

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD APLICADO A UNA PLANTA DE
BIOREFINACIÓN POR CONVERSIÓN HIDROTERMAL HTC DE LA BIOMASA
RESIDUAL DE LA PAPA, PARA LA OBTENCIÓN DE BIOPRODUCTOS**

JOHN EDER MEDINA REYES

**Trabajo de grado para optar por el título de Maestría en Ingeniería
Ambiental.**

**Director
MARÍA DEL PILAR TRIVIÑO RESTREPO
MSc. en Materiales**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE PORGRADOS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
TUNJA
2019**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado a mi madre Irma quien ha sido el ejemplo a seguir por su tenacidad, paciencia, amor infinito y esfuerzo incansable por asegurar un futuro digno para su familia. A mi hermano Leonardo por ser mi apoyo y ejemplo de disciplina para lograr las metas propuestas. A la memoria de mí amado padre Pablo quien luchó en vida para hacer que su familia nunca pasara necesidades y a la vez fue quien me impulsó a iniciar mi formación académica

A Johanna mi compañera de vida, quien ha sido mi inspiración y mi apoyo constante en estos últimos años.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a la Ingeniera María del Pilar Triviño Restrepo, directora del trabajo de grado quien con su orientación y apoyo me motivo a emprender este esfuerzo y lograr este sueño.

También agradezco a mis amigos Lina, Mabel y Camilo quienes de una forma u otra ayudaron al logro de esta meta.

CONTENIDO

1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	17
2.	JUSTIFICACIÓN	19
3.	OBJETIVOS	22
3.1	GENERAL	22
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4.	MARCO REFERENCIAL	23
4.1	MARCO TEORICO	23
4.1.1	Biomasa.	23
4.1.2	Estructura química de la biomasa.	25
4.1.2.1	Hemicelulosa.	25
4.1.2.2	Celulosa.	26
4.1.2.3	Lignina.	27
4.1.3	Papa (Solanum tuberosum).	29
4.1.4.	Biorrefinería.	31
4.1.4.1	Tipos de biorrefinerías.	33
4.1.5	Conversión hidrotermal.	33
4.1.6	Carbonización hidrotermal (HTC).	35
4.1.7	Biochar	36
4.1.8	Licuefacción hidrotermal (HTL).	37
4.1.9	Gasificación Hidrotermal.	37
4.1.10	Mecanismo de reacción.	38
4.1.11	Factibilidad.	39
4.1.12	Estudio de Factibilidad.	39
4.1.12.1	Definición de Objetivos de un Proyecto de factibilidad.	39
4.1.13	Bioeconomía-Economía Circular.	41
4.2.2	Biorrefinerías en Latinoamérica.	44
5	DISEÑO METODOLÓGICO	47

5.1 ENFOQUE INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA.....	47
5.2.2 Forma de realización de la encuesta.....	48
5.2.3 Parámetros de validación.:.....	48
5.2.4 Metodología para la aplicación de la encuesta. a 62 productores.....	50
5.2.5 Análisis estadístico para grandes productores.....	50
5.3 UBICACIÓN ÓPTIMA DE LA PLANTA.HTC	51
5.3.1 Objetivo específico:	51
5.3.1.1 Importancia de la localización de una planta	52
5.3.1.2 Factores de localización	52
5.3.1.3 Usos de suelos según POT de la ciudad de Tunja.	54
5.3.2 Metodología para definir la ubicación optima de la planta HTC.....	54
5.4. ANALISIS DE FACTIBILIDAD	55
5.4.1 Factibilidad ambiental.	55
5.4.1.1 Emisiones de atmosféricas.....	55
5.4.1.2 Uso del agua.....	56
5.4.1.3 Residuos.....	57
5.4.2 Factibilidad técnica.....	57
5.4.2.1 Ámbito legal	57
5.4.2.1.1 Emisiones atmosféricas, vertimientos y uso de agua.....	57
5.4.2.1.1.1 Permisos requeridos por CorpoBoyacá.....	58
5.4.2.1.2 Cambio climático.....	59
5.4.2.1.3 Beneficios tributarios a la producción de biocombustibles.....	59
5.4.2.1.4 Leyes y decretos según actividad económica.....	59
5.4.2.2 Equipos.....	61
5.4.2.2.1 Lavadora de papa.....	61
5.4.2.2.2 Trituradora de papa	62
5.4.2.2.3 Planta de carbonización hidrotermal HTC.. ..	63
5.4.3 Factibilidad económica.....	68
5.4.3.1 Estudio de mercado biochar.....	68
5.4.3.1.1 Uso agrícola	68
5.4.3.1.2 Como combustible para generación eléctrica.....	70
5.4.3.1.3 Como combustible para generación de calor a nivel doméstico.	74

