el año 2019, la producción de yuca en el Perú fue de 1 millón 286.0 toneladas con rendimiento agrícola de 12,4

ton/hectárea, mientras que la producción de yuca en Ucayali registro 9,121 toneladas el cual descendió en 9.9% comparado con el año 2018 donde se registró 10,125 toneladas (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2021).

2.2.3.3. Cáscara de arroz

La industria molinera genera un subproducto llamado cáscara de arroz, este es el resultado de la separación del grano del arroz con sus residuos, la cáscara es considerada un sustrato orgánico liviano y de baja tasa de descomposición, que presenta baja capacidad de retención de humedad del 10 al 15%, el cual varía dependiendo de la zona de cultivo (Arias & Meneses, 2016).

El arroz es considerado como uno de los cereales de mayor producción a nivel mundial, en el año 2017 su producción alcanzo 759,6 millones de toneladas, por lo que en la actualidad alrededor de 42 países realizan el cultivo de este cereal (Ortega, 2019). Su consumo a nivel mundial genera gran demanda ya que es considerado un alimento básico para muchos hogares, la producción de este cereal genera grandes volúmenes de residuos sólidos principalmente en forma de paja y cascarilla, que son considerados como material de escaso valor (Goodman, 2020). En el Perú, la producción del arroz del año 2019 fue de 188.3 toneladas con rendimiento agrícola de 7.7 ton/hectárea (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2021).

Dentro de la investigación de Aguilar & Tulcán (2018b), indica que por cada 4 toneladas de arroz se produce 1 tonelada de cáscara deduciendo que anualmente se podría generar por lo menos 100 millones de toneladas de cáscara. En muchas ocasiones para minimizar la cantidad de residuos las empresas realizan la quema a cielo abierto o lo utilizan como combustible en las calderas. En el proceso de la volatilización, las cenizas eliminan todo aquel

compuesto químico que puede ser aprovechado como la celulosa y la lignina.

Su tratamiento y aprovechamiento permite la formulación de novedosos productos que ayuden al mejoramiento ambiental, este cultivo está siendo de mucha importancia para múltiples investigaciones ya que representa una materia prima natural con alto potencial dentro de su composición química (Ramírez, 2012c).

2.2.3.4. Bagazo de caña de azúcar

En el Perú, la industria de la caña de azúcar genera elevados volúmenes de residuos que son desaprovechados (Retto, 2019c), tan solo en el 2019 la producción de caña de azúcar fue de 10,929.3 toneladas con rendimiento agrícola de 125.5 ton/hectárea, en el proceso de producción se obtiene la cachaza que es un residuo rico en nitrógeno, fósforo y calcio, y en el proceso del molido para la extracción de jugo se obtiene el bagazo de la caña que es un residuo con elevado material lignocelulósico (Ruíz, 2015c). En la investigación de Chacón (2014), indica que la fracción de bagazo producida por tonelada de caña de azúcar que ingresa en el proceso es de 0.3 t de bagazo/t de caña, siendo dependientes del flujo de procesamiento de azúcar.

Brasil, es el país con mayor producción de caña de azúcar a nivel mundial, lamentablemente esta producción genera alrededor de 185 millones de toneladas por cosecha, el aprovechamiento del residuo se da desde la extracción del jugo el cual se aplica en la industria de la elaboración de etanol y azúcar hasta la utilización para generar energía y productos con alto valor agregado. El bagazo de caña de azúcar está compuesto principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, el cual cambia de porcentaje según sus variables como por ejemplo el lugar de cultivo, tipo de suelo, época de cosecha, tipo de fertilizante y el clima siendo de mucha

importancia analizarlos para que se pueda determinar el mejor potencial (De Morales *et al*., 2015).

Sus características y composición química permiten un aprovechamiento positivo ya que su misma estructura ecológica y fácil adquisición han impulsado el interés para la realización de múltiples investigaciones (Loh *et al.,* 2013). Como es el caso de Marcelo *et al*. (2016b) que demostraron que gracias al alto potencial del bagazo de caña de azúcar se puede generar energía que a la vez se considera una buena técnica que puede ser utilizado como gasificador o fluidizado burbujeante dentro de una empresa o vivienda.

En Ucayali, la producción del residuo de bagazo de caña de azúcar de las empresas LUDAFA Y COSAZU generaban alrededor de 6,703.5 toneladas anualmente, indicando que como factor de generación de residuos sólidos de caña de azúcar se tiene que por una tonelada de caña de azúcar se produce 0.33 toneladas de bagazo de caña de azúcar (Ruíz, 2015d).

2.2.4. Contaminación ambiental por residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales contienen carbohidratos que, al ser desechado inadecuadamente a cielo abierto, los microorganismos del suelo aprovechan esta función para iniciar su proceso de degradación y los lixiviados generados pueden infiltrarse en el subsuelo contaminando la napa freática, en muchos casos la degradación por bacterias anaeróbicas puede producir gases como el ácido sulfhídrico (H_2S), metano (CH_4) y malos olores (Saval, 2012c).

Para Haro *et al*. (2017e), la agroindustria es una de las fuentes con mayor volumen de residuos, ya que se desecha raíces, tallos, hojas o cualquier otra parte de la planta que no son utilizados, en su mayoría estos residuos provienen del cultivo de arroz, café, plátano, maíz. La única disposición final que le dan los agricultores a estos residuos va a parar a

las mismas parcelas de cultivo sirviendo como reparador de suelo. Sin embargo, esta actividad a cielo abierto solo ocasiona altos niveles de demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Algo similar ocurre con la quema descontrolada, esta acción que se viene realizando en muchos países resulta ser la opción más fácil y económica, lo que les permite reducir el volumen de los residuos, ayudándoles a limpiar, despejar la zona para el cultivo, eliminar plagas y liberar nutrientes de la superficie, sin embargo la quema de estas biomasas produce alrededor del 40% del dióxido de carbono (CO_2), 32% del monóxido de carbono (CO), 20% de material particulado (PM) y 50% de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) emitidos directamente al ambiente reportado a escala mundial . Según la información del Inventario Nacional del Ministerio del Ambiente (MINAM) llevado a cabo en el 2014, la generación de gases de efecto invernadero generado por la agricultura en Ucayali represento el 15.7% (26,233 gigagramos) que resulta ser contaminante a las tierras del cultivo y a la atmosfera.

Guerrero & Valenzuela (2011b), indica que, si no se maneja o trata adecuadamente, la generación de residuos agroindustriales sólidos, líquidos o gaseosos puede constituir una fuente potencial de contaminación y riesgos para la salud. Si no se reciclan o eliminan adecuadamente, estos residuos tendrán varios impactos ambientales. Además, que las operaciones industriales contaminan la atmósfera emitiendo material particulado, óxidos de azufre, óxido nitroso, hidrocarburos y otros compuestos orgánicos.

Como también en el Decreto Supremo N° 016-2012-AG, que desde el año 2012 ha prohibido la quema de residuos a nivel nacional debido a los problemas de contaminación que se viene suscitando.

2.2.5. Aprovechamiento de residuos agroindustriales

La producción de residuos agroindustriales genera impacto positivo como negativo en el medio ambiente. La disposición final de manera

inadecuada puede convertirse en una fuente de contaminación o por lo contrario por el valor agregado que se le da puede convertirse en una fuente aprovechamiento para la elaboración de múltiples productos (Vargas & Pérez, 2018e). Los residuos tienen características muy variadas, esto se debe a la materia prima que utilizan y del proceso que realizan, no obstante, comparten una característica principal que es el contenido de composición química constituida por el material lignocelulósico con diferentes porcentajes de celulosa, hemicelulosa y lignina (Saval, 2012d).

Estos residuos están siendo de interés debido al uso de sus materiales lignocelulósicos dentro de los últimos años, esto se debe a la fácil disponibilidad, bajo costo y la elevada producción que existe a nivel mundial (Cabrera *et al*., 2016d). El material lignocelulósico contiene distintas sustancias de alto valor como azúcares, minerales y proteínas (Shrestha *et al*., 2020a), los cuales vienen siendo utilizados en la producción de bioenergéticas como biodiesel, biogás y biomasa energética, en la producción de abono orgánico, alimentos para animales, ladrillos o bloques, papel y biomateriales, en la producción de microorganismos de intereses tecnológicas, etc. (Vargas & Pérez, 2018f).

Al buscar una oportunidad de aprovechamiento de los residuos, se hace necesaria su caracterización para conocer su composición, la calidad de sus componentes y la cantidad que se genera, con esto se pueden definir las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento y posterior tratamiento (Saval, 2012e).

Las principales investigaciones han estado dirigidas a desarrollar tecnologías que los utilicen como materias primas. La búsqueda de oportunidades de aplicación para dichos materiales requiere del conocimiento de su composición química, las propiedades de sus componentes y los grupos funcionales que los constituyen. Partiendo de esta base pueden desarrollarse tecnologías más apropiadas para lograr una mayor efectividad en su aprovechamiento (Cabrera *et al*., 2016e).

Desde los años 70, se ha venido investigando acerca de la utilización y aprovechamiento de los residuos agroindustriales, donde los biotecnólogos se enfocaron en la producción de compuestos útiles como insumos para otros procesos industriales, en los primeros años se dirigieron a la generación de productos con valor agregado, pero con el paso de los años se viene priorizando la utilización de los mismos para reducir el impacto ambiental que muchas empresas lo generan (Saval, 2012f). El alto potencial de uso que existe en el material lignocelulósico del residuo agroindustrial refleja diversas alternativas existentes para una perfecta utilización que promueva al desarrollo sostenible (Vargas & Pérez, 2018g).

Ramírez (2012d), resalta que el aprovechamiento de los residuos agroindustriales es una alternativa que estimula al desarrollo de tecnologías encaminadas hacia una transformación sostenible de los recursos naturales. Por consiguiente, el aprovechamiento se plantea como una base para su manejo, con diversas alternativas gracias a las composiciones químicas en especial el material lignocelulósico tan variadas del residuo. Luna (2014b), sostiene que conocer el aprovechamiento que se les puede brindar a otro tipo de residuo solido que, en regiones, ciudades y países no contienen valor alguno, son un material fundamental para generar diversos productos, siendo una gran alternativa para generar ganancias adicionales que ayudan a minimizar los impactos negativos que en su mayoría afectan el paisaje, aire, suelo y las aguas subterráneas.

Shrestha *et al*. (2020b), recomienda brindar un valor agregado al residuo mediante la reutilización para producir compuestos de relevancia industrial como enzimas a través de la fermentación el cual ayude a la elaboración de productos con tecnologías adecuadas.

Por lo que durante los últimos años se viene realizando investigaciones con el propósito de utilizar estos residuos agroindustriales para fines que le den valor agregado y que de ese modo las empresas no desechen estas materias primas que sirven para la elaboración de distintos productos como, por ejemplo:

- En la investigación de Aguiar *et al*. (2019b) se realizó el análisis de la composición química de los residuos agroindustriales del maní sin cáscara, maní con cáscara, cáscara de plátano, cáscara de yuca, habas sin cáscara y cáscara de habas obteniendo que todos estos residuos resultan aptos para su uso en la alimentación porcina.
- En la investigación de Ramírez (2012e), quien quiso dar utilidad y mayor valor agregado a los residuos agroindustriales de la cáscara de arroz y residuos de papa aprovechándolos para la producción de Trichoderma spp, que son microorganismos antagónicos utilizados para el control de enfermedades en las plantas.
- En la investigación de Marcelo *et al*. (2016c) se evaluó la producción y generación de los residuos de caña de azúcar para conocer su potencial energético en el Perú demostrando que con mejores estrategias tecnológicas se puede producir electricidad a base de la reutilización de estos residuos dentro del país.
- En la investigación de Rojas *et al*. (2019b), se evaluó la cáscara de plátano hartón verde para ser aprovechado para la generación de energía y la obtención de compuestos fenólicos, al realizar estos análisis resulto que la cáscara es realmente favorable, de bajo costo y ambientalmente viable para un periodo mayor a 10 años y que la obtención de compuestos polifenolicos es recomendable como alternativa para el aprovechamiento del residuo.
- Ruíz (2015e) utilizo los residuos sólidos de la caña de azúcar y cacao para ser aprovechados como potencial energético los cuales generan a 58.91 TJ al año de bagazo de caña y 76.87 TJ al año en cascara de cacao.

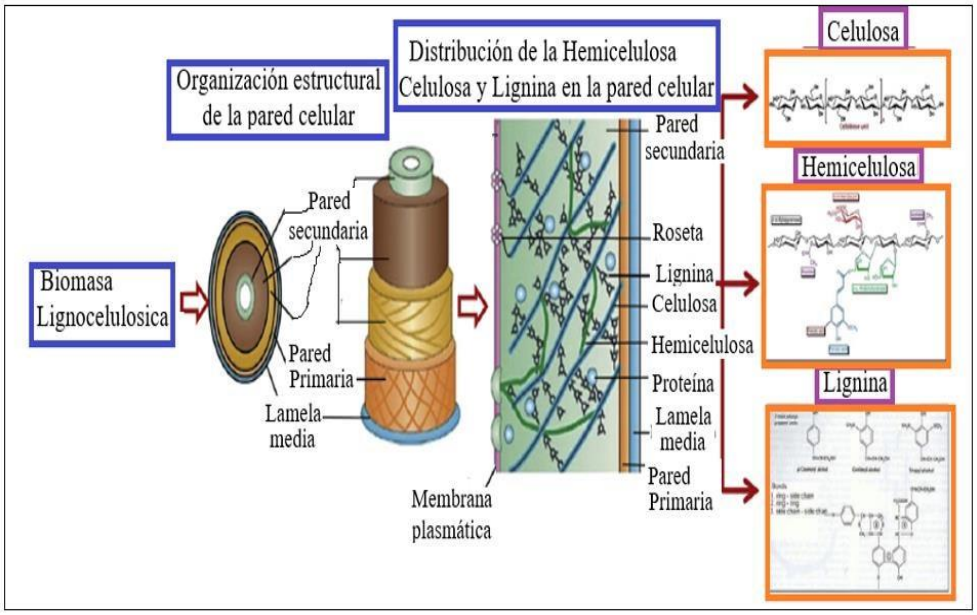
Y están las investigaciones en los cuales utilizaron los residuos agroindustriales para la elaboración de materiales biodegradables que permitan reemplazar al plástico y la contaminación que deja este material desechable como, por ejemplo:

- En la investigación de Haro *et al*. (2017f), quien realizó el análisis de los residuos sólidos del plátano como el raquis, pseudotallo y cáscara de plátano para la extracción de celulosa y almidón que fueron utilizados como materia prima en la elaboración de materiales plásticos biodegradables con el objetivo de impulsar el desarrollo económico de la matriz productiva y reducir los niveles de contaminación generados por los desechos plásticos.
- Pérez (2019), buscó la oportunidad de brindarle un valor agregado a los residuos del plátano ya que es una materia orgánica sin uso alternativo, por lo que a través de la elaboración de envases biodegradables permiten aportar nuevos productos para mitigar el impacto ambiental de los residuos del plástico a base de petróleo que genera la sociedad.
- Briones & Riera (2020b), caracterizo por medio del hidrolisis alcalino los residuos de la cáscara de yuca y cera de abeja para utilizarlos en la elaboración de bioplásticos, siendo sustratos de procesos fermentativos que forman películas biodegradables eficientes que se considera óptimo para el reemplazo de los polímeros convencionales.
- Bolio *et al*. (2017c), en su investigación pudo evidenciar la obtención de celulosa a mayor escala a partir del residuo agroindustrial de la caña de azúcar mediante el tratamiento del hidrolisis acida y blanqueamiento que ayudaron a la disolución de la lignina y hemicelulosa, demostrando que este residuo es una fuente potencial de celulosa para la elaboración recipientes biodegradables.
- Cubilla *et al*. (2019a), quienes a partir de los residuos agroindustriales de la fibra de coco y cáscara de plátano elaboraron materiales biodegradables que mediante su desarrollo resulto ser una excelente alternativa para la sustitución de los plásticos desechables.

2.2.6. Composición química del material lignocelulósico

Según Romero *et al*. (2014), afirma que “La biomasa lignocelulósica es uno de los materiales orgánicos más abundantes de la tierra, donde se puede obtener de diferentes residuos, por ejemplo: forestales, agropecuarios, residuos sólidos urbanos, entre otros” (p.115). Estos materiales lignocelulósicos se conforman por componentes estructurales de lignina, celulosa y hemicelulosa el cual al ser analizado en distintos residuos agroindustriales el porcentaje varía, esto se debe a los factores de producción, cosecha, ambiente en el cual se encuentra y el tipo de fertilizante que se utiliza en el cultivo de las diferentes especies (Cabrera *et al*., 2016f). La biomasa lignocelulósica de la celulosa y hemicelulosa son polisacáridos sin embargo la lignina presenta estructuras fenólicas con diseño de una red polimérica (Zumárraga, 2012a).

Ramírez & Reyes (2017a), sostiene que “Estos residuos generan problemas medioambientales al producir gases de efecto invernadero; por lo cual, a través de los años se han buscado métodos y diversos procedimientos en los cuales se aprovechen estos compuestos”, (p. 45)



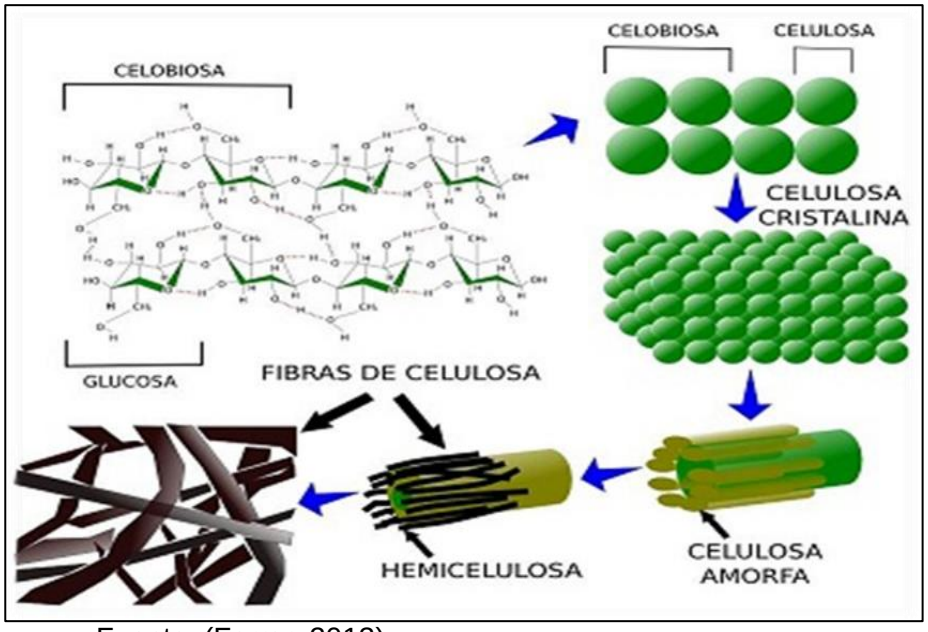
Fuente: (Bellido, 2013)

Figura 1. *Estructura de los materiales lignocelulósicos.*

2.2.6.1. Celulosa

Es considerado un biopolímero ya que forma parte de las estructuras biológicas vegetales, formadas por subunidades de D-glucosa, unidas por β-1,4 glucosídicos, una disposición rígida, estable y ordenada que le proporciona su inercia química. Tiene dos estructuras, una cristalina o nativa, caracterizada por un alto grado de cristalinidad u ordenamiento y polimerización, por lo que es insoluble y la otra amorfa o modificada, que es soluble y su grado de cristalinidad y polimerización es menor (Ramírez & Reyes, 2017b).