6-RESULTADOS	79
6.1. Resultados de la encuesta	79
6.1.1 Resultados de la encuesta para muestra de 62 productores ... ¡Error! Marcador no definido.	
6.1.2 Resultados de la encuesta para muestra de 8 grandes productores	133
6.1.3 Datos más relevantes de la investigación descriptiva:..... ¡Error! Marcador no definido.	
6.2 UBUCACION DE LA PLANTA HTC	82
6.2.1 Factores que determinaron la ubicación	82
6.2.1.1 Disponibilidad de materia prima	83
6.2.1.2 Zona de estudio dentro de la provincia centro del departamento de Boyacá	83
6.2.1.3 Formaciones geológicas en la zona de estudio.....	84
6.2.1.4 Disponibilidad de agua (acuíferos)	86
6.2.1.5 Pendientes de inclinación en la zona de estudio	87
6.2.1.6 Vías presentes en la zona de estudio.....	88
6.2.1.7 Zonas de drenaje o presencia de corrientes de agua	89
6.2.1.8 Zonas de drenaje.....	90
6.2.1.9 Zona de páramo	91
6.2.1.10 Áreas óptimas para la ubicación de la planta en la zona de estudio.....	92
6.2.1.11 Zona definida	93
6.3 RESULTADOS PLAN DE VIBILIDAD	94
6.3.1 Inversión inicial del proyecto Inversión inicial y proyección de inversión a 5 años para la planta HTC.....	94
6.3.2 Financiación inicial del proyecto	95
6.3.3 Gastos operativos	96
6.3.4 Ventas, costos de venta y ganancias en 2 escenarios	98
6.3.4.1 Escenario 1	98
6.3.4.2 Escenario 2	100
6.3.5 Valor Actual Neto (VAN) Y Tasa Interna de Retorno (TIR)	102
6.3.5 1 Calculo del VAN, TIR y periodo de recuperación de inversión, para los 2 escenarios de producción en la planta HTC	103
6.3.5 1.1TIR Y VAN en los 2 escenarios.	103
6.3.5.1.2 Periodo de recuperación de la inversión en los 2 escenarios	104

7 CONCLUSIONES.....	105
Bibliografía.....	108
ANEXOS.....	116

LISTA DE TABLA

TABLA 1. CONTENIDO DE MATERIA SECA TOTAL Y ALMIDÓN EN ALGUNAS VARIEDADES DE PAPA.....	30
TABLA 2. ANÁLISIS QUÍMICO DE LA PAPA.....	30
TABLA 3. CARACTERIZACIÓN DE AGENTE GASIFICANTES.	38
TABLA 4: NIVELES DE CONFIANZA MUESTRA 62 PRODUCTORES	49
TABLA 5. PRODUCCIÓN Y VENTAS DE FERTILIZANTES Y ACONDICIONADORES DE SUELOS POR TIPO DE CONTROL AÑO 2016.....	69
TABLA 6. IMPORTACIÓN DE FERTILIZANTES Y ACONDICIONADORES DE SUELOS AÑO 2016 POR TIPO DE CONTROL.....	70
TABLA 7: DEMANDA HISTÓRICA DE CARBÓN TÉRMICO EN EL MUNDO, 2008-2017, (MT), EN ESTA TABLA SE OBSERVA LA CRECIENTE NECESIDAD DE CARBÓN EN EL PLANETA Y A SU VEZ SE OBSERVAN LAS CANTIDADES EN MILLONES DE TONELADAS DE CARBÓN TÉRMICO A SER REPLAZADO POR EL BIOCHAR.....	71
TABLA 8. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE CARBÓN TÉRMICO EN EL PLANETA, 2018-2035, (MT)	72
TABLA 9. CÁLCULO DE LA TIR PARA LOS 2 ESCENARIOS DE ESTUDIO.....	103
TABLA 10 PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN EN LOS 2 ESCENARIOS	104

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. GENERACIÓN DE LA BIOMASA.....	23
FIGURA 2. ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA MOLÉCULA DE HEMICELULOSA.....	25
FIGURA 3. ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA MOLÉCULA DE CELULOSA.....	27
FIGURA 4. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA MOLÉCULA DE LIGNINA.....	28
FIGURA 5. TIPOS DE PIROLISIS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE RESIDENCIA, LA VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO Y LOS PRODUCTOS OBTENIDOS DE INTERÉS EN CADA UNA DE ELLOS.....	35
FIGURA 6 BALANCE DE EMISIONES DE CO ₂ EN COLOMBIA ASOCIADAS AL CONSUMO DE ENERGÍA Y DIVIDIDOS POR TIPO DE COMBUSTIBLE Y POR SECTOR.....	55
FIGURA 7 LAVADORA DE PAPA 30 BULTOS/HORA, MARCA INGEMAQ.....	62
FIGURA 8 :TRITURADORA DE PAPA INDUSTRIAL.....	63
FIGURA 9 :DESCRIPCIÓN DE PROCESOS PLANTA HTC INGELIA.....	65
FIGURA 10: PRECIOS REFERENCIA EN ALGUNOS PAÍSES EUROPEOS PARA LOS PERÍODOS INVIERNO.....	72
FIGURA 11. DEMANDA ENERGÉTICA Y PRODUCCIÓN DE CO ₂ EN COLOMBIA 2050.....	73
FIGURA 12: ESQUEMA QUE MUESTRA EL PELLET DE BIOCHAR.....	75
FIGURA 13: VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE PELLETS DE MADERA EN LOS PRINCIPALES PAÍSES DE LA INDUSTRIA DEL PELLET EN EUROPA.....	76
FIGURA 14: TIPOS DE PRODUCTORES.....	79
FIGURA 15: PERIODICIDAD DE LA SIEMBRA DE PAPA.....	80

FIGURA 16: PERDIDAS EN EL CULTIVO.	81
FIGURA 17: PRECIO DE VENTA DE LA CARGA DE PAPA SEGÚN EL TIPO DE PRODUCTOR.....	81
FIGURA 18: TONELADAS DE BIOMASA SEGÚN EL TIPO DE PRODUCTOR.....	82
FIGURA 19: PROVINCIA CENTRO COMO MAYOR PRODUCTOR DE PAPA EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.....	83
FIGURA 20. ZONA DE ESTUDIO (ESCALA 1:35.000)	84
FIGURA 21. FORMACIONES GEOLÓGICAS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO. (ESCALA 1:35.000)	85
FIGURA 22. FORMACIONES GEOLÓGICAS CON PRESENCIA DE ACUÍFEROS. (ESCALA 1:35.000)	86
FIGURA 23: INCLINACIONES PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO. (ESCALA 1:35.000)	87
FIGURA 24. VÍAS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO. (ESCALA 1:35.000)	88
FIGURA 25. RÍOS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO. (ESCALA 1:35.000).....	89
FIGURA 26: ZONAS DE DRENAJE. (ESCALA 1:35.000)	90
FIGURA 27 ÁREAS DE PÁRAMO DENTRO DE LA ZONA DE ESTUDIO. (ESCALA 1:35.000)	91
FIGURA 28 : ZONAS OPTIMAS IDENTIFICADAS. (ESCALA 1:35.000)	92
FIGURA 29: UBICACIÓN DEFINIDA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA HTC. (ESCALA 1:5.000)	93
FIGURA 30: INVERSIÓN INICIAL Y PROYECCIÓN DE INVERSIÓN A 5 AÑOS	95
FIGURA 31: FINANCIACIÓN DEL PROYECTO CON PROYECCIÓN A 5 AÑOS.....	96
FIGURA 32: VALORES Y PROPORCIONES DE FINANCIACIÓN DEL PROYECTO	96