Se considera a la celulosa como el compuesto más abundante de la biomasa vegetal por encontrarse en las paredes celulares vegetales, pero también lo producen ciertos animales y bacterias (Zumárraga, 2012b).



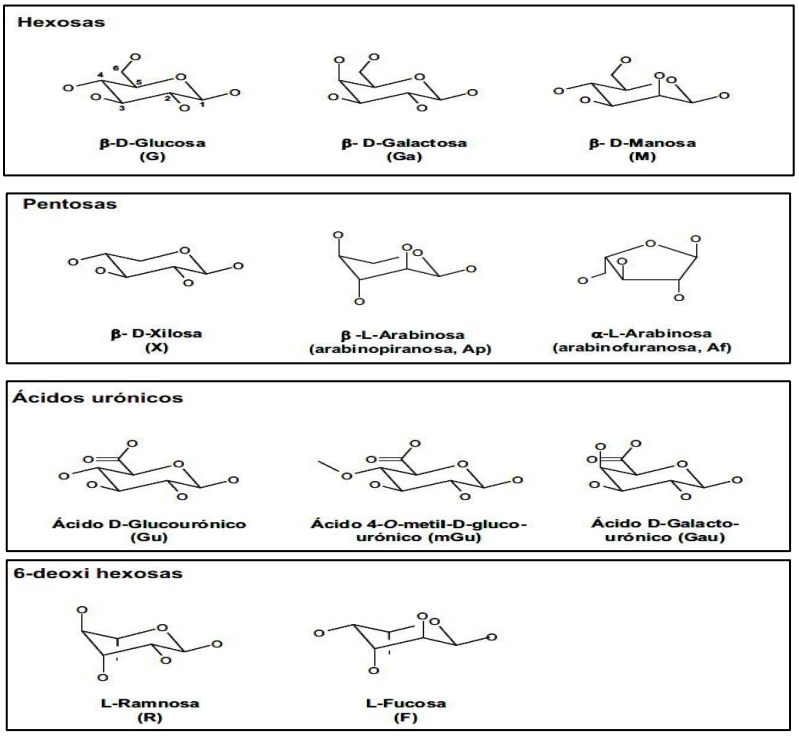
Fuente: (Ferrer, 2013)

***Figura 2**. Estructura de celulosa.*

2.2.6.2. Hemicelulosa

La hemicelulosa es una estructura heterogénea compleja de carbohidratos. Hay diferentes polímeros de pentosa y hexosa en su estructura, principalmente D-xilosa, L-arabinosa, D-manosa, D-

glucosa, D-galactosa y ácido D-galacturónico que se entrelazan con cada uno otros. Los glucósidos aparecen en la pared celular de forma amorfa (Ramírez & Reyes, 2017c). Los azucares hemicelulósicos en los procesos de fermentación permiten la conversión eficiente de la biomasa lignocelulosica del etanol combustible y otros productos con valor agregado. El polímero de las enzimas degradadas de xilanos tiene alto potencial para distintos pretratamientos de sacarificación (Zumárraga, 2012c).



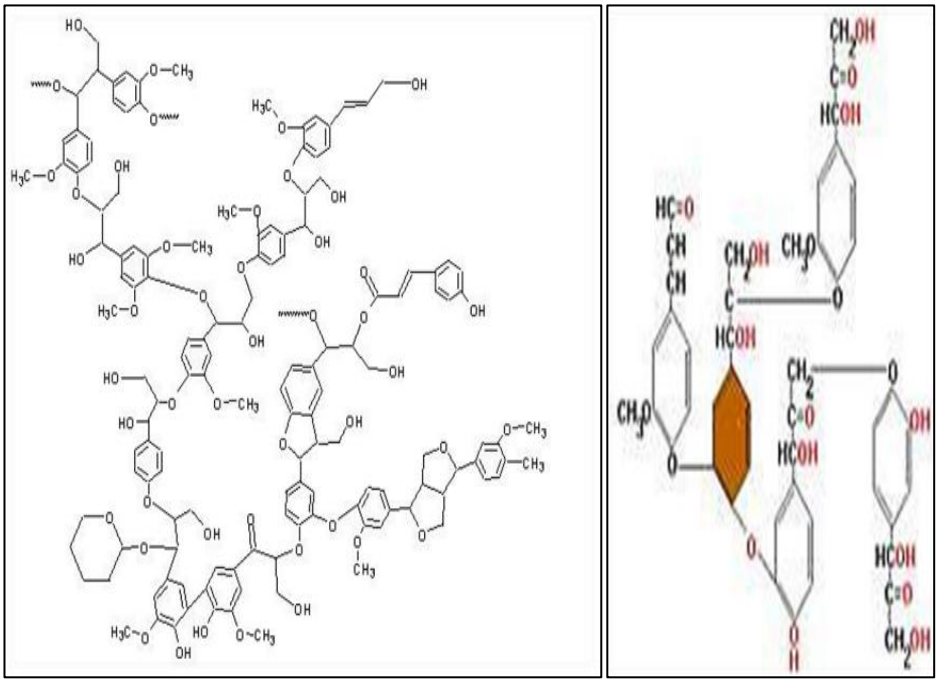
Fuente: (Ferrer, 2013)

Figura 3. *Estructura de hemicelulosa.*

2.2.6.3. Lignina

La lignina es un heteropolímero amorfo compuesto por tres unidades de fenilpropano diferentes (p-cumarina, alcohol coniferílico y alcohol sinapílico), que se mantienen unidas por diferentes enlaces, es insoluble en agua y no tiene propiedades ópticas. Esto le da a la madera resistencia a la degradación microbiana. La estrecha conexión espacial entre los polisacáridos y la lignina en la pared celular de la madera proporciona una barrera protectora para

evitar la degradación de la celulosa, (Ramírez & Reyes, 2017d). También la lignina proporciona una superficie hidrofóbica y proporciona rigidez estructural ya que es un componente con alta densidad de energía por ser un polímero fenólico (Zumárraga, 2012d).



Fuente: (Ferrer, 2013)

Figura 4. *Estructura de la lignina.*

2.2.6.4. Tratamientos Químicos para la Deslignificación Lignocelulósica

A juicio de Grande (2016), el tratamiento químico ayuda a destruir los compuestos lignocelulósicos con buen rendimiento, aunque su alto costo operativo es una gran desventaja porque requiere materiales con altos niveles de contaminación. Con este fin, se utilizan una variedad de métodos de tratamiento para la deslignificación, los más utilizados son:

En el tratamiento ácido se utilizan ácidos diluidos a altas temperaturas o ácidos concentrados como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico y ácido fosfórico a bajas temperaturas,

donde se realiza la hidrólisis de compuestos de hemicelulosa para producir azúcares fermentables que permiten la liberación de celulosa.

En el tratamiento alcalino, se utilizan hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, hidróxido de calcio e hidróxido de amonio durante mucho tiempo a baja temperatura para degradar la estructura de celulosa y liberar lignina y cadenas de celulosa, destruir la estructura cristalina y expandir la cadena.

En el tratamiento con ozono como su mismo nombre lo dice se utiliza el ozono para la deslignificación del compuesto esto se debe a su oxidación fuerte, procedimiento que ocurre en condiciones suaves, al querer deslignificar pero con este compuesto vendría a salir muy costoso ya que se requiere de elevadas cantidades.

En el tratamiento con peróxido de hidrogeno se utilizan soluciones alcalinas a temperaturas mayor a los 100°C con el fin de generar especies anionicas nucleofilicas que reaccionan con la lignina para su solubilización junto con la hemicelulosa.

En el tratamiento con solventes orgánicos se utilizan principalmente el etanol, metanol, acetona y el etilenglicol para disminuir y solubilizar el contenido de lignina y hemicelulosa mientras que la celulosa se mantiene sin disolver.

En el tratamiento biológico se utilizan microorganismos como hongos de la podredumbre blanda blancos, grises y cafés, para tratar los materiales lignocelulósicos y mejorar la accesibilidad a la celulosa, ya que los microorganismos se encargan de degradar la lignina y hemicelulosa, mientras que la celulosa queda intacta debido a su mayor resistencia de degradación.

(Retto, 2019d), en su investigación “Potencial energético de la producción de bioetanol a partir de residuos agroindustriales lignocelulósicos en el Perú” señala:

Que, la composición química de la caña de azúcar varía de acuerdo al tipo de residuo que genera, por lo que se realizó una comparación de bagazo, hojas verdes, hojas secas, cogollo y caña remanente, con el estudio de diferentes investigadores para analizar el porcentaje de celulosa, hemicelulosa y lignina. Donde se observa que la mayor composición de hemicelulosa y celulosa lo presenta el bagazo de caña de azúcar.

Tabla 7. *Composición lignocelulósica de los residuos de caña de azúcar.*

Residuo	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Fuente
Bagazo	46.60%	29.40%	20.70%	ICIDCA (1986)
Hojas verdes	45.13%	26.00%	14.11%	León *et al*. (2013)
Hojas secas	31.00%	24.30%	22.00%	
Cogollo	42.00%	26.00%	11.54%	Jaramillo *et al*. (2012)
Caña remanente	31.00%	22.60%	18.90%	

Fuente: (Retto, 2019)

Que, en la composición química de la industria del arroz se calcularon dos compuestos primarios de residuos en cáscara de arroz y paja de arroz, donde se utilizó los datos de dos estudios en el cual varía considerablemente, se pudo visualizar que en los aspectos de la celulosa y hemicelulosa la paja de arroz resulta con mayor porcentaje que al de la cáscara de arroz.

Tabla 8. *Composición lignocelulósica de los residuos de arroz.*

Composición	Cáscara de arroz (%)	Paja de arroz (%)
Celulosa	28.6[a] - 35[b]	32[a] - 43[b]
Hemicelulosa	28.6[a] - 25[b]	35.7[a] - 25[b]
Lignina	24.4[a] - 20[b]	22.3[a] - 12[b]
Material extractivo	18.4[a]	10[b]

Fuente: a: Poh & Kong (2002), b: Binod *et al*. (2010)

Que, para analizar la composición química del residuo del plátano se tomaron como referencia a diversos autores que mediante sus análisis obtuvieron como resultado diferentes valores en el porcentaje de celulosa, hemicelulosa y lignina con los residuos de Pseudotallo, Raquis y Hojas.

Tabla 9. *Composición lignocelulósica de los residuos de plátano.*

Residuo	% Celulosa	% Hemicelulosa	% Lignina
Pseudotallo	26.4[a]	10.2[a]	9.4[a]
	28.4b	7.5b	10.5b
	36.1c	7.0c	16.43c
Raquis	38.0a	8.7[a]	8.9[a]
	37.3b	11.4b	13.3b
	44.3c	22c	9.6c
Hojas	21.9[a]	12.8[a]	21.5[a]
	20.4b	8.6b	24.3b
	32.6c	12.0c	21.8c

Fuente: a: Guerrero *et al*. (2016); b: Oliveira *et al*. (2007); c: Gabhane *et al*. (2014)

Dentro de las investigaciones recaudas de diversos autores se pudo realizar una comparación de los análisis de las composiciones químicas lignocelulósicos por medio de distintos tratamientos.

La cáscara de arroz mediante los tratamientos químicos y físicos representa distintos porcentajes del material lignocelulósico en celulosa, hemicelulosa y lignina que proporcionan información necesaria para su mejor aprovechamiento. En la investigación de (Johar *et al*., 2012) determina la composicion quimica de las fibras de la cáscara de arroz original contiene 35% de celulosa similar a la investigacion de (Binod *et al*., 2010), pero mediante el tratamiento quimico alcalino el contenido de celulosa fue aumentando, siendo capaz de eliminar gran porcentaje de hemicelulosa reduciendolo al 12%, y en el tratamiento de blanqueo se logro eliminar por completo a la hemicelulosa y lignina, tal cual se muestra en la tabla 10.

Tabla 10*. Composición lignocelulósica de la cáscara de arroz.*

Residuo	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Fuente
Cáscara de arroz	35%	25%	20%	Binod *et al*.,2010
	35%	33%	23%	Johar *et al*.,2012
	67%	12%	21%	Johar *et al*.,2012
	96%	-	-	Johar *et al*.,2012
	34%	9.5%	22.1%	Torres *et al*.,2017

En la Tabla 11 se muestra la composición lignocelulósica recopilada de distintas fuentes a base del residuo del bagazo de caña de azúcar, la diferencia que se puede observar en la tabla depende de diversos factores que se realizaron para poder obtener materia prima. La mayor cantidad de composición lignocelulósica encontrada se registra en la investigación de (Shrestha *et al.,* 2020) logrando determinar el contenido de celulosa por medio del metodo acido nitrico.

Tabla 11. *Composición lignocelulósica del bagazo de caña de azúcar.*

Residuo	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Fuente
Bagazo de caña de azúcar	32.7%	21.3%	15.3%	Torres *et al*., 2017
	32.3%	28.6%	21.3%	Costa *et al.*, 2014
	42.2%	27.6%	21.6%	De Morales *et al*., 2015
	44.1%	31.8%	22.3%	Shrestha *et al.,* 2020
	37.4%	35%	26.7%	Gonzáles *et al*., 2019

Dentro de las investigaciones encontradas de la composición química de la cáscara de plátano se evaluaron los porcentajes de celulosa, hemicelulosa y lignina para que de ese modo se pueda analizar su mejor aprovechamiento. Rojas *et al*. (2019c) es el quien representa mayor diferencia de composicion lignocelulosica que de las otras dos investigaciones, esto se debe a la preparacion de los residuos mediante la norma NREL/TP-510-42620 que se realizo antes de realizar los tratamientos quimicos.

Tabla 12. *Composición lignocelulósica de la cáscara de plátano.*

Residuo	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Fuente
Cáscara de plátano	13.08%	2.23%	7.65%	Arun *et al*., 2015
	42.87%	29.09%	10.91%	Rojas *et al*., 2019
	20.9%	7.92%	18.11%	Tejada *et al*., 2014

La composición química del residuo de la cáscara de yuca de las diferentes investigaciones se obtuvo mediante tratamientos físicos y químicos, según lo analizado por Tejada *et al*., (2016b) indica que la obtencion de celulosa y hemicelulosa fue mediante el metodo de termogravimetria, en el caso de la celulosa la variación

es de 14-19%, haciendo que las concentraciones de hemicelulosa sean bajas como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. *Comparación lignocelulósica de la cáscara de yuca.*

Residuo	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Fuente
Cáscara de yuca	14.9%	4.1%	4.2%	Zhang *et al*., 2016
	18.47%	6.01%	2.2%	Tejada *et al*., 2016
	17.23%	-	12.52	Marcillo *et al*., 2012

2.2.7. Envases biodegradables

Los envases biodegradables son materiales que pueden ser degradados por bacterias, hongos u otros microorganismos biológicos, actualmente la utilización de estos productos viene a ser para las empresas muy rentable debido a la fácil adquisición y bajo costo de la materia prima (Tian & Bilal, 2020a).

Para Alzate (2019), los materiales biodegradables “son actualmente la alternativa más conocida que se tiene frente a la reducción del uso de plásticos, desde hace un poco más de 30 años, se han fabricado polímeros biodegradables y conforme la ciencia y la tecnología avanzan, se han podido descubrir y mejorar dichos materiales siendo cada vez mayor su uso en la industria”.

En el 2017, la capacidad de producción mundial de bioplásticos aumentó 2.05 millones de toneladas lo que se espera que para el año 2022 se genere alrededor de 2.44 millones de toneladas. Los PLA (ácido poli láctico) y PHA (polihidroxialcanoatos) son polímeros que se lanzan al mercado a escala comercial impulsadores del crecimiento de los bioplásticos, ya que son 100% biodegradables (Delgado *et al*., 2019b). El PLA es un material versátil presentando excelentes propiedades de barrera el cual significa un reemplazo ideal del PS (poliestireno), PP (polipropileno) y ABS (acrilonitrilo butadieno estireno (Delgado *et al*., 2019c). Mientras que

los envases a base de poliestireno, polipropileno y polietileno al contener estructura molecular inerte son difíciles de degradar. La biodegradación de los envases a base de residuos agroindustriales como la papa, maíz, caña de azúcar, arroz, etc., se realiza con facilidad en suelo neutro, ácido y composta. Aunque la velocidad de degradación es mejor en la composta gracias al desarrollo de mejores organismos y microorganismo que se encuentra dentro de ella (Hernández, 2013).

Cubilla *et al*. (2019b), detalla que el plato desechable de plástico puede demorar entre 100 y 1000 años para desintegrarse. En esta investigación se analiza las propiedades de la fibra de coco y cáscara de plátano para poder elaborar un prototipo de material biodegradable, descubriendo así que al comparar su tiempo de degradación de ambos residuos tiene un rango de 35 a 40 días, convirtiéndose en una gran alternativa para reemplazar a la contaminación del plástico con materiales 100% biodegradables que mantienen una buena calidad, textura y resistencia. Se registró que comparando diferentes tipos de residuos el que se degrada más rápido es la cáscara del plátano.

Al analizar el residuo de la cáscara de yuca y cera de abeja como potenciales materiales para la elaboración de bioplásticos indican que según las características del almidón esta se puede emplear como termoplástico, considerándose como los mejores sustratos para procesos fermentativos precursores de los biopolímeros (Briones & Riera, 2020c). Para el mercado ecuatoriano, los materiales biodegradables son fáciles de ofertar ya que el costo de adquisición y producción de la materia prima resultaría de bajo costo que se encuentran en grandes volúmenes (Haro *et al*., 2017g). Aun así “La tierra que se utiliza para cultivar la materia prima para productos biodegradables es de 0.82 millones de hectáreas que representa el 0.02% del área agrícola mundial, esto significa que no se cuenta con competencia entre las materias primas renovables para alimentos y la producción de los bioplásticos” (Delgado *et al*., 2019d).