FIGURA 33: GASTOS DE OPERACIÓN ANUALES.....	97
FIGURA 34: ESTRUCTURA DEL GASTO.	98
FIGURA 35: VENTAS Y COSTE DE VENTA ESCENARIO 1	99
FIGURA 36: ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS ESCENARIO 1	99
FIGURA 37: VALORES NETOS (PERDIDAS VS GANANCIA) ESCENARIO 1	100
FIGURA 38 : VENTAS Y COSTE DE VENTA ESCENARIO 2	101
FIGURA 39 : ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS ESCENARIO 2	101
FIGURA 40 : VALORES NETOS (PERDIDAS VS GANANCIA) ESCENARIO 2.....	102
FIGURA 41: FORMULA DEL VAN.....	102
FIGURA 42: FORMULA DE LA TIR.....	103

Lista de anexos.

ANEXO A. Modelo de encuesta.....	109
ANEXO B Proyección de gastos de personal mensuales.....	112
ANEXO C Formulario de solicitud de Concesión de Aguas (FGP-88).....	126
ANEXO D Formulario FGP-86 Información de Proyecto Industrial.....	128
ANEXO F- Formato licencia de construcción.....	131
ANEXO G- Mapa uso de suelos Tunja.....	133

RESUMEN

Las necesidades recientes de independencia energética y el cambio climático fomentan el desarrollo y la utilización de energías renovables como la bioenergía. Los biocombustibles en forma sólida, líquida y gaseosa se han investigado, producido y utilizado de manera intensiva en la última década, siendo la biomasa una de las principales opciones en estado sólido y especialmente las producidas a partir del uso directo de productos primarios o de su industrialización, las cuales no son de utilidad para el proceso que los generó, pero si son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar productos de origen biológico.

De otro lado, en el ámbito local, la producción de papa (Tubérculo) hace parte de los tres (3) principales procesos agroindustriales más importantes del departamento de Boyacá, al lado de se genera unas de las mayores fuentes de residuos agroindustriales, proveyendo la materia prima para la transformación de este residuo que se puede realizar a través de un proceso de biorefinación como la conversión tipo carbonización hidrotermal (HTC) y la licuefacción hidrotermal (HTL), cuyos productos pueden cambiar si adicionalmente se emplean catalizadores ácidos y básicos.

Es en este contexto, el presente proyecto plantea la realización de un estudio de factibilidad sobre el uso de la conversión hidrotermal de la biomasa residual proveniente de la producción de tubérculos como la papa para que a través de su transformación y procesamiento se evalúen las características de los productos resultantes que fomenten el desarrollo de procesos innovadores para la generación de valor agregado y transformaciones en las cadena de Valor de procesos productivos papa del departamento de Boyacá, por medio de generación de una economía circular que reutilice la biomasa residual de papa generada en la región.

La investigación abarca los ámbitos más importantes de un estudio de factibilidad como lo pueden ser los aspectos técnico, económico y ambiental con el fin de determinar la pertinencia del uso de la conversión hidrotermal en la transformación de la biomasa tratada, para lograr resultados que permitan visualizar la creación de ecosistemas científicos para incrementar la competitividad regional, generando alianzas estratégicas entre universidades y empresas productoras del departamento de Boyacá.

En primer lugar, se describe la el método para determinar los resultados que permiten obtener información sobre la materia prima (biomasa residual de la

papa), esta información fue recopilada por medio de la aplicación de encuestas que fueron diseñadas con preguntas sobre producción del tubérculo y generación de biomasa residual del mismo, en segundo lugar se recopiló información geográfica que permitió definir una zona de estudio en la cual fuese factible ubicar la planta a mediano plazo y por último se usó la información recopilada en las etapas anteriores para determinar niveles de producción y comercialización y así determinar la factibilidad económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual de papa.

Como segunda etapa se analizaron por medio del sistema de información geográfica denominado ArcGis factores como zonas de mayor de producción de papa, inclinación del terreno, presencia de acuíferos, cercanía a ríos y vías de acceso, zonas lejanas de paramos y acceso a servicios públicos; dentro de estos factores se usaron parámetros como inclinación no mayores al 7%, distancia mínima de ríos de 30 metros, distancia no mayor a 150 metros de la vía más cercana y zonas con presencia de acuíferos en el subsuelo; como resultado del estudio de estos factores se ubicó una zona con área aproximada de una hectárea y ubicada en la zona rural al sur de la ciudad de Tunja como se muestra en la figura 15.

Como tercera y última etapa del estudio se simuló la hipotética construcción y puesta en marcha de una planta de carbonización hidrotermal de biomasa residual de papa, en la simulación se calcularon datos como la inversión inicial, financiación, gastos operativos, ventas, coste de ventas y estado de pérdidas y ganancias, en dicho análisis se simuló 2 escenarios, uno con la disponibilidad mínima de materia prima con la que se puede poner en marcha la planta HTC y otro con la transformación de 2100ton/año, utilizando los flujos de caja arrojados por las simulaciones se determinaron valores de la TIR en 62% escenario 1 y 22% escenario 2 y periodos de recuperación de inversión de para los escenarios de 1,27 años y 3,04 años para los escenarios 1 y 2 respectivamente. Estas tres etapas del estudio permiten concluir que se considera factible la construcción y puesta en marcha de la planta HTC en la provincia centro del departamento de Boyacá.

Palabras Clave: Biomasa, conversión, hidrotermal, biocombustible, biocarbón, factibilidad.

INTRODUCCION

En la actualidad, existe una creciente preocupación por el agotamiento de los recursos naturales y energéticos, en especial los asociados a los combustibles fósiles. En lo concerniente a esta problemática global, es requerido el desarrollo e investigación en temas asociados a la innovación en los procesos agroindustriales que permitan la valorización de manera eficiente de recursos asociados a las biomásas.

La industria de los biocombustibles, ha utilizado las biomásas principalmente para la producción de biocombustibles con el objetivo de reemplazar de forma parcial los combustibles fósiles altamente contaminantes. En las últimas décadas, el uso de la biomasa para la producción de un espectro más amplio de productos de valor agregado además de biocombustibles, como biomateriales, productos químicos finos, biopolímeros, etc., ha presentado nuevas oportunidades no solo para mejorar los aspectos ambientales de la industria de biocombustibles, sino también para mejorar los aspectos económicos de la producción de biocombustibles ¹.

Entorno a estos esfuerzos que se vienen haciendo en recientes años para reemplazar el uso de combustibles fósiles, ha surgido un nuevo concepto denominado bioeconomía la cual se puede definir como el tipo de economía que utiliza recursos biológicos naturales renovables, tanto de la tierra como del océano, para obtener energía, pero también alimentos y materiales de manera sostenible sin comprometer su disponibilidad para las generaciones futuras².

Los cultivos, la pesca, la silvicultura, los microorganismos, las algas y los animales, así como los desechos o residuos generados por ellos, se incluyen en la categoría de “recursos biológicos renovables”, estos últimos consideran los residuos agrícolas, ganaderos, forestales y los residuos sólidos urbanos, los cuales se convierten en insumos para la producción de alimentos, piensos, bioproductos industriales y energía. Extendiendo el concepto desde un punto de vista económico, en contraste con la economía lineal surge la Bioeconomía que puede describirse como aquellas actividades económicas relacionadas con la invención, el desarrollo, la producción y el uso de productos y procesos biológicos.

¹ BUDZIANOWSKI, Wojciech M. High-value low-volume bioproducts coupled to bioenergies with potential to enhance business development of sustainable biorefinerie. En: Renewable and Sustainable Energy Reviews. April 2017. Vol. 70. p. 793.

² OCDE. La bioeconomía a 2030: Designing a Policy Agenda. Principales conclusiones y conclusiones de la política. En: Proyecto Internacional de Futuros de la OCDE” ; 2009.