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Residuos Agroindustriales

"Son aquellos generados en los establecimientos de procesamiento de productos agrícolas". (MINAGRI, 2019)

Valorización

"Es cualquier operación cuyo objetivo sea que el residuo, uno o varios de los materiales que lo componen, sea reaprovechado y sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales o recursos en los procesos productivos. La valorización puede ser material o energética". (MINAGRI, 2019)

Aprovechamiento de residuos solidos

"Volver a obtener un beneficio del bien, articulo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de aprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización". (MINAGRI, 2019)

Envases Biodegradables

"Es aquel que es capaz de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa, siendo el mecanismo de descomposición dominante la acción enzimática de los microorganismos y que los productos resultantes se pueden obtener y medir en un período de un tiempo". (Tian & Bilal, 2020)

Biomasa Lignocelulósica

"Es uno de los materiales orgánicos más abundantes de la tierra, donde se puede obtener de diferentes residuos, por ejemplo: forestales, agropecuarios, residuos sólidos urbanos, entre otros". (Romero *et al*., 2014)

CAPITULO III
METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

La presente investigación según su enfoque es investigación cuantitativa, por el propósito o fines que persigue la investigación es aplicada (práctica o empírico) y por el nivel de conocimiento que se adquieren, es investigación descriptiva. Según el marco de lugar se llevó a cabo las siguientes fases:

Fase de campo

En el cual se evaluó in situ los residuos sólidos orgánicos agroindustriales que se encuentran en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, considerándose a las agroindustrias que trabajan con plátano, yuca, caña de azúcar y arroz, los mismos que fueron sometidos a mediciones y tasaciones de peso por medio del balance de ingreso y salida de la materia prima, sirviendo de base para determinar la cantidad de residuo que generan en los procesos agroindustriales.

Fase de laboratorio

Esta fase consistió en determinar la composición química de los residuos sólidos orgánicos agroindustriales, medio por el cual se evaluó el material lignocelulósico de los residuos de plátano (cáscara), residuo de yuca (cáscara), residuo de caña de azúcar (bagazo) y residuo de arroz (cáscara). Se realizó el análisis por medio del tratamiento químico.

El método empleado para la preparación de las sustancias extractivas libres fue siguiendo la norma TAPPI 204. La celulosa siguiendo la norma ASTM 1695-77, holocelulosa siguiendo la norma ASTM D-1104 siendo determinado por hidrolisis acida analítica del material libre de extractos y la lignina se determinó en ácido sulfúrico siguiendo el procedimiento de la norma TAPPI T222 os-74.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

El estudio fue realizado en el departamento de Ucayali, Perú, específicamente en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad. En esta investigación la población está representada por las asociaciones y empresas que generan residuos sólidos orgánicos agroindustriales de plátano, caña de azúcar, arroz y yuca que se encuentra anexado en la tabla N° 34, quienes permitieron conocer la cantidad de residuo solido orgánico que generan dentro de sus procesos y mediante su recolección se realizaron el análisis de la composición química lignocelulósico de cáscara de plátano, bagazo de caña de azúcar, cáscara de yuca y cáscara de arroz.

3.2.2. Muestra

La muestra es no probabilística porque se encuentra bajo el criterio del investigador, considerando que la cantidad de empresas de la población es igual a la muestra, teniendo en cuenta solo las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad. Se identificaron un total de 31 agroindustrias, 6 dedicadas a la producción de caña de azúcar, 13 dedicadas a la producción de arroz, 10 dedicadas a la producción de plátano y 2 dedicadas a la producción de yuca.

Para el análisis de la composición química de los residuos lignocelulósicos se tomó en cuenta una cantidad de 300 gramos de los residuos de cáscara de plátano, cáscara de yuca, cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar, que fueron recolectados de las empresas y asociaciones siguiendo las indicaciones de las normas TAPPI y ASTM.

3.2.3. Diseño de la investigación

La investigación fue desarrollada con un diseño no experimental transversal descriptivo para determinar el volumen y la composición química de los residuos sólidos orgánicos agroindustriales.

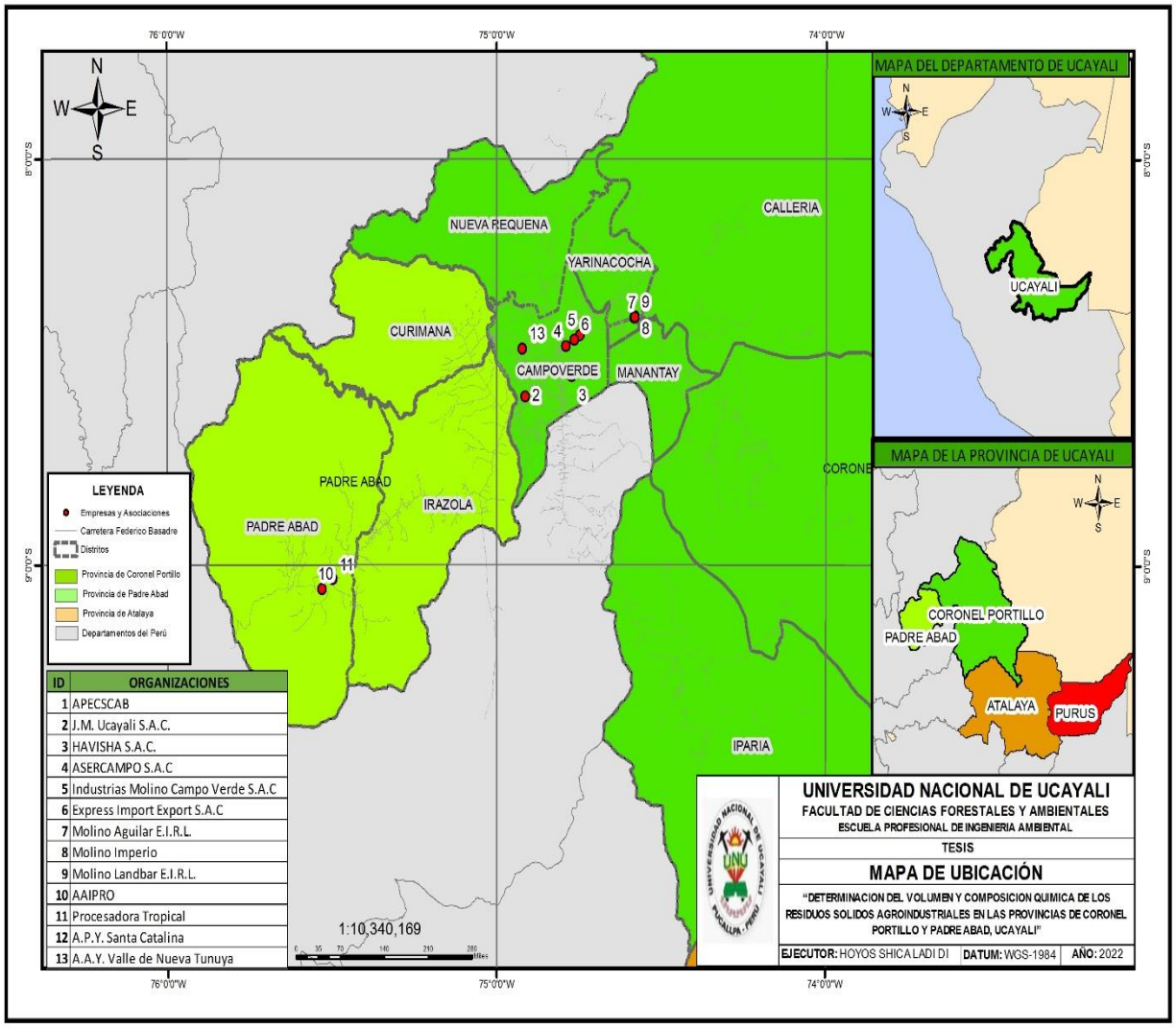


Figura 5. *Mapa de ubicación del área de estudio.*

Procedimientos de recolección de datos

3.2.4. Adquisición de equipos, materiales e insumos

El primer procedimiento para recolectar los datos fue adquirir todos los equipos, materiales e insumos necesarios que a su vez ayudaron a la realización de cada una de las actividades de la investigación, permitiéndonos así alcanzar los objetivos trazados.

3.2.5. Diseño del sistema de recolección de información

En esta actividad se planteó, que para la recolección de información del primer objetivo que es determinar el volumen de generación de

residuos sólidos orgánicos agroindustriales existentes en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, fue necesario aplicar la técnica del censo considerándose así la manera más práctica para la obtención directa de los datos ya que al conocer el proceso de producción, cantidad de materia prima, insumos que utilizan, tipo de residuo que generan, cantidad de producto que se recolecta y días de trabajo se podrá determinar dicho objetivo, para el objetivo de determinar la composición química de los residuos agroindustriales se planteó conocer in situ cada una de las asociaciones y empresas, donde se recolecto directamente las muestras que fueron analizadas en el laboratorio de química por medio del tratamiento químico y siguiendo las normas TAPPI y ASTM.

3.2.6. Búsqueda y coordinación con asociaciones, comités, cooperativas y empresas agrícolas y agroindustriales

En esta etapa se buscó información de cada una de las asociaciones, comités, cooperativas y empresas que generan residuos sólidos orgánicos dentro de las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, como primer dato se encontró información de todos los cultivos agrícolas y agroindustriales dentro de la Región Ucayali encontrando a las cadenas productivas de cacao, café, caña de azúcar, camu camu, cocona, maíz, arroz, menestras, palma aceitera, palmito, plátano, piña, sacha inchi y yuca. De las 14 especies productoras de la región se escogieron solamente 4; plátano, yuca, arroz y caña de azúcar. Para seleccionar estas representaciones, se estudió las investigaciones del aprovechamiento sostenible y el valor agregado con los que cuenta cada uno de estos residuos agroindustriales siendo de investigación como alternativa para la elaboración de envases biodegradables.

Con la información brindada por la Dirección Regional de Agricultura Ucayali y la Cámara de Comercio e Industrias de Ucayali, se prosiguió a contactar de manera rápida y oportuna a nuestro público objetivo, el contacto fue de manera presencial y no presencial por medio de solicitudes, llamadas telefónicas y correos electrónicos. Posteriormente a ello, se

coordinó la disponibilidad y disposición de tiempo en el cual se podría realizar la visita y la recolección de información por medio del censo.

3.2.7. Elaboración de censo y cronograma para la recopilación de información

El censo se elaboró con la finalidad de determinar los volúmenes de residuos agroindustriales que generan las agroindustrias dentro de las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, con los cultivos de plátano, yuca, arroz y caña de azúcar. En el censo se abarcaron temas relacionados a las actividades que las asociaciones y empresas realizan, por lo que era necesario conocer el proceso de producción según su rubro, cantidad de materia prima que ingresa a diario, insumos que utilizan en cada proceso, los tipo de residuo que generan, cantidad de producto sale para su posterior venta, cuantos días al mes trabajan y conocer cuál es la disposición final de los residuos sólidos orgánicos de cáscaras de arroz, cáscaras de plátano, cáscaras de yuca y bagazo de caña de azúcar. El cronograma para la recopilación de información se realizó por el periodo de 1 mes donde se visitó los distritos de Padre Abad, Callería, Yarinacocha, Campo Verde, Nueva Requena y Curimaná.

3.2.8. Visita y censo para recolección de información

Se realizó la visita in situ en los distritos de Padre Abad, Callería, Yarinacocha, Campo Verde, Nueva Requena y Curimaná que se encuentran dentro de las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad. El censo realizado a los jefes de planta y proceso, permitió también conocer el estado de los residuos agroindustriales en la etapa de disposición final, por lo que se pasó a recoger una muestra representativa de los residuos agroindustriales de los cuatro tipos de cultivos: plátano, yuca, caña de azúcar y arroz.

En la tabla 14 se observa las organizaciones que fueron censados, aquellas que se dedican al cultivo y generan los residuos de cáscara de

plátano, cáscara de yuca, cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad.

Tabla 14. *Asociaciones y empresas agroindustriales censadas.*

CENSADOS		
Nº	**ORGANIZACIÓN**	**PRODUCTO**
1	Asociación de productos ecológicos del caserío san Cristóbal de Agua Blanca	Chancaca, panela y azúcar liquido
2	J.M. Ucayali S.A.C	Alcohol 96
3	HAVISHA Producción y comercialización de productos agrícolas S.A.C.	Aguardiente
4	Asociación de la comisión hidráulica del Caserío san Cristóbal de Agua Blanca Sector II	Cultivo de arroz
5	ASERCAMPO S.A.C. Molino Santa Clara	Arroz Pilado
6	Industrias Molinera Campo Verde S.A.C	Arroz Pilado
7	Express Import Export S.A.C	Arroz Pilado
8	Asociación de Productores Agropecuarios Futuro Porvenir – APAFUP	Cultivo de arroz
9	Asociación de regantes del canal perla escondida del caserío las Malvinas	Cultivo de arroz
10	Asociación de Productores Agropecuarios la Conquista	Cultivo de arroz
11	Agricultores La Villa del Capsinay S.A.C	Cultivo de arroz
12	Molino Aguilar E.I.R.L	Arroz Pilado
13	Molinera Landbar E.I.R.L	Arroz Pilado
14	Asociación Agroindustrial Progreso – AAIPRO	Chifles verdes y maduros, cultivo de plátano
15	Asociación de plataneros de Padre Abad	Cultivo de plátano
16	Asociación de productores de yuca Santa Catalina	Yuca fresca y Amidon
17	Asociación Agropecuario de Yuca del Valle de Nueva Tunuya-Ucayali	Yuca fresca y Amidon

Como se puede observar en la tabla 15, existen 12 organizaciones que actualmente se encuentran inoperativos que, aunque aún se encuentre en el registro de la Dirección de Agricultura, al ser visitadas estas empresas y asociaciones no se presenció actividad alguna.

Tabla 15. *Asociaciones y empresas agroindustriales inoperativas.*

INOPERATIVOS		
Nº	**ORGANIZACIÓN**	**PRODUCTO**
1	Empresa comunal de servicios agropecuarios agroecológica nuevo horizonte RLTDA	Chancaca
2	Consorcio Social Azucarero Ucayali (COSAZU)	Elaboración de azúcar
3	Asociación de Productos Agropecuarios del Caserío Pampas Verdes	Aguardiente, jugo de caña
4	Asociación de productores agropecuarios san pedro bello horizonte	Cultivo de arroz
5	Asociación de la comisión de usuarios del canal de irrigación quebrada Tunuya	Cultivo de arroz
6	Asociación de plataneros tecnificados agropecuarios de aguaytia. APTAA	Cultivo de plátano
7	Asociación multisectorial de gestión y desarrollo agropecuario de CC.NN de santa rosa	Cultivo de plátano
8	Asociación de plataneros agroforestal del caserío nuevo Jordan rio Santa Ana	Cultivo de plátano
9	Centro único de agricultores productores de plátano de padre abad	Cultivo de plátano
10	Asociación central unificado de agricultores productores de plátano de padre abad – CUAPPPA	Cultivo de plátano
11	Asociación de productores de bajo yurac	Cultivo de plátano
12	Asociación de plataneros del caserío los olivos	Cultivo de plátano

En las visitas realizadas existieron 2 organizaciones que no pudieron brindarnos la información requerida por nuestra investigación.

Tabla 16. *Asociaciones y empresas agroindustriales no censados.*

SIN RESPUESTA		
Nº	**ORGANIZACIÓN**	**PRODUCTO**
1	Molino Imperio	Arroz Pilado
2	Procesadora TROPICAL	Plátano pelado

3.2.9. Proceso productivo de las agroindustrias

Para determinar el volumen de residuos se tuvo que conocer el proceso productivo de todas las empresas y asociaciones censados, ya que para conocer la cantidad de residuos que se genera en kg fue necesario obtener datos de la cantidad de materia prima y la cantidad del producto terminado. Sabiendo que la materia que ingresa al sistema es la misma que sale del sistema, se tomó en cuenta dichos datos para obtener la materia que se produce en el sistema que resulta ser la generación de residuos sólidos orgánicos.

PLÁTANO

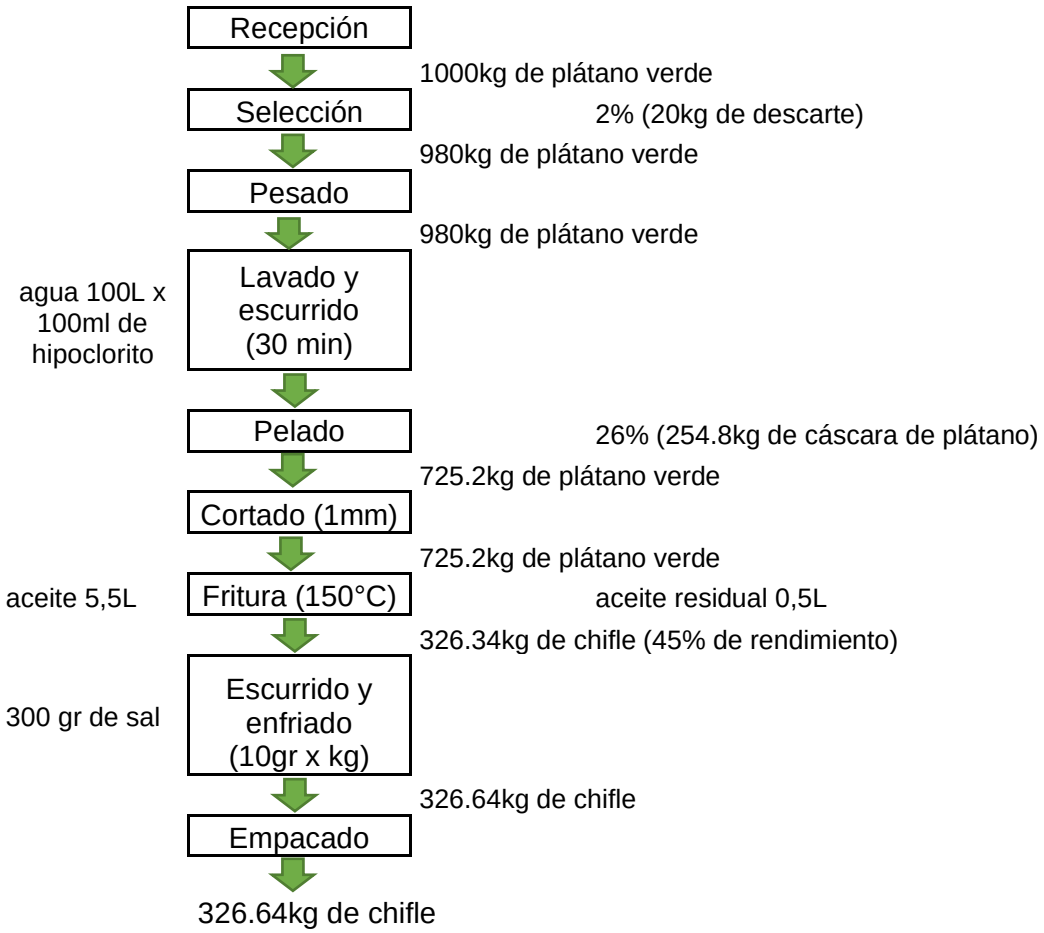


Figura 6. *Balance de materia de chifle*

Para conocer la cantidad de residuo que se genera y la cantidad de producto que sale de la elaboración del chifle, se tomó en cuenta la cantidad de 1000 kg de materia prima del plátano, donde por medio del proceso de producción se llegó a conocer el aumento en gramos de sal que se agrega en el proceso de escurrido y enfriado, y pérdidas de kg en el proceso de pelado donde se desecha la cáscara de plátano y en el proceso de fritura donde se reduce el rendimiento del plátano.

Tabla 17. *Balance de materia del chifle.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	1000		
Selección		20	980
Pesado			980
Lavado y escurrido			980
Pelado		254.8	725.2
Cortado			725.2
Fritura		398.86	326.34
Escurrido y enfriado	0.3		326.64
Empacado			326.64

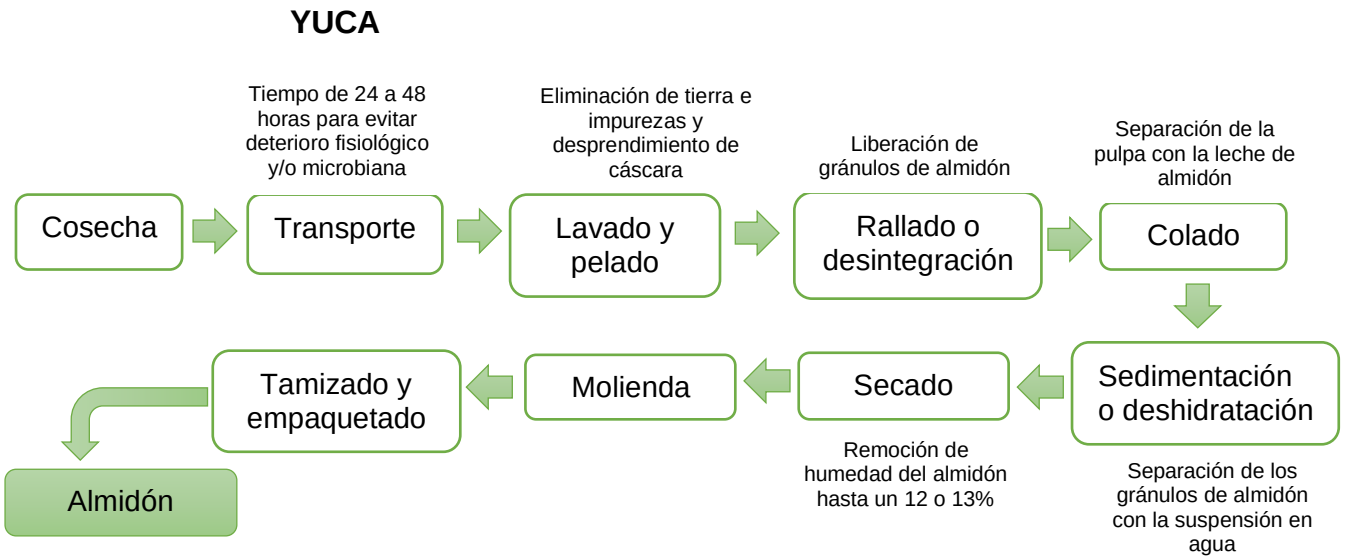


Figura7. *Proceso de producción del almidón.*

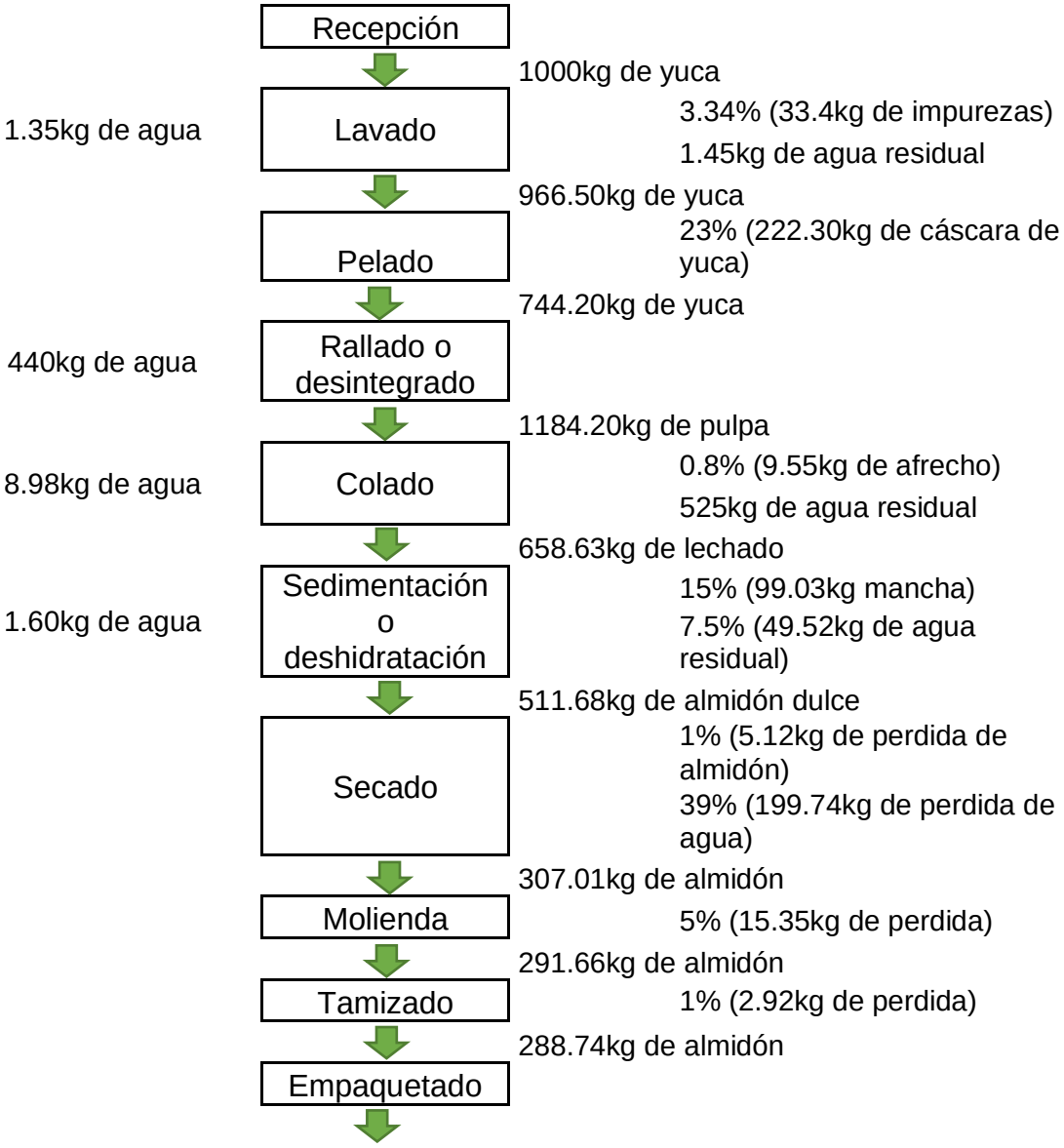


Figura 8. *Balance de materia del álmidon*

En el proceso de conocer la cantidad de residuo que se genera y la cantidad de producto que sale de la elaboración del almidón, se tomó en cuenta la cantidad de 1000 kg de materia prima de yuca, donde por medio del proceso de producción se llegó a conocer el aumento de masa al agregar agua en el proceso de rallado, colado y sedimentado, y pérdidas en el proceso de lavado con la eliminación de impurezas, en el proceso de pelado donde se desecha la cáscara de yuca, en el proceso de colado, deshidratado, secado, molienda y tamizado.

Tabla 18. *Balance de materia del almidón.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	1000		
Lavado		33.5	966.5
Pelado		222.30	744.2
Rallado o desintegrado	440		1184.2
Colado	8.98	534.55	658.63
Sedimentación o deshidratación	1.6	148.55	511.68
Secado		204.67	307.01
Molienda		15.35	291.66
Tamizado		2.92	288.74
Empaquetado			288.74

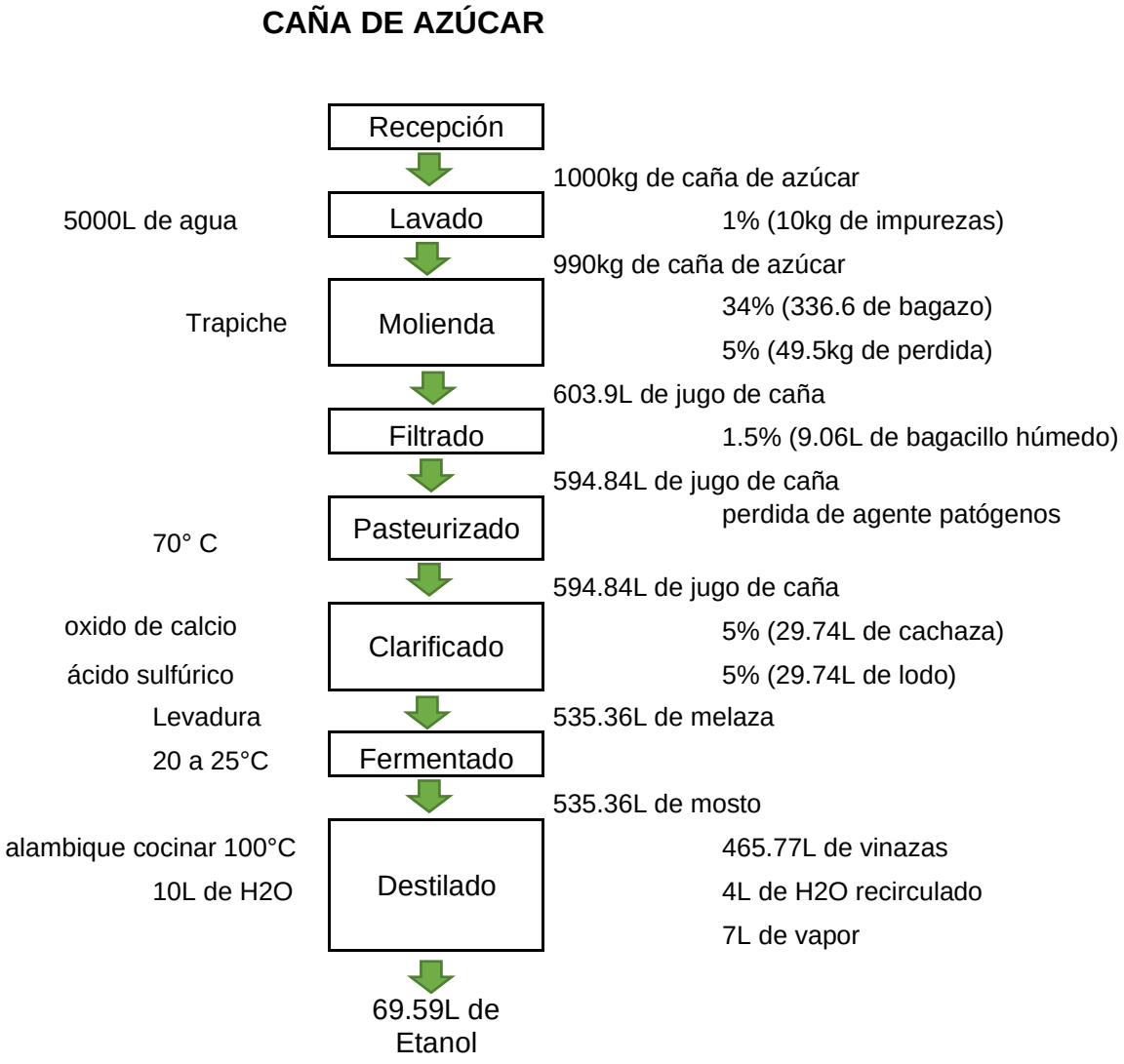


Figura 9. *Balance de materia del alcohol.*

Para conocer la cantidad de residuo que se genera y la cantidad de producto que sale de la elaboración del alcohol, se tomó en cuenta la cantidad de 1000 kg de materia prima de caña de azúcar, donde por medio del proceso de producción no se aprecia aumento de masa por insumos agregados en ellos, pero si pérdidas en la mayoría de sus procesos como lavado, molienda, filtrado, clarificado y destilado.

Tabla 19. *Balance de materia del alcohol.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	1000		
Lavado		10	990
Molienda		386.1	603.9
Filtrado		9.06	594.84
Pasteurizado			594.84
Clarificado		59.48	535.36
Fermentado			535.36
Destilado		465.77	69.59
Envasado			69.59

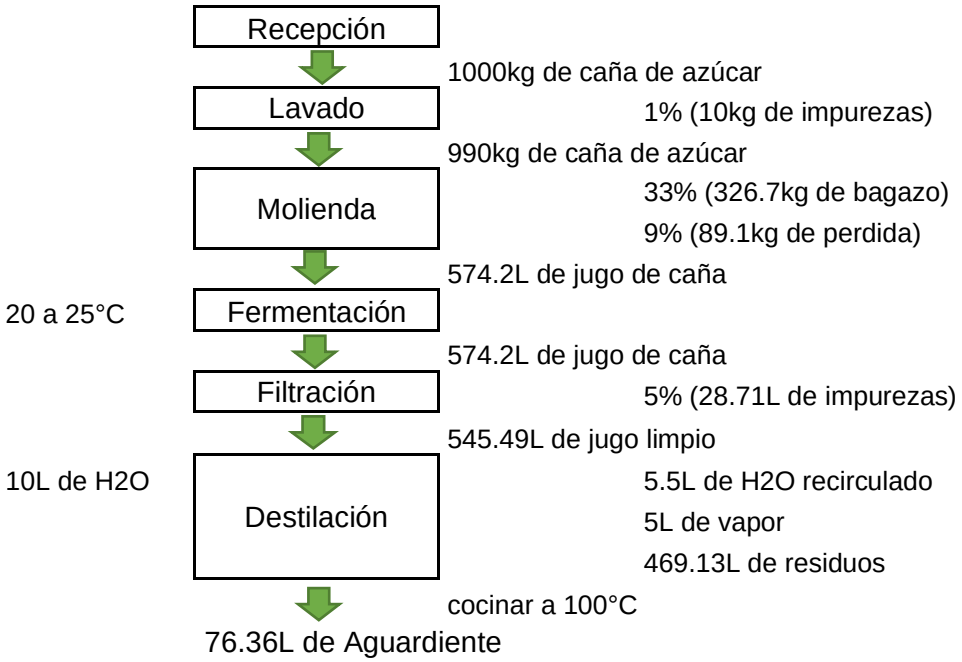


Figura 10. *Balance de materia del aguardiente.*

De igual manera en este balance se tomó en cuenta la cantidad de 1000 kg de materia prima de caña de azúcar, donde por medio del proceso de producción que realizan tampoco existe aumento en el proceso, pero si existen pérdidas en la mayoría de sus procesos como lavado, molienda, filtrado y destilado.

Tabla 20. *Balance de materia del aguardiente.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	1000		
Lavado		10	990
Molienda		415.8	574.2
Fermentación			574.2
Filtrado		28.71	545.49
Destilación		474.58	70.91
Envasado			70.91

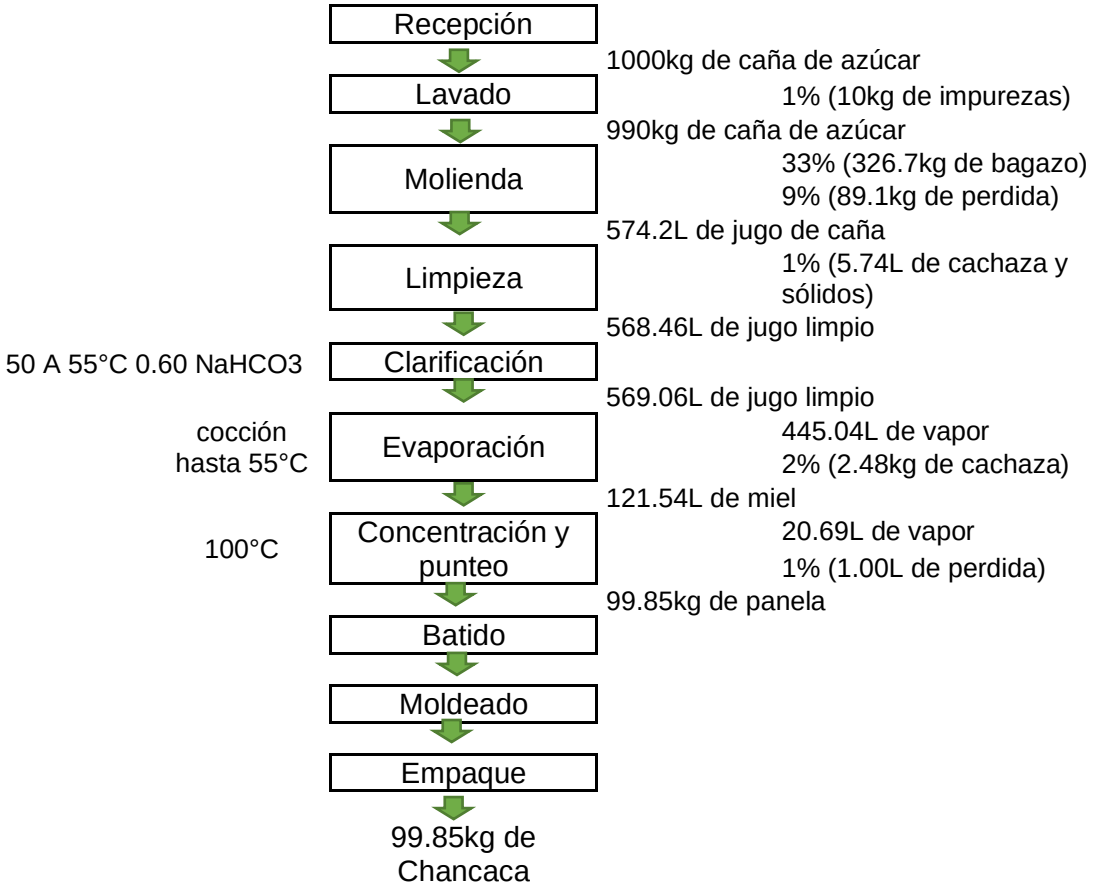


Figura 11. *Balance de materia de la chancaca.*

En la elaboración de chancaca, se tomó en cuenta la cantidad de 1000 kg de materia prima de caña de azúcar, donde por medio del proceso de producción existe un aumento en la utilización de NaHCO3 que sirve para clarificar el jugo de caña de azúcar limpia, y las pérdidas se aprecian en el proceso de lavado donde se extrae las impurezas, proceso de molienda donde se genera el bagazo de caña de azúcar, proceso de limpieza donde desecha la cachaza, proceso de evaporación y concentración donde se libera vapor y existe pequeñas perdidas.