Con base en estos conceptos de bioeconomía y considerando que en el departamento de Boyacá existe una problemática a nivel ambiental a raíz de la contaminación que se genera en los suelos y fuentes de agua por los residuos producto del cultivo y la transformación de la papa, al mismo tiempo existe la oportunidad de utilizar estos residuos para generar un valor agregado en la cadena de producción de la papa, esto a través de la generación de nuevos bioproductos por medio de la aplicación del métodos de biorefinación como la conversión hidrotermal.

Este método de transformación y aprovechamiento de la biomasa residual derivada de la papa, no se ha aplicado en el departamento, lo cual hace necesario un análisis de factibilidad que permita determinar la pertinencia y futuro de la aplicación del método de hidrotermal, para generar bioproductos o bioenergías que le den valor económico agregado al cultivo de un tubérculo nativo como la papa en el departamento de Boyacá³.

En consecuencia la investigación determinó la factibilidad desde el punto de vista económico, técnico y ambiental para la aplicación del método de biorefinación por medio de la hidropirólisis, con el fin de obtener bioproductos o bioenergías que le den valor agregado al cultivo de la papa en el departamento de Boyacá.

En resumen, el trabajo de investigación cuenta con seis capítulos o etapas referentes a la factibilidad desde el punto de vista económico, técnico y ambiental la aplicación del método de biorefinación por medio de la conversión hidrotermal, para obtener bioproductos o bioenergías que le den valor agregado al cultivo de la papa en el departamento de Boyacá.

En primer lugar, se describe el método para determinar los resultados que permiten obtener información sobre la materia prima (biomasa residual de la papa), la cual fue recopilada por medio de la aplicación de encuestas que fueron diseñadas con preguntas sobre producción del tubérculo y generación de biomasa residual del mismo, en segundo lugar se recopiló información geográfica que permitió definir una zona de estudio en la cual fuese factible ubicar la planta a mediano plazo y por último se usó la información recopilada en las etapas anteriores para determinar niveles de producción y comercialización y así

³ Reporte: Participación Departamental en la Producción y en el Área Cosechada. [En línea]. Agronet. Ministerio de Agricultura, 2019. [Citado el 25 de agosto de 2019] Disponible:<<https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=2>>

determinar la factibilidad económica de la instalación de una planta de transformación de biomasa residual de papa.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad, existe una creciente preocupación por el agotamiento de los recursos naturales y energéticos, en especial los asociados a los combustibles fósiles. En lo concerniente a esta problemática global, es requerido el desarrollo e investigación en temas asociados a la innovación en los procesos agroindustriales que permitan la valorización de manera eficiente de recursos asociados a las biomasas.

La industria de los biocombustibles, ha utilizado las biomasas principalmente para la producción de biocombustibles con el objetivo de reemplazar de forma parcial los combustibles fósiles altamente contaminantes. En las últimas décadas, el uso de la biomasa para la producción de un espectro más amplio de productos de valor agregado además de biocombustibles, como biomateriales, productos químicos finos, biopolímeros, etc., ha presentado nuevas oportunidades no sólo para mejorar los aspectos ambientales de la industria bioenergética, sino también para mejorar los aspectos económicos de la producción de biocombustibles⁴.

En el departamento de Boyacá se calcula una generación de residuos de papa de un 12,6% lo cual genera una problemática a nivel ambiental y económico a partir de la contaminación que generan en los suelos y fuentes de agua los residuos que genera el cultivo y la transformación de la papa y a su vez la pérdida económica que se presenta para los cultivadores del tubérculo debido a la fracción de la producción que no es comercializado a precios rentables o simplemente no se comercializan debido a sus pobres características físicas.

En el marco de esta problemática surge una oportunidad de generar un nuevo modelo económico entorno a esta actividad en el departamento, este modelo se denomina “economía circular” o “CE” por sus siglas en inglés y difiere de la conceptualización tradicional de economía la cual se define por su carácter lineal: “tomar, hacer y disponer”, Como resultado, la economía actual se concibe como básicamente extractiva. Sin embargo, la CE se basa en el "cierre del ciclo" fundamental que implica la recolección de desechos de los diferentes procesos, el

⁴ BUDZIANOWSKI. Op. cit., p.794.

reciclaje y su uso para crear nuevos productos. Las estrategias de CE para cerrar el ciclo están relacionadas con la reutilización, la re manufactura y el reciclaje⁵.