Tabla 21. *Balance de materia de la chancaca.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	1000		
Lavado		10	990
Molienda		415.8	574.2
Limpieza		5.74	568.46
Clarificación	0.6		569.06
Evaporación		447.52	121.54
Concentración y punteo		21.69	99.85
Batido			99.85
Moldeado			99.85
Empaque			99.85



Figura 12. *Proceso de producción de granos de arroz.*

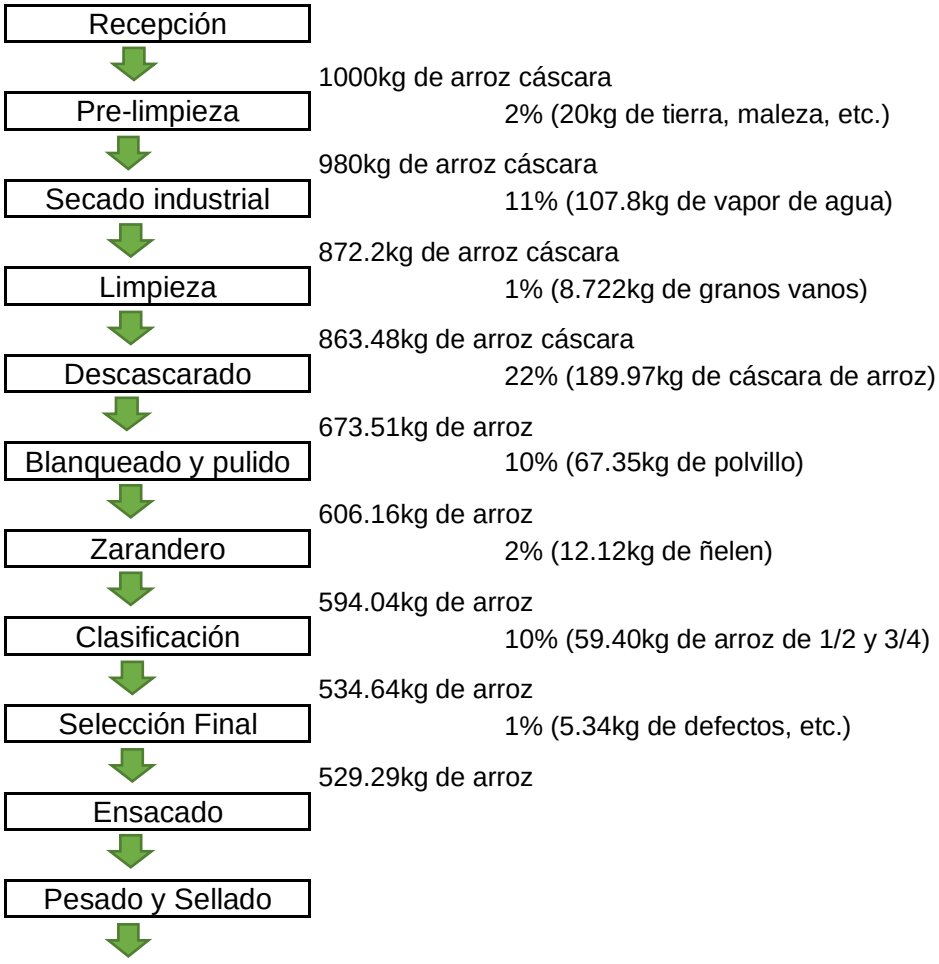


Figura 13. *Balance de materia de granos de arroz.*

Para conocer la cantidad de residuo que se genera y la cantidad de producto que sale de las empresas dedicadas al proceso de molienda del arroz, se tomó en cuenta la cantidad de 1000 kg de materia prima de arroz cáscara, donde por medio de lo investigado no existe aumento de insumos o productos que se agregan en los procesos, sin embargo desde el proceso de pre-limpieza donde se extrae impurezas, secado donde se libera vapor de agua, descascarado donde se genera cáscara de arroz, blanqueado y pulido donde se genera polvillo, zarandero donde se genera ñelen, clasificación donde se separan el arroz de ½ y ¾ , y selección final donde se retira los últimos defectos del arroz para ensacarlos, existe gran porcentaje de perdida en comparación a la materia prima ingresada.

Tabla 22. *Balance de materia de granos de arroz.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	1000		
Pre-limpieza		20	980
Secado industrial		107.8	872.2
Limpieza		8.722	863.48
Descascarado		189.97	673.51
Blanqueado y pulido		67.35	606.16
Zarandero		12.12	594.04
Clasificación		59.4	534.64
Selección final		5.35	529.29
Ensacado			529.29

3.2.10. Análisis de laboratorio

Para el análisis de laboratorio se tuvo que recolectar muestras representativas de los residuos de cáscara de plátano, cáscara de yuca, cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar de las empresas y asociaciones censados, el cual se consideró la recolección de 300 gramos por cada residuo tomando en cuenta las indicaciones de la norma TAPPI y ASTM, para identificar la composición química de cáscara de plátano y cáscara de yuca se tuvo que realizar pequeños cortes, sin embargo los residuos de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar se analizó del mismo modo en el que se obtuvo el residuo por ser residuos molidos en el proceso de producción.

Para el posterior análisis de los residuos se identificó cada una de las especies:

Tabla 23. *Nombres de las especies de los residuos agroindustriales.*

RESIDUO	ESPECIE
Cáscara de arroz	Feron, valor y esperanza
Cáscara de plátano	Bellaco Hartón
Cáscara de yuca	Señorita
Bagazo de caña de azúcar	Azul casa grande



Figura 14. *Recolección de residuos agroindustriales.*

Se procedió a analizar la composición química del material lignocelulósico de la cáscara de arroz, cáscara de yuca, cáscara de plátano y bagazo de caña de azúcar, siguiendo las normas TAPPI y ASTM:

Para quitar los extractivos del residuo se siguió la norma TAPPI 204, se pesó 10 gramos de muestra colocándolo en el aparato de extracción conjuntamente con 150 ml de etanol de 96°, para la recirculación del flujo de agua por un periodo de limpieza de 5 horas, cumplido el tiempo fue llevada a la estufa durante 1 hora a 105°C para su secado, enfriado y pesado.

Para determinar la lignina se basó en la norma TAPPI T222 os-74, utilizando 1 gramo de la muestra libre de extraíble de residuo y agregando una solución de 15 ml de H_2SO_4 al 72%, manteniéndolo en constante movimiento para la disolución del residuo. Posteriormente se agregó 250 ml de H_2O para ser llevado a ebullición suave por un periodo de 4 horas,

seguidamente se filtró y colocó a la estufa a 105°C por 24 horas, una vez secada y enfriada se procedió a pesarlo.

Para determinar la holocelulosa se basó en la norma ASTM D-1104, se utilizó 2 gramos de muestra libre de extraíble de cada residuo colocándolo en un vaso precipitado añadiendo 150 ml de H_2O, 0.2 ml de ácido acético glacial y 1ml de clorito de sodio, siendo colocados a baño maría a temperatura de 75 a 85°C dejándolo reposar por 1 hora, por un periodo de 5 horas se repite la acción añadiendo 0.2 ml de ácido acético glacial y 1 ml de clorito de sodio, pasado el tiempo se llevó a baño de hielo hasta alcanzar una temperatura de 10°C filtrando el contenido en un vaso precipitado. Se agregó 500 ml de agua destilada consiguiendo una coloración blanca, para luego ser lavado y llevada a la estufa con 105°C, para luego ser enfriado, pesado y almacenado para la obtención de celulosa.

Para determinar la celulosa se siguió la norma ASTM 1695-77, donde se utilizó 1 gramo de la muestra final obtenida del análisis de la holocelulosa, colocándolo en un vaso precipitado y añadiendo 10 ml de hidróxido de sodio al 17.5%, pasado los 5 minutos de reposo se volvió a añadir 5ml de Hidróxido de Sodio al 17.5%, pasado los 30 minutos de reposo se añadió 30 ml de H_2O dejándolo reposar por 1 hora, luego de ello se realizó lavados con una disolución de 30 ml de H_2O y 25 ml de hidróxido de sodio al 17.5% para luego filtrarlo y lavarlo con 30 ml de H_2O, una vez lavado se añade 5 ml de ácido acético al 10% dejándolo reposar por 3 minutos para repetir la acción de lavado con 50 ml de agua destilada, la muestra filtrada se llevó a la estufa a temperatura de 65°C, para luego ser enfriado y colocado a la balanza para la obtención de su peso final.

3.2.11. Procesamiento de datos

Se obtuvo un total de 17 censos realizado a las asociaciones y empresas agroindustriales que se encuentran en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, el censo realizado a 6 asociaciones no se consideró en el proceso estadístico esto se debe a que no realizan procesamiento de

la materia prima y por consiguiente no existe registro de generación de residuos.

Realizada la visita y la obtención de información por parte de las agroindustrias, se realizó el procesamiento estadístico del censo y la evaluación del volumen de generación de residuos agroindustriales de las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad.

La composición química lignocelulósica de los residuos de la cáscara de plátano, cáscara de yuca, cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar se procesó luego de ser analizados y evaluados en el laboratorio.

3.2.12. A**nálisis estadísticos e interpretación de resultados**

En esta actividad se realizó el análisis estadístico de datos obtenidos del balance de materia de las empresas agroindustriales con el software Excel donde se pudo adquirir las tablas y los gráficos.

Para la interpretación de resultados de la composición química lignocelulósico se utilizó el software SPSS versión 26 realizando la comparación porcentual de los cuatro tipos de residuos agroindustriales (cáscara de plátano, cáscara de yuca, cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar).

3.3. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.3.1. Técnicas

La técnica utilizada en esta investigación fue la de campo donde se permitió el contacto directo con las asociaciones y empresas agroindustriales, del mismo modo de observar el manejo y gestión que realizan en todos sus procesos ayudando a confrontar las distintas teorías e hipótesis que se planteó en el proyecto de investigación y que se desarrolló con la práctica en la búsqueda de la información objetiva.

El tipo de técnica que se utilizo fue la observación directa y el censo para la recolección de información, donde se logró interactuar con las

asociaciones y empresas para identificar la problemática de los residuos sólidos agroindustriales en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad.

3.3.2. Instrumentos

Gabinete

Materiales

- Papel Bond de 75 y de 80 mg
- Sobres de manila
- Impresora Multifuncional
- Laptop

Campo

Equipo:

- Camioneta Hilux todo terreno

Materiales

- Tablero de campo
- Libreta de campo
- Bolsas ciploc
- GPS
- Balanza Digital

Laboratorio

Materiales

- Aparato de extracción de Soxhlet
- Etanol
- Ácido Sulfúrico
- Ácido acético glacial
- Clorito de sodio
- Hidróxido de sodio
- Estufa
- Vasos precipitados

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis del volumen de generación de los residuos sólidos agroindustriales en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, Región Ucayali

En el análisis para conocer la cantidad de residuo agroindustrial de cáscara de arroz, cáscara de yuca, cáscara de plátano y bagazo de caña de azúcar que se genera por empresa agroindustrial, se calculó a partir del balance de materia por cada proceso de producción, de tal manera que se conozca la cantidad de residuo generado y la cantidad de producto final obtenido, tal como se observa en el anexo 2.

La información obtenida en la Tabla 24, fue a partir del ingreso diario de materia prima y considerando los días de producción, en el caso de la APECSCAB se trabaja solo 12 días al mes con 10 horas seguidas de producción al año, en HAVISHA solo se trabaja 8 días al mes con 8 horas seguidas de producción al año, y en la empresa J.M. Ucayali se trabaja 26 días al mes con 8 horas seguidas de producción durante los 8 meses del año. Por medio del balance de materia se llegó a conocer la generación de residuo de bagazo de caña de azúcar por empresa, que hasta la actualidad no cuenta con ningún valor agregado.

Tabla 24. *Generación de residuos de bagazo de caña de azúcar.*

ORGANIZACIÓN	Materia Prima		Bagazo de caña de azúcar	
	Mes (t)	Año (t)	Mes (t)	Año (t)
Asociación de productos ecológicos del caserío san Cristóbal de agua blanca	9.96	119.52	3.3	39.0
J.M. Ucayali S.A.C	3,120	24,960	1,050.2	8,401.5
HAVISHA Producción y comercialización de productos agrícolas S.A.C.	10.8	129.6	3.5	42.3

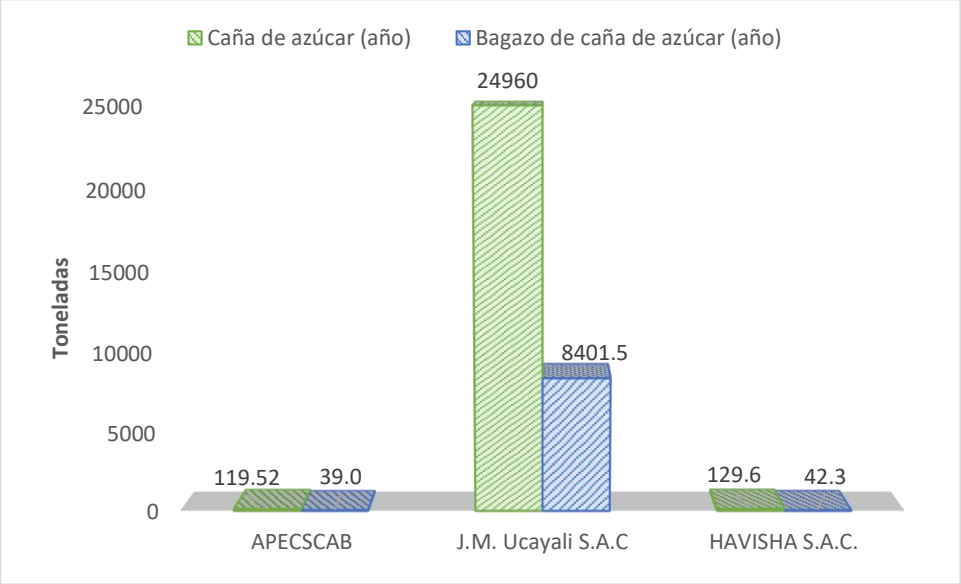


Figura 15. *Volumen de generación de bagazo de caña de azúcar.*

De las 3 organizaciones dedicadas a la producción y el cultivo de la caña de azúcar, el que registra mayor producción es la empresa J.M. Ucayali S.A.C. dedicada a la producción de etanol, la adquisición de materia prima asciende a 24,960 t/año que a su vez esta cantidad genera 8,401.54 t/año de residuo de bagazo de caña de azúcar, considerando un 34% de materia prima desechada. La empresa HAVISHA S.A.C. genera un 33% de residuo de bagazo de caña de azúcar, que representa 42.34 t/año en la producción de aguardiente, ya que anualmente utiliza 129.6 t/año de este cultivo. La APECSCAB es quien genera la menor cantidad de residuo con 39.05 t/año de bagazo de caña de azúcar que se ve representado por el 33% de materia prima no aprovechable. La diferencia en el porcentaje de residuo no aprovechable que se aprecia del bagazo de caña de azúcar se debe a que, la empresa J.M. Ucayali utiliza un equipo de gran capacidad en el proceso de la molienda que tritura gran parte de la materia prima mientras que en las otras dos agroindustrias el proceso de molienda es por medio del trapiche donde se obtiene menor cantidad de jugo de caña. De la cantidad de residuos que se genera en las agroindustrias un porcentaje se reutiliza como combustible para la caldera y el otro porcentaje son arrojados a las parcelas de cultivos al aire libre.

En la tabla 25 se puede apreciar la cantidad de materia prima que ingresa al proceso de producción de cada empresa y la cantidad de generación de residuos de cáscara de arroz, el trabajo que se realiza en todas estas empresas agroindustriales es de 26 días al mes con 10 horas de producción divididos en dos turnos los 12 meses del año.

Tabla 25. *Generación de residuos de cáscara de arroz.*

ORGANIZACIÓN	Materia Prima		Cáscara de arroz	
	Mes (t)	Año (t)	Mes (t)	Año (t)
ASERCAMPO S.A.C. Molino Santa Clara	1,560	18,720	296.3	3,556.1
Industrias molinera campo verde S.A.C	390	4,680	74.1	889.0
Express Import Export S.A.C	494	5,928	93.8	1,126.1
Molino Landbar E.I.R.L	520	6,240	98.8	1,185.4
Molinera Aguilar E.I.R.L	650	7,800	123.5	1,481.7

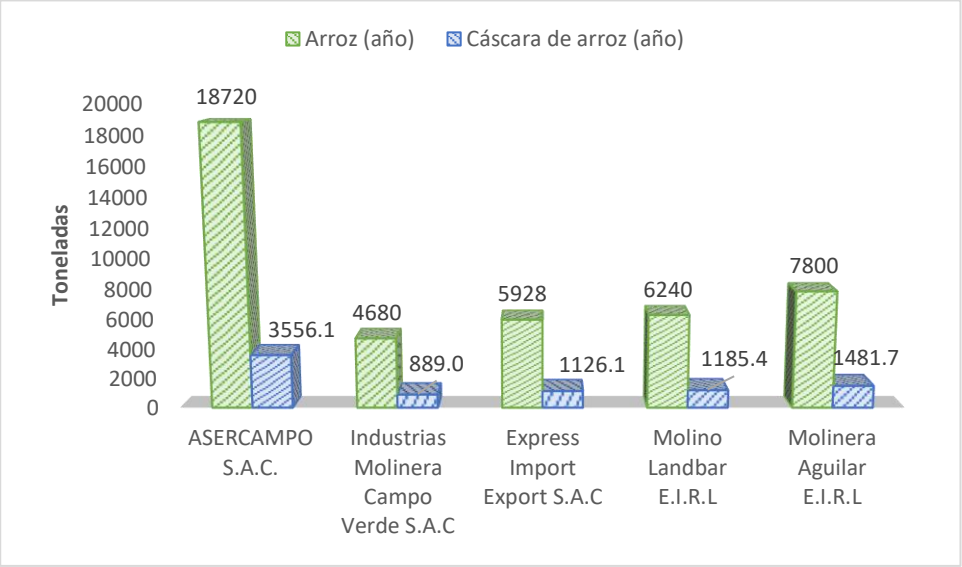


Figura 16. *Volumen de generación de cáscara de arroz.*

En las empresas dedicadas a la producción de arroz, se registró que la empresa ASERCAMPO S.A.C. obtiene mayor materia prima ingresando 18,720 t/año que a su vez genera 3,566 t/año de cáscara de arroz, seguido a ello está el Molino Aguilar E.I.R.L. que utiliza 7,800 t/año de materia prima y genera 1,481 t/año de residuo de cáscara de arroz, la empresa Molino Landbar E.I.R.L. y el

molino Express Import Export S.A.C. indicaron que utilizan 6,240 t/año y 5,928 t/año de materia prima respectivamente, la generación de cáscara de arroz es de 1,185 t/año y 1,126 t/año. La Industria Molinera Campo Verde S.A.C. es la empresa con menor producción de arroz con 4,680 toneladas de materia prima anualmente, que a su vez genera 889 t/año de residuo de cáscara de arroz. El porcentaje de materia prima no aprovechada es del 20% al 25% de residuo de cáscara de arroz que se genera en el proceso del descascarado, esto resulta ser un gran problema para cada una de ellas ya que su acumulación diaria crea montañas de este residuos que aunque lo colocan en sacos para su venta esta no llega a cubrir la mitigación en su totalidad, o en otras oportunidades al tener este exceso de cáscara de arroz se realiza la quema al aire libre que provoca la emision de gases tóxicos al medio ambiente y a la población aledaña.

En la Tabla 26 sobre la generación de residuo de cáscara de yuca es importante aclarar que la primera asociación produce solo 20 días al mes con 8 horas seguidas, sin embargo, la segunda asociación produce 26 días al mes con 8 horas seguidas durante toto el año.

Tabla 26. *Generación de residuos de cáscara de yuca.*

ORGANIZACIÓN	Materia Prima		Cáscara de Yuca	
	Mes (t)	Año (t)	Mes (t)	Año (t)
Asociación de productores de yuca santa catalina	20	240	4.4	53.4
Asociación agropecuario de Yuca del Valle de Nueva Tunuya-Ucayali	14.82	177.84	3.3	39.5

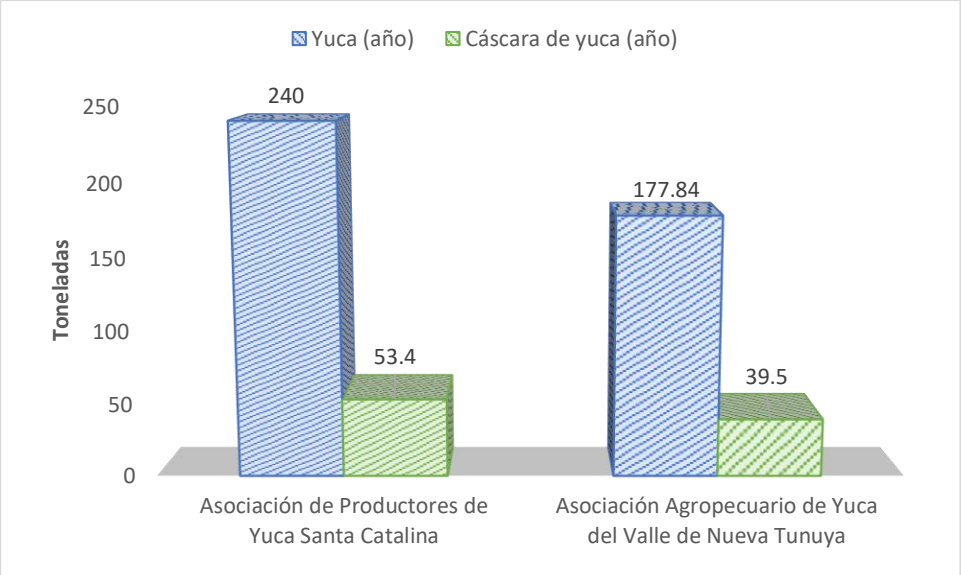


Figura 17. *Volumen de generación de cáscara de yuca.*

En la Asociación de Productores de Yuca Santa Catalina se registra un total de 240 t/año de yuca que se utiliza para la producción de almidón que genera 53 t/año de cáscara de yuca, a diferencia de la Asociación Agropecuaria de Yuca del Valle de Nueva Tunuya que anualmente obtienen 177 t/año de materia prima, esta a su vez genera 39 toneladas de residuo de cáscara de yuca al año. Se registra el 23% de residuo no aprovechable de la cáscara de yuca por tonelada, estas asociaciones reutilizan este residuo como abono para compostaje arrojándolos a sus parcelas de cultivo al aire libre sin tratamiento previo.

La Asociación que se aprecia en la Tabla 27 trabajo únicamente 12 días al mes con 9 horas seguidas de producción durante todo el año, por lo que su generación de residuos de cáscara de plátano se debe a la cantidad de materia prima ingresada mensual y anualmente.

Tabla 27. *Generación de residuos de cáscara de plátano.*

ORGANIZACIÓN	Materia Prima		Cáscara de Plátano	
	Mes (t)	Año (t)	Mes (t)	Año (t)
Asociación agroindustrial progreso – AAIPRO	8.04	96.48	1.7	20.1

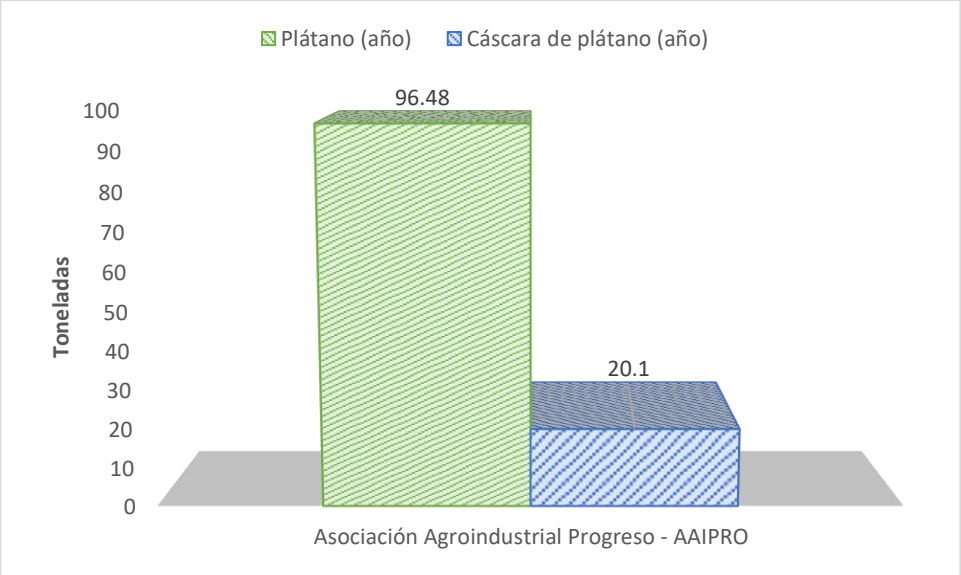


Figura 18. *Volumen de generación de cáscara de plátano.*

La Asociación Agroindustrial Progreso dedicada a la producción de chifles utiliza anualmente 96 t/año de plátano, el residuo de cáscara de plátano que se genera es de 20 t/año. Haro *et al*. (2017), expresa que el cultivo del plátano desde la cosecha se genera alrededor del 95% de residuo vegetal de raquis, pseudotallo, hojas y cáscaras de plátano, en la investigación se determinó que el 26% de la materia prima es residuo no aprovechado donde su única disposición final llega por tonelada hacia las parcelas de cultivo para compostaje.

Tabla 28. *Generación de residuos agroindustriales en t/año.*

TIPO DE RESIDUO	**CANTIDAD**	
	Materia Prima (año)	**Residuo (año)**
Caña de azúcar	25,209.1	8,482.8
Arroz	43,368	8,238.4
Yuca	417.8	92.8
Plátano	96.5	20.1
TOTAL	**69,091.44**	**16,834.2**

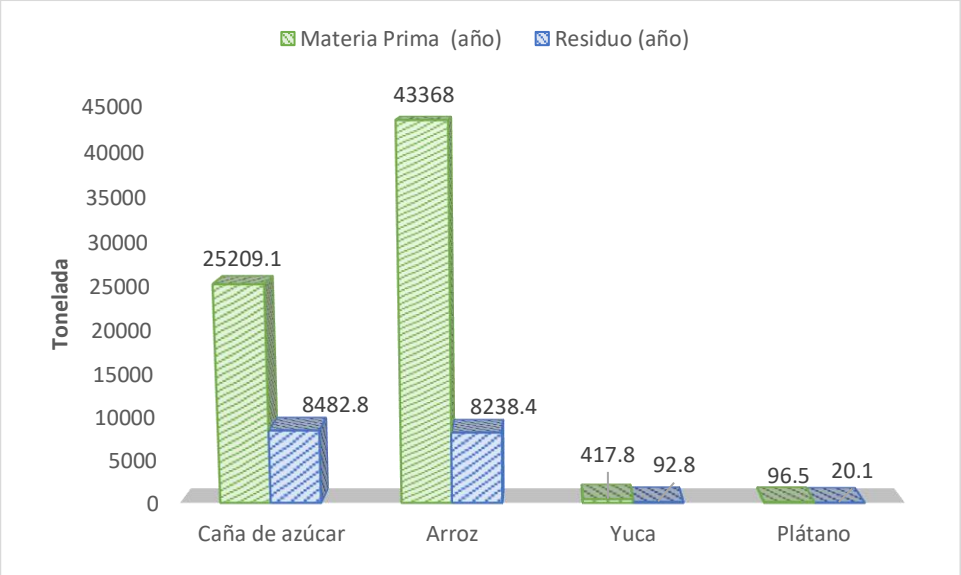


Figura 19. *Residuos agroindustriales en t/año.*

En la figura 23, se relaciona la cantidad de materia prima con la cantidad de residuos de bagazo de caña de azúcar, cáscara de arroz, cáscara de plátano y cáscara de yuca que se genera anualmente en las Provincias de Coronel Portillo y Padre Abad. El arroz y la caña de azúcar son los cultivos que mayor cantidad de residuos generan, se registra 8,238.4 t/año de cáscara de arroz, que representa el 22% de residuo respecto a la materia prima, que a su vez se asemeja al valor reportado por (Aguilar & Tulcán, 2018), en su investigación indica que por cada 4 tonelada de arroz se genera 1 tonelada de cáscara de arroz, consintiendo el 25% de residuo, lo que respecta a la presente investigación se estimó que por cada tonelada de arroz se genera 0.22 tonelada de cáscara de arroz. En el caso de la generación del bagazo de caña se reporta 8,482.8 t/año, siendo el 33% y 34% materia prima no aprovechada, similar a Chacón (2014), en su investigación indica que la fracción de bagazo producida por tonelada de caña de azúcar genera 0.3 tonelada de bagazo de caña de azúcar, que representa el 30%, en muchas ocasiones este registro depende del flujo de procesamiento que le da la empresa a su materia prima, Ruíz (2015), afirma este valor obtenido de las empresas COSAZU y LUDAFA el cual considera que por una tonelada de caña de azúcar equivale a 0.33 tonelada de residuo representando el 33% de material no aprovechable. La materia residual de cáscara de yuca es de 92.8 t/año, que en

valor porcentual es 23% respecto a la materia prima, la generación de cáscara de plátano es menor ya que al evaluar una sola empresa se registró un total de 20.1 t/año, que representa el 26% de residuo no aprovechado. Se logró estimar un total de 16,834.1 toneladas de residuos agroindustriales que anualmente están siendo considerados como uno de los más grandes problemas por parte de las empresas, ya que la enorme cantidad de residuo que se genera arrastra consigo la pérdida de dinero, esto se da al no contar con un sistema de manejo adecuado de residuos sólidos que ayude a reducir los volúmenes de residuo que provoca su producción.

El volumen de residuos agroindustriales generados por estas empresas viene siendo un problema latente, (Ramírez, 2012) menciona que para el sector su disposición inadecuada viene siendo un estado normal esto se vio reflejado dentro de la investigación donde el residuo de cáscara de arroz es quemado y los residuos de bagazo de caña de azúcar, cáscara de plátano y cáscara de yuca son arrojados a las parcelas de cultivos a cielo abierto. Ya que para (Cabrera *et al.,* 2016), en la mayoría de los casos esto se debe a la escasa concientización ambiental que se realiza en el momento de su manejo, la limitada capacidad tecnológica y recursos económicos que existe en las empresas agroindustriales para poder realizar una adecuada disposición final, por tal motivo el brindarle un valor agregado a toda esta acumulación de residuos agroindustriales que se pierde años tras años, ayudaría a la implementación de alternativas de solución para los múltiples problemas ambientales y económicas que se vienen suscitando hasta la actualidad.

Los residuos analizados de las empresas agroindustriales de cáscara de arroz, cáscara de yuca, cáscara de plátano y bagazo de caña de azúcar fueron cuantificados, la generación de residuos sólidos orgánicos por empresa es un indicador relacionado con los patrones de proceso de producción y las empresas censadas. Para calcular este indicador se utilizó la siguiente fórmula utilizando los datos de generación de residuos agroindustriales por día del balance de materia dividiendo por el número de empresas que genera el tipo de residuo.

$$Generacion\ per\ cápita - empresa = \frac{total\ de\ kg\ de\ residuo\ diario}{N°\ de\ empresas\ por\ tipo\ de\ residuo}$$

Tabla 29. *Generación per cápita-empresa de residuos agroindustriales.*

N°	Agroindustria	Residuo (día)	Total de residuo	Generación per cápita-empresa
1	APECSCAB	271.2 kg	41,104.2 kg/día	13,701.4 kg/emp/día
2	J.M. Ucayali S.A.C	40,392 kg		
3	HAVISHA S.A.C.	441.1 kg		
4	ASERCAMPO S.A.C.	11,397.9 kg	26,405.2 kg/día	5,281.0 kg/emp/día
5	Industrias Molinera Campo Verde S.A.C	2,849.5 kg		
6	Express Import Export S.A.C	3,609.3 kg		
7	Molino Landbar E.I.R.L	3,799.3 kg		
8	Molinera Aguilar E.I.R.L	4,749.1 kg		
9	Asociación de Productores de Yuca Santa Catalina	222.3 kg	348.8 kg/día	174.4 kg/emp/día
10	Asociación Agropecuario de Yuca del Valle de Nueva Tunuya	126.5 kg		
11	Asociación Agroindustrial Progreso – AAIPRO	139.36 kg	139.4 kg/día	139.4 kg/emp/día

La generación per cápita-empresa del residuo de bagazo de caña de azúcar es de 13,701.4 kg/emp/día, la cáscara de arroz tiene una generación per cápita-empresa de 5,281.0 kg/emp/día, la cáscara de yuca tiene una generación per cápita-empresa de 174.4 kg/emp/día, y la cáscara de plátano tiene una generación per cápita-empresa de 139.4 kg/emp/día.

La mayor generación de residuo por día se encuentra en las agroindustrias dedicadas al cultivo y producción de caña de azúcar, ya que la empresa J.M. Ucayali S.A.C. genera a diario una cantidad de 40,392 kg de únicamente de bagazo de caña de azúcar, la segunda mayor generación de residuos agroindustrial por día se encuentra en las empresas de molino y la empresa ASERCAMPO S.A.C. genera a diario una cantidad de 11,397.9 kg de cáscara de arroz.

4.2. Análisis de composición química de los residuos sólidos agroindustriales en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad

En el análisis para determinar la cantidad de celulosa que se encontró en cada uno de los residuos agroindustriales se siguió la norma ASTM 1695-77, mediante la realización de tres pruebas en el laboratorio.

Tabla 30. *Concentración de celulosa en los residuos agroindustriales.*

RESIDUO	CELULOSA			PROMEDIO (%)
	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	
Cáscara de plátano	22.88	21.5	21.92	22.1
Cáscara de arroz	29.9	29.71	29.33	29.6
Cáscara de yuca	19.35	18.88	19.4	19.2
Bagazo de caña de azúcar	24.4	24.37	24.33	24.4

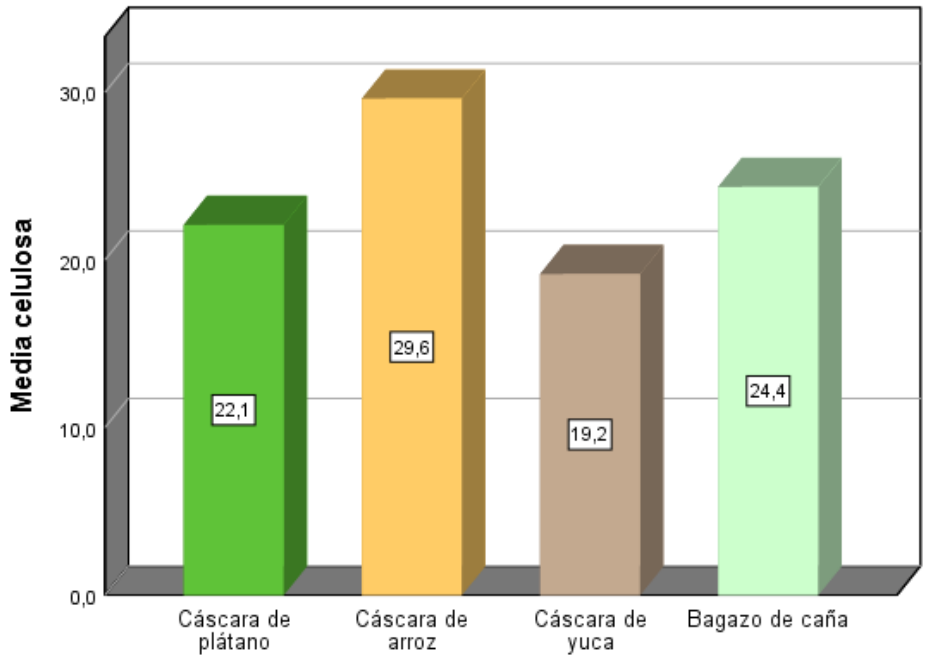


Figura 20. *Concentración de celulosa en los residuos agroindustriales.*

La mayor concentración de celulosa se encuentra en la cáscara de arroz con un valor de 29.6% la media, siendo menor al valor de 34.4% de celulosa reportado por (Torres *et al*., 2017), seguido por el bagazo de caña de azúcar con una concentración de 24.4% la media, este valor es cercano al rango 25-47% de

celulosa de la literatura que presenta (Costa *et al*., 2014), por otro lado, (Gonzáles *et al*., 2019), encontró una concentración superior con 37.4% de celulosa en bagazo de caña, (De Morales *et al*., 2015), explica que esta variación porcentual es debido a factores como lugar de cultivo, tipo de suelo, época de cosecha, tipo de fertilizante y clima, el cual es muy importante para determinar el potencial; en cáscara de plátano se reporta una concentración de 22.1% la media y la menor concentración de celulosa en la cáscara de yuca con 19.2% la media, sobrepasando el valor estimado de 18.47% de celulosa en el estudio de (Tejada *et al*., 2016), por otro lado, (Gonzáles *et al*., 2016), reporta un rango de 56-58% de celulosa en pellejo de yuca, muy lejano al valor identificado en la investigación.