Teniendo en cuenta el concepto de CE existe la oportunidad de utilizar estos residuos para generar un valor agregado dentro de la cadena de producción de la papa, esto por medio de la generación de bioproductos por medio de la aplicación del método de biorefinación como la conversión hidrotermal.

Este método de transformación y aprovechamiento de la biomasa derivada de la papa, no se ha aplicado en el departamento, lo cual hace necesario un análisis de factibilidad que permita determinar la pertinencia y futuro de la aplicación del método de la conversión hidrotermal, que permita generar bioproductos o bioenergías que le den valor económico agregado al cultivo de un tubérculo nativo como la papa en el departamento de Boyacá.

En consecuencia, se plantea una pregunta de investigación ¿Es factible construir una planta de carbonización hidrotermal de biomasa residual derivada de la papa para obtener bioproductos o bioenergías en el departamento de Boyacá?

De esta manera la investigación busca determinar si es factible o no desde el punto de vista económico, ambiental y técnico la aplicación del método de biorefinación por medio de la conversión hidrotermal, para obtener bioproductos o bioenergías que le den valor agregado al cultivo de la papa en el departamento de Boyacá.

⁵The Role of Bioenergy in the Bioeconomy. Chapter One-Nexus Bioenergy–Bioeconomy. [En línea]. LAGO, Carmen; HERRERA, Israel, *et al.* 2019. [25 de agosto de 2019]. Disponible: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813056-8.00001-7>>

2. JUSTIFICACIÓN

Las dinámicas de la globalización, han construido un planeta cada vez más interdependiente y más afectado por los daños en el medio ambiente. El problema del cambio climático, es un asunto que le compete a todos los habitantes y que se encuentra en la agenda de la mayoría de los gobiernos aunque un poco rezagado en nuestro país. Para disminuir la degradación sobre medio ambiente y los efectos en el calentamiento global, se requiere voluntad política, con fin de desarrollar mejores hábitos en las actividades domésticas e industriales. Sin embargo, a pesar de que la contaminación con la generación de residuos y las emisiones de CO₂ tiene repercusiones sobre todo el planeta, no todos los gobiernos asumen con la misma responsabilidad a la hora de mitigar estos daños. Aunque en el planeta no existe aún un sistema o un órgano internacional capaz de imponerse sobre las políticas económicas y los intereses nacionales de los países, en materia ambiental, ésta sería vital para alcanzar el desarrollo sostenible global.

De manera que, debido a la necesidad mundial de regular el manejo de los residuos y en razón a que tiene una estrecha relación con una de las principales causas de generación de los gases de efecto invernadero (GEI), ahora surge un modelo de Economía circular (EC) que recoge elementos del desarrollo sostenible internacional y es una iniciativa pionera a nivel mundial, que pretende imponer un nuevo modelo económico y hacer una transición paulatina en todos los países. Si bien, el enfoque de la EC basado en la transformación de la biomasa representa un reto para su implementación a nivel local, presenta también oportunidades para repensar modelos actuales económicos regionales que siguen destruyendo el ecosistema.

Esta oportunidad de negocio no ha sido ampliamente desarrollada en Colombia, y en particular el departamento de Boyacá, y en específico la valorización de las biomásas, tanto primarias como residuales, en la producción de biomateriales y compuestos químicos plataforma. El uso integral de biomásas para la producción de estos compuestos químicos con valor agregado, es conocido como concepto de biorrefinería.

La industria de los biocombustibles, ha utilizado las biomásas principalmente para la producción de biocombustibles con la idea de reemplazar parcial o completamente los combustibles fósiles contaminantes. En las últimas décadas, el uso integral de la biomasa para la producción de un espectro más amplio de productos de valor agregado además de biocombustibles, como biomateriales, productos químicos finos, biopolímeros, etc., ha presentado nuevas oportunidades no sólo para mejorar los aspectos ambientales de la industria de biocombustibles,

sino también para mejorar las perspectivas económicas de la producción de biocombustibles⁶.