La cantidad de hemicelulosa que se encontró en cada uno de los residuos agroindustriales se determinó de la diferencia de holocelulosa siguiendo de ASTM D-1104 y la celulosa mediante la realización de tres pruebas en el laboratorio por medio del tratamiento químico.

Tabla 31. *Concentración de hemicelulosa en los residuos agroindustriales.*

RESIDUO	HEMICELULOSA			PROMEDIO (%)
	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	
Cáscara de plátano	21.67	20.51	21.42	21.2
Cáscara de arroz	13.52	13.18	12.98	13.2
Cáscara de yuca	8.16	8.19	8.32	8.2
Bagazo de caña de azúcar	20.14	20.19	20.36	20.2

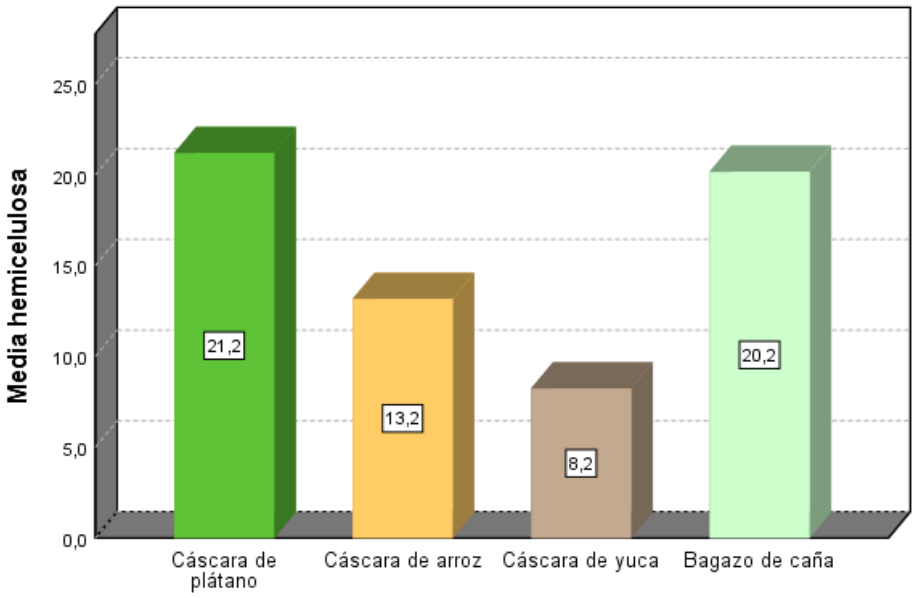


Figura 21. *Concentración de hemicelulosa en los residuos agroindustriales.*

La cáscara de plátano es el residuo que mayor concentración de hemicelulosa reporta con un valor de 21.2% la media, seguido del bagazo de caña de azúcar con 20.2% la media, este valor se encuentra en el rango de 20-35% de hemicelulosa en la literatura reportado por (Costa *et al*., 2014), para (Gonzáles *et al*., 2019), el valor encontrado en su estudio es superior con 35% de hemicelulosa en bagazo de caña; en la cáscara de arroz se presenta una concentración de 13.2% la media, siendo mayor a 9.5% de hemicelulosa valor reportado por (Torres *et al*., 2017), y la menor concentración en la cáscara de yuca con 8.2% la media, por encima de 6.01%, valor reportado por (Tejada *et al*., 2016), sin embargo, (Gonzáles *et al*., 2016), reporta un rango de 17-20% de hemicelulosa en pellejo de yuca, por encima del valor hallado.

El análisis para determinar la cantidad de lignina que se encontró en cada uno de los residuos agroindustriales se siguió la norma TAPPI T222 os-74, mediante la realización de tres pruebas en el laboratorio.

Tabla 32. *Concentración de lignina en los residuos agroindustriales.*

RESIDUO	LIGNINA			PROMEDIO (%)
	M1 (%)	M2 (%)	M3 (%)	
Cáscara de plátano	28.81	28.56	28.79	28.7
Cáscara de arroz	22	22.25	21.84	22.0
Cáscara de yuca	25.2	25	24.92	25.0
Bagazo de caña de azúcar	25.02	24.92	25.19	25.0

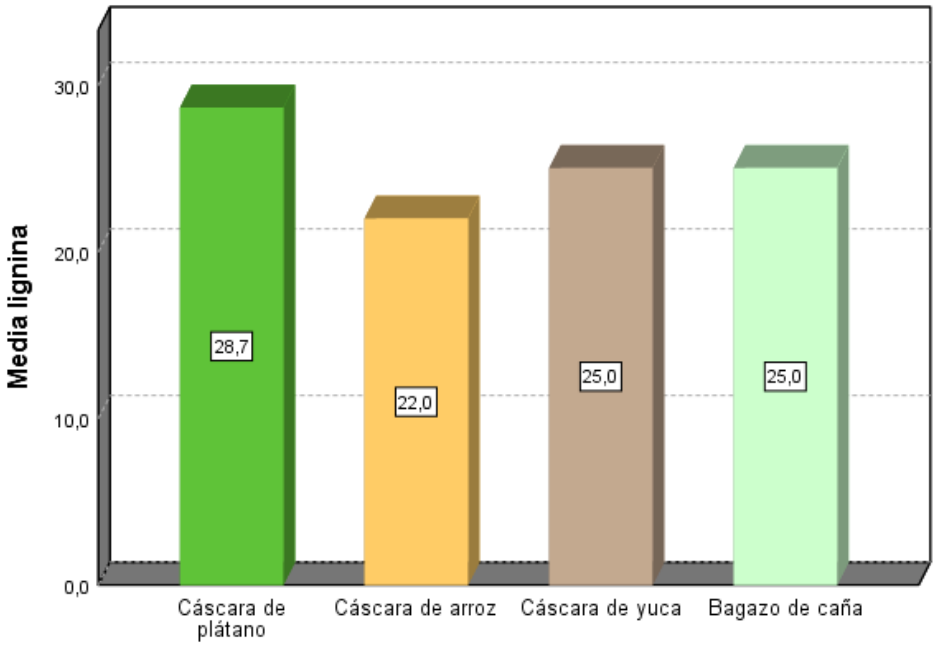


Figura 22. *Concentración de lignina en los residuos agroindustriales.*

El residuo que mayor concentración de lignina presenta es la cáscara de plátano con 28.7% la media, seguido por el bagazo de caña y cáscara de yuca con valor de 25% la media para ambos casos, sobrepasando la concentración de 2.2% de lignina en cáscara de yuca reportado en el estudio de (Tejada *et al*., 2016), pero similar al valor de 25.20% de lignina en pellejos de yuca en el estudio de (Gonzáles *et al*., 2016), así mismo el valor se encuentra dentro del rango de 15-35% de lignina en bagazo de caña según el estudio de (Costa *et al*., 2014), por otro lado, Gonzáles *et al*. (2019), reporta un valor cercano con 26.7% de lignina en bagazo de caña; y la menor concentración se reporta en la cáscara de arroz con 22% la media, similar al valor de 22.1% de lignina reportado por (Torres *et al*., 2017).

4.3. Análisis de la biomasa de celulosa de los residuos agroindustriales como alternativa de elaboración de envases biodegradables

El análisis se realizó con la información obtenida de los anteriores resultados, donde se puede obtener la cantidad de biomasa de celulosa que se pierde anualmente.

Tabla 33. *Cantidad de celulosa en los residuos agroindustriales en t/año*

TIPO DE RESIDUO	Residuo (año)	Celulosa %	Celulosa (año)
Caña de azúcar	8,482.8	22.1	1,874.7
Arroz	8,238.4	29.6	2,438.6
Yuca	92.8	24.4	22.6
Plátano	20.1	19.2	3.9
TOTAL	**16,834.1**		**4,339.8**

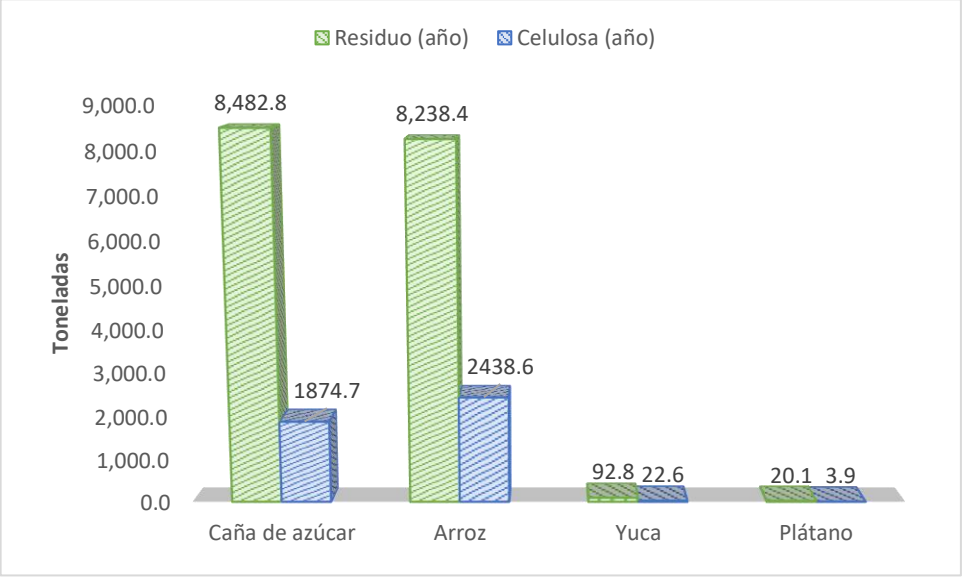


Figura 23. *Cantidad de celulosa en los residuos agroindustriales.*

En la figura 27 se muestra que la mayor biomasa celulósica lo tiene la cáscara de arroz con un valor de 2,438.6 t/año de celulosa, seguido por el bagazo de caña de azúcar con 1,874.7 t/año de celulosa, la cáscara de yuca con 22.6 t/año de celulosa y el que presenta menor biomasa es la cáscara de plátano con 3.9 t/año de celulosa; representando un total de 4,339.8 t/año de celulosa en las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, actualmente estos residuos no aprovechables registrados se encuentran excluidos de cualquier valor,

perdiéndose en las parcelas del cultivo o en la quema. Vargas & Pérez (2018) menciona tambien en su investigación que, los residuos con mayor valor agregado se obtienen de la industria azucarera y la molinería de arroz, ya que su alto potencial en el material lignocelulósico y más aún en la celulosa refleja diversas alternativas para una perfecta utilización para el mejoramiento de la calidad del ambiente. A su vez, existe una gran oportunidad de aprovechamiento de material celulósico para la elaboración de envases biodegradables o productos alternativos precisamente por su alto potencial celulósico encontrado en los cuatro residuos agroindustriales, diversos estudios demuestran su interés como sucede con Bolio *et al*. (2017); Briones & Riera (2020); Llerena & Monzón (2017) & Tamayo *et al*. (2017). La celulosa representa una fuente con potencial para ser aprovechado como materia prima para la elaboración de termoplásticos y recipientes biodegradables por medio de la utilización de los residuos lignocelulósicos donde se considera principalmente a la cáscara de plátano, bagazo de caña de azúcar, la cáscara de arroz y cáscara de yuca para elaboración bioplásticos, siendo una alternativa de solución, ya que su misma composición lignocelulósica y más aún celulósica generaría un gran impacto ecológico que ayudaría a minorar la contaminación que conlleva la utilización de los envases plásticos, constituyendo rentabilidad en términos económicos, social y ambiental. Por otro lado, el aprovechamiento de los residuos agroindustriales sigue siendo un tema de investigación frecuente debido a la diversidad de residuos y tecnologías, como resalta Delgado *et al*. (2019) & Ramírez (2012). El tema de la elaboración de envases biodegradables por medio de los residuos agroindustriales viene siendo investigada con mucha frecuencia, su misma composicion puede degradarse dentro de los 100 dias o menos de manera aerobica y anaeróbica, a su vez estimula al desarrollo de tecnologías encaminadas hacia una transformación sostenible de los recursos naturales. Al igual que Tamayo *et al.* (2017), su facil adquisicion, bajo costo y el gran potencial con la que cuentan todos estos residuos lignocelulosicos deberian representar una alternativa para la obtencion de nuevos productos sin la necesidad de realizar altas inversiones.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó un volumen total de 16,834.1 t/año de residuos agroindustriales excluidos de cualquier valor agregado, siendo las industrias de caña de azúcar y arroz quienes mayor generación desechan, el bagazo de caña de azúcar representa el 33% de residuo por tonelada de caña de azúcar, la cáscara de arroz representa el 22% de residuo por tonelada de arroz cáscara y los residuos de cáscara de plátano y yuca representan el 26% y 23% por tonelada respectivamente.

La composición química del material lignocelulósico de los residuos agroindustriales analizados presenta en la cáscara de arroz con 29.6% de celulosa, 13.2% de hemicelulosa y 22.1% lignina, el bagazo de caña con 24.4% de celulosa, 20.2% de hemicelulosa y 25% de lignina, en la cáscara de plátano 22.1% de celulosa, 21.2% de hemicelulosa y 28.7% de lignina y en la cáscara de yuca 19.2% de celulosa, 8.2% de hemicelulosa y 25% de lignina.

La cantidad de biomasa celulósica respecto a los residuos agroindustriales analizados es de 2,438.6 t/año de celulosa de la cáscara de arroz, 1, 874.7 t/año de celulosa del bagazo de caña de azúcar, 22.6 t/año de celulosa de la cáscara de yuca y 3.9 t/año de celulosa de la cáscara de plátano, que conlleva a un total de 4,339.8 t/año de celulosa, su alto potencial indica una gran oportunidad de aprovechamiento para la elaboración de envases biodegradables, de acuerdo a los nuevos avances en biomateriales este polímero natural ayudaría a minimizar la contaminación, incrementar rentabilidad económica y social.

El tener como materia prima a los residuos agroindustriales de bagazo de caña de azúcar, cáscara de arroz, cáscara de plátano y cáscara de yuca para la elaboración de envases biodegradables se considera una de las mejores alternativas de aprovechamiento debido a la cantidad de biomasa

lignocelulósico, alto potencial de celulosa, fácil disponibilidad, bajo costo y elevada producción que existe en la región, que hasta la actualidad son excluidos de cualquier valor agregado.

5.2. Recomendaciones

Realizar estudios que permitan aprovechar de manera sostenible otros residuos agroindustriales que se generan con grandes volúmenes en la región de Ucayali.

Investigar la cantidad de residuo agroindustrial generado en todas las provincias de la Región para que de ese modo se pueda conocer su valor lignocelulósico.

Optar por la elaboración de productos naturales y biodegradables que aporten a la concientización y promuevan una buena cultura ambiental dentro de las personas.

Incentivar a las empresas agroindustriales apostar por una nueva forma de reutilización por medio de la elaboración de envases biodegradables para reducir significativamente la contaminación de los envases plásticos.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Agama, E., Sañudo, J., Vélez, R., González, G., & Bello, L. (2015). Potencial de la harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca L.) como fuente de fibra dietética y comouesta antioxidante. *CyTA-Journal of Food*. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2015.1055306

Aguiar, S., Chicaiza, E., Diéguez, K., & Caicedo, W. (2019). Composición química de subproductos agroindustriales destinados para la alimentacón de cerdos . *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.

Aguilar, J., & Tulcán, E. (2018). *Estudio del potencial energético de la cáscara de arrozecuatoriano peltizado para su uso como combustible [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil].* Guayaquil.

Alzate, A. (2019). *Diseño de empaques biodegradables y compostables a partir del uso de cáscara de plátano [Tesis de pregado, Universidad Católica de Pereira].* Pereira.

Arias, R., & Meneses, J. (2016). *Caracterización físico-química de residuos agroindustriales (cascarilla de arroz y cascarilla de café) como materia prima para la obtención de bioetanol, Laboratorios de Química UNAM-Managua. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].* Managua.

Arun, K., Persia, F., Aswathy, P., Chandran, J., Sajeev, M., Jayamurthy, P., & Nisha, P. (2015). Cáscara de plátano: una fuente potencial de fibra dietética antioxidante para desarrollar galletas funcionales. *J Food Sci Technol*.

Bellido, C. (2013). *Obtención de bioetanol 2G a partir de hidrolizados de paja de trigo. Fermentación de los penta y hexa carbohidratos con Pichia Stipitis. [Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid].* España. Obtenido de https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/4556/1/TESIS501140301.pdf.

Binod, P., Sindhu, R., Singhania, R., Vikram, S., Devi, L., Nagalakshmi, S., . . . Pandey, A. (2010). Bioethanol production from rice straw: An overview. *Bioresource Technology*, 101: 4767-4774.

Bolio, G., Veleva, L., Azamar, J., Hernández, M., Del Ángel , E., Córdova, S., . . . Wyrick, R. (2017). Elaboraciòn de recipientes biodegradables a partir de residuos de caña de azúcar (Saccharum officinarum): Planta Piloto.

Briones, S., & Riera, M. (2020). Residuos de la cáscara de yuca y cera de abejas como potenciales materiales de partida para la producción de bioplásticos. *Avances en Quimica*, 15(1): 3-11.

Cabrera, E., León, V., Montano, A., & Dopico, D. (2016). Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. *Revista Centro Azúcar*, 43: 27-35.

Calcina, L., & Huayta, D. (2020). *Optimización de los parámetros de adsorción de Cu (II) y Pb (II) por la cáscara de yuca. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].* Arequipa.

Chacón, J. (2014). *Propuesta técnica para el incremento de procesamientos de caña de azúcar a 300 t/h del trapiche de un ingenio azúcarero en el norte del Perú. [Tesis de Pregrado: Pontificia Universidad Católica del Perú].* Lima.

Cortes, W. (2014). Tratamientos Aplicables a Materiales Lignocelulósicos para ña Obtención de Etanol y Productos Químicos. *Revista de Tecnología*, 39-44.

Costa, A., Pinheiro, F., Santos, A., Santella, S., & Leito, R. (2014). The use of thermochemical pretreatment to enhance the anaerobic biodegradability of sugarcane bagasse. *Chemical Engineering Journal*, 248:363-372.

Cubilla, K., Gonzalez, Y., Montezuma, G., & Samudio, M. (2019). Fibra de coco y cáscara de plátano como alternativa para la elaboración de material biodegradable. *RIC*, 5(2): 15-20. Obtenido de https://doi.org/10.33412/rev-ric.v5.2.2496

De Morales, J., Marcos, V., Goncalves, W., Nunes, V., & Martín, C. (2015). Influencia de muestras mixtas de bagazo de caña de azúcar evaluadas por composición elemental y físico-química. *ELSEVIER-Cultivos y productos industriales*, 64: 52-58.

Delgado, O., Samillán, R., Cobeñas, H., Corcuera, C., & Linares, J. (2019). *Envases Biodegradables en base a Cascarilla de Arroz [Tesis de pregado, Universidad San Ignacio de Loyola].* Lima.

Ekop, I., Simonyan , K., & Evwierhoma, E. (2019). Utilización de desechos de yuca para valor agregado. *Revista internacional de ingenieria científica y ciencia*, 3(1): 31-39.

Ferrer, A. (2013). *Aprovechamiento integral del residuo de la industria del aceite de palma (EFB). Obtención de derivados de las hemicelulosas, pastas celulósicas y celulosas nanofibrilar. [Tesis de Posgrado, Universidad de Córdoba].* Córdoba.

Gabhane, J., William, S., Gadhe, A., Rath, R., Vaidya, A., & Wate, S. (2014). Pretreatment of banana agricultural waste for bioethanol production: individual and interactive effects of acid and alkali pretreatments with autoclaving, microwave heating and ultrasonication. *Waste Manag*, 34: 498-503.

García, I. (2017). *Determinación de concentración óptima de ácido-glicerol en la elaboración de plásticos biodegradables a partir del almidón de cáscara de plátano (Musa Paradisiaca) en Pucallpa. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ucayali].* Pucallpa.

Gonzáles, A., Hernández, G., & Reyes, I. (2019). Pretratamiento alcalino de bagazo de caña paramejorar la producción de biometano. *Revista Centro Azúcar*, 46:79-88.

Gonzáles, K., Daza, D., Caballero, P., & Martínez, C. (2016). Valuación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Rev. Luna Azul*, 43:499-517.

Goodman, B. (2020). Utilización de paja y cascarilla de desecho de la producción de arroz: una revisión. *Revista de Biorecursos y Bioproductos*, 143-162.

Grande, C. (2016). *Valoración biotecnológica de residuos agrícolas y agroindustriales.* Cali: Editorial Bonaventuriana.

Guerrero, A., Aguado, P., Sánchez, J., & Cut, M. (2016). GIS-Based Assessment of Banana Residual Biomass Potential for Ethanol Production and Power Generation A Case Study. *Waste Biomass Valor*, 405-415.

Guerrero, A., Ballesteros, I., & Ballesteros, M. (2018). The potential of agricultural banana waste for bioethanol production. *Fuel*, 213: 176-185.

Guerrero, R., & Valenzuela, L. (2011). Agroindustria y medio ambiente. Trilogia. *Ciencía Tecnología Sociedad*, 23(3): 63-83.

Haro, A., Borja, A., & Triviño, S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Dominio de las ciencias*, 506-525.

Hernández, K. (2013). *Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables {Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México}.* México.

ICIDCA. (1986). Capítulo IV. Bagazo. En: J. Valdéz Montero, ed. La industria de los rerivados de caña de azúcar. 117.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). *Informe técnico: Producción Nacional.* Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Jaramillo, O., Gómez, M., & Fontalvo, J. (2012). Removal of ethanolic fermentation inhibitors using polydimethylsiloxane (PDMS) membranes by pervaporation. *Ion*, 25(1): 51-59.

Johar, N., Ahmad, I., & Dufresne, A. (2012). Extracción, preparación y caracterización de fibras de celulosa y nanocristales de cascarilla de arroz. *Cultivos y Productos Industriales*, 37: 93-99.

León , T., Dopíco, D., Triana, O., & Medina, M. (2013). Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad. *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar.*, 47(2): 13-22.

Llerena, J., & Monzón, L. (2017). *Elaboración de un envase biodegradable a partir de almidón obtenido de arroz quebrado (oryza sativa), queratina obtenida de residuos avícolas (plumas) fortificado con residuos de cáscaras de mango (mangifera indica).* Arequipa: Universidad Católica de Santa María.

Loh, Y., Sujan, D., Rahman, M., & Das, C. (2013). Bagazo de caña de azúcar: el futuro material compuesto: revisión de la literatura. *ELSEVIER-Recursos, conservación y reciclaje*, 75: 14-22.

Luna, A. (2014). *Determinación del potencial de residuos sólidos de gallina de postura, ganado vacuno y porcino, en la provincia de Coronel Portillo y Padre Abad, Región Ucayali. [Tesis de pregado, Universidad Nacional de Ucayali].* Pucallpa.

Marcelo, M., Bizzo, W., & Alamo, M. (2016). Evaluación del potencial energético de los residuos de la caña de azúcar en el Perú. *XXIII Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente*.

Marcillo, M., Vivas, H., & Noles, P. (2012). Caracterización química y obtención de bioetanol del residuo sólido del procesamiento del almidón de yuca. *EspamCiencia*, 3(2): 141-145.

MINAGRI. (2019). *Decreto supremo que aprueba el reglamento de Gestion Integral de Residuos Solidos del Sector Agricultura y Riego.* Lima: Ministerio de Agricultura.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Boletín Estadístico Mensual "El Agro en Cifras".* Lima: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, Dirección General de Estadística, Seguimiento y Evaluación de Políticas / Dirección de Estadística e Información Agraria.

Oliveira, L., Cordeiro, N., Evtuguin, D., Torres, I., & Silvestre, A. (2007). Chemical composition of different morphological parts from ‘‘Dwarf Cavendish’’ banana plant and their potential as a non-wood renewable source of natural products. *Industrial Crops and Products*, 26: 163-172.

Ortega, M. (2019). *Elaboración de bioplástico a partir de paja y residuos de granos de arroz [Tesis de pregado, Universidad Tecnológica del Perú].* Arequipa.

Poh, K., & Kong, H. (2002). Renewable energy in Malasia: a policy analysis. . *Energy for Sustainable Development*, 6(3): 31-39.

Ramírez, M., & Reyes, M. (2017). *Aprovechamiento de los residuos lignocelulósicos de la ananas comosus (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática. [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América].* Bogotá.

Ramírez, S. (2012). *Aprovechamiento de residuos Agroindustriales, cascara de arroz (Oriza sativa) y residuos de papa (solanum tuberosum) para la producción de Trichoderma spp. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato].* Ecuador.

Retto, P. (2019). *Potencial energético de la producción de bioetanol a partir de residuos agroindustriales lignocelulósicos en el Perú [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo].* Trujillo.

Rojas, A., Rodríguez, S., & Montoya, J. (2019). Evaluación de alternativas de aprovechamiento energético y bioactivo de la cáscara de plátano. *Información Tecnológica*, vol. 30(5), 11-24.

Romero, E., Montero, G., Toscano, L., Pérez, L., Torres, R., & Beleño, M. (2014). Determinación de los principales componentes de la biomasa lignocelulosica; celulosa, hemicelulosa y lignina de la paja de trigo para su posterior pretratamiento biológico. *ResearchGate*, 114-118. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/282365664

Ruíz, J. (2015). *Potencial energético de los residuos sólidos de caña (saccharum officinarium) y cacao (theobroma cacao L) en las provincias de Padre Abad y Coronel Portillo, región Ucayali. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali].* Pucallpa.

Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *BioTecnología*, 16(2):14-16.

Shrestha, S., Mokale, A., Zhang, J., & Qin, W. (2020). Diferentes facetas de la biomasa lignocelulósica, incluida la pectina y sus perspectivas. *Valorización de residuos y biomasa*. Obtenido de https://doi.org/10.1007/s12649-020-01305-w

Tamayo, E., Sarasty, O., & Mosquera, E. (2017). Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos en la elaboracion de empaques secundarios ecológicos. *Industrial Data*, 20(2): 37-42.

Tejada, C., Montiel, Z., & Acevedo, D. (2016). Aprovechamiento de cáscaras de yuca y ñame para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con Pb(II). *Información Tecnológica*, 27(1): 9-20.

Tejada, L., Tejada, C., Marimón , W., & Villabona, A. (2014). Estudio de Modificación Química y Física de Biomasa (citrus sinensis y musa paradisiaca) para la Adsorción de Metales Pesados en Solución. *Luna Azul*, 39: 124-142.

Tian, K., & Bilal, M. (2020). Progreso de la investigación de materiales biodegradables en la reducción. *Abatement of environmental pollutants*, 313-330.

Torres, D., Morales, S. P., & Quintero, J. C. (2017). Evaluación de pretratamientos químicos sobre materiales lignocelulósicos. *Revista chilena de ingeniería*, 24(4): 733-743.

Vargas, Y., & Pérez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1): 59-72. doi:http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.3108

Zhang , M., Xie, L., Yin, Z., Khanal, S., & Zhou, Q. (2016). Biorrefinería enfoque para los desechos industriales derivados de la yuca: situacion actual y oportunidades. *Tecnología de fuentes biológicas*, 215: 50-62.

Zumárraga, J. (2012). *Efecto de los pretratamientos hidrotérmicos en la composición química y la sacarificación del bagazo de agave tequilana. [Tesis de Posgrado, Centro de Investigación Científica de Yucatán].* Mérida.

ANEXO

Anexo 1: Tabla de Información de la Población

Tabla 34. *Asociaciones y empresas agroindustriales en Coronel Portillo y Padre Abad.*

PROVINCIA	DISTRITO	ORGANIZACIÓN	PRODUCTO
		CAÑA DE AZUCAR	
Coronel Portillo	Campo Verde	Asociación de productos ecológicos del caserío San Cristóbal de agua blanca	Chancaca, panela y azúcar liquido
		Empresa comunal de servicios agropecuarios agroecológica nuevo horizonte RLTDA	Chancaca
		Consorcio Social Azucarero Ucayali (COSAZU)	Elaboración de azúcar
		J.M. Ucayali S.A.C	Alcohol 96
		Asociación de productos agropecuarios del caserío pampas verdes	aguardiente, jugo de caña
		HAVISHA Producción y comercialización de productos agrícolas S.A.C.	Aguardiente
		ARROZ	
Padre Abad	Curimaná	Asociación de productores agropecuarios san pedro bello horizonte	Cultivo de arroz
		Asociación de regantes del canal perla escondida del caserío las Malvinas	Cultivo de arroz
Coronel Portillo	Campo Verde	Asociación de la comisión hidráulica del caserío San Cristóbal de Agua Blanca Sector II	Cultivo de arroz
		ASERCAMPO S.A.C. Molino Santa Clara	Arroz Pilado
		Industrias molinera campo verde S.A.C	Arroz Pilado
		Express Import Export S.A.C	Arroz Pilado
	Nueva Requena	Asociación de la comisión de usuarios del canal de irrigación quebrada tunuya	Cultivo de arroz
	Callería	Asociación de Productores Agropecuarios Futuro Porvenir – APAFUP	Cultivo de arroz

	Yarinacocha	Asociación de Productores Agropecuarios la Conquista	Cultivo de arroz
		Agricultores La Villa del Capsinay S.A.C	Cultivo de arroz
		Molino Aguilar E.I.R.L	Arroz Pilado
		Molino Imperio	Arroz Pilado
		Molinera Landbar E.I.R.L	Arroz Pilado
		PLATANO	
		Asociación agroindustrial progreso – AAIPRO	chifles verdes y maduros, cultivo de plátano
		Procesadora TROPICAL	Plátano pelado
Padre Abad	Padre Abad	Asociación de plataneros tecnificados agropecuarios de Aguaytia. APTAA	cultivo de plátano
		Asociación de plataneros de padre abad	cultivo de plátano
		Asociación multisectorial de gestión y desarrollo agropecuario de CC.NN de santa rosa	cultivo de plátano
		Asociación de plataneros agroforestal del caserío Nuevo Jordán Rio Santa Ana	cultivo de plátano
		Centro único de agricultores productores de plátano de padre abad	cultivo de plátano
		Asociación central unificado de agricultores productores de plátano de padre abad - CUAPPPA	cultivo de plátano
		Asociación de productores de bajo yurac	cultivo de plátano
		Asociación de plataneros del caserío los olivos	cultivo de plátano
		YUCA	
Coronel Portillo	Campo Verde	Asociación de productores de yuca santa catalina	Yuca fresca y Almidón
		Asociación agropecuario de Yuca del Valle de Nueva Tunuya-Ucayali	Yuca fresca y Almidón

Anexo 2: Balance de materia de todas las empresas censadas

Tabla 35. *Balance de materia de la empresa ASERCAMPO S.A.C.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	60000		
Pre-limpieza		1200	58800
Secado industrial		6468	52332
Limpieza		523.32	51808.68
Descascarado		11397.91	40410.77
Blanqueado y pulido		4041.08	36369.69
Zarandero		727.39	35642.30
Clasificación		3564.23	32078.07
Selección final		320.78	31757.29
Ensacado			31757.29

Tabla 36*. Balance de materia de la empresa Industrias Molino Campo Verde.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	15000		
Pre-limpieza		300	14700
Secado industrial		1617	13083
Limpieza		130.83	12952.17
Descascarado		2849.48	10102.69
Blanqueado y pulido		1010.27	9092.42
Zarandero		181.85	8910.57
Clasificación		891.06	8019.52
Selección final		80.20	7939.32
Ensacado			7939.32

Tabla 37. *Balance de materia de la empresa Molino Landbar.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	20000		
Pre-limpieza		400	19600
Secado industrial		2156	17444
Limpieza		174.44	17269.56
Descascarado		3799.30	13470.26
Blanqueado y pulido		1347.03	12123.23
Zarandero		242.46	11880.77
Clasificación		1188.08	10692.69
Selección final		106.93	10585.76
Ensacado			10585.76

Tabla 38. *Balance de materia de la empresa Express Import Export S.A.C.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	19000		
Pre-limpieza		380	18620
Secado industrial		2048.2	16571.8
Limpieza		165.72	16406.08
Descascarado		3609.34	12796.74
Blanqueado y pulido		1279.67	11517.07
Zarandero		230.34	11286.73
Clasificación		1128.67	10158.06
Selección final		101.58	10056.47
Ensacado			10056.47

Tabla 39. *Balance de materia del Molino Aguilar.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	25000		
Pre-limpieza		500	24500
Secado industrial		2695	21805
Limpieza		218.05	21586.95
Descascarado		4749.13	16837.82
Blanqueado y pulido		1683.78	15154.04
Zarandero		303.08	14850.96
Clasificación		1485.10	13365.86
Selección final		133.66	13232.20
Ensacado			13232.20

Tabla 40. *Balance de materia de la Asociación de productores de yuca Santa Catalina.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	1000		
Lavado		33.5	966.5
Pelado		222.30	744.2
Rallado o desintegrado	440		1184.2
Colado	8.98	534.55	658.63
Sedimentación o deshidratación	1.6	148.55	511.68
Secado		204.67	307.01
Molienda		15.35	291.66
Tamizado		2.92	288.74
Empaquetado			288.74

Tabla 41. *Balance de materia de la Asociación agropecuario de yuca del Valle*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	570		
Lavado		20.04	549.96
Pelado		126.49	423.47
Rallado o desintegrado	220		643.47
Colado	4.5	267.68	380.26
Sedimentación o deshidratación	0.8	85.74	295.32
Secado		118.13	177.19
Molienda		8.86	168.33
Tamizado		1.68	166.65
Empaquetado			166.65

Tabla 42. *Balance de materia de la Asociación Agroindustrial Progreso.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	670		
Selección		134	536
Pesado			536
Lavado y escurrido			536
Pelado		139.36	396.64
Cortado			396.64
Fritura		218.15	178.49
Escurrido y enfriado	0.3		178.79
Empacado			178.79

Tabla 43*. Balance de materia de la Asociación de productores ecológicos del caserío San Cristóbal de Agua Blanca.*

PROCESO	Ingresa (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	830		
Lavado		8.3	821.7
Molienda		345.11	476.59
Limpieza		4.77	471.82
Clarificación	0.6		472.42
Evaporación		367.64	104.78
Concentración y punteo		18.7	86.08
Batido			86.08
Moldeado			86.08

Tabla 44. *Balance de materia de HAVISHA Producción y Comercialización de Productos Agrícolas S.A.C.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	1350		
Lavado		13.5	1336.5
Molienda		561.33	775.17
Fermentación			775.17
Filtrado		38.76	736.41
Destilación		640.68	95.73
Envasado			95.73

Tabla 45. *Balance de materia de la empresa J.M. Ucayali S.A.C.*

PROCESO	Ingreso (kg)	Salida (kg)	Total (kg)
Recepción	120000		
Lavado		1200	118800
Molienda		46332	72468
Filtrado		1087.0	71381.0
Pasteurizado			71381.0
Clarificado		7138.1	64242.9
Fermentado			64242.9
Destilado		55891.4	8351.5
Envasado			8351.5

Anexo 3: ICONOGRAFÍA



Figura 25. *Residuo de cáscara de plátano.*



Figura 24*. Residuo de cáscara de yuca.*



Figura 27. *Almacén de cáscara de arroz.*



Figura 26. *Residuo de cáscara de arroz..*



Figura 28. *Residuo de bagazo de caña.*



Figura 29. *Caña de azúcar.*



Figura 31. *Soluciones para la deslignificación.*



Figura 30. *Aparato Soxhlet para la extracción de impurezas.*



Figura 32. *Disolución de hidróxido de sodio a la muestra.*



Figura 33*. Disolución de ácido acético a la muestra.*



Figura 35. *Muestra colocada a baño maría.*



Figura 34. *Pesado de las muestras agroindustriales.*