En el marco de esta problemática mundial y llevándola a un ámbito más local, es requerido el desarrollo e investigación en temas asociados a la innovación en los procesos agroindustriales que permitan la valorización de manera eficiente de recursos asociados a las biomásas. En el año 2016 se evidencia que la mayor participación del departamento de Boyacá en la producción de cultivos transitorios dentro del departamento estuvo asociada a un tubérculo como la papa, aportando un 47,39% correspondiente 722280,89 Ton, lo que evidencia la importancia que tiene en la actualidad el cultivo de la papa dentro de la producción agroindustrial del departamento⁷.

Atendiendo a este panorama en la actualidad se requiere de enfoques múltiples para maximizar la valorización de la biomasa. En consecuencia, se necesita desarrollar procesos de co-generación de bio-productos de menor volumen, pero mayor valor comercial y productos con potencial de bioenergías, para mejorar la viabilidad económica de las biorrefinerías y la utilización de los recursos de biomásas residuales.

Según el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, por sus siglas del inglés "National Renewable Energy Laboratory"): "Una biorrefinería es una instalación que integra procesos de conversión de biomasa y equipos para producir combustibles, energía y productos químicos (orgánicos) de biomasa". Esta biorrefinería comprende procesos biológicos o termoquímicos. Dentro de los principales procesos termoquímicos se encuentran la combustión, gasificación, torrefacción y la que compete a esta investigación denominada conversión hidrotermal⁸.

En el proceso la biomasa residual se somete a calentamiento entre temperaturas de 180 a 300°C en una atmósfera inerte. Estos procesos son ejecutados en presencia de agua líquida en estado sub-crítico como el de este caso a investigar, a menudo se llama hidropirólisis y dependiendo de las condiciones de presión y temperatura se habla de carbonización hidrotermal (HTC, por sus siglas del inglés

⁶ LIBRA, Judy, et al. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: A comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. En: Biofuels. January 2011. vol.2. n. 1. p.71-106.

⁷ Reporte: Participación Departamental en la Producción y en el Área Cosechada. [En línea]. Agronet. Ministerio de Agricultura, 2019. [Citado el 25 de agosto de 2019] Disponible:<
<https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=2>>

⁸SACRAMENTO-RIVERO, J.C., et al. Diagnóstico del desarrollo de biorrefinerías en México. En: Revista Mexicana de Ingeniería Química. Septiembre de 2010. vol.9. n.3.p. 261.

“*Hydrothermal Carbonization*”) y licuefacción hidrotermal (HTL, *Hydrothermal liquefaction*).

CHEN, et al.,⁹ estudiaron el efecto de los parámetros del proceso en la carbonización hidrotérmica (HTC) de los residuos de papas, incluida la temperatura de reacción (180-300 °C) y el tiempo de residencia (0-120 min) en las características del biocarbón o hidrocarbón. Los resultados mostraron que el aumento de la temperatura de reacción y el tiempo de residencia disminuyeron el rendimiento del biocarbón, sus contenidos de hidrógeno y oxígeno; pero se incrementó el contenido de carbono. Los experimentos termo gravimétricos mostraron la tendencia al aumento en la temperatura de ignición por combustión, la temperatura de agotamiento y la energía de activación a medida que aumentaban la temperatura de reacción y el tiempo, lo que mostró mejores características de combustión.

CHEN, et al.,¹⁰ también evaluaron la recirculación de la fase acuosa en la carbonización hidrotérmica de los residuos de papas a 220°C durante 60 min; los cuales reportaron que la reutilización de la fase acuosa aumentó significativamente el rendimiento del hidrocarbón. Las relaciones H/C y O/C inferiores indicaron que se promovió la reacción de descarboxilación. Por lo tanto, el contenido de carbono y el poder calorífico superior se mejoraron. Adicionalmente, los hidro-carbones obtenidos del paso de recirculación tienen menores emisiones de NO_x o SO₂ que los de referencia¹¹.

Estos bioproductos como el biocarbón, el biodiesel y los bioaceites provenientes del proceso de la carbonización hidrotérmica de la biomasa de la papa, son un claro ejemplo de lo que previamente se denominó economía circular, y a su vez justifican y le dan sustento a la base de la actual investigación la cual busca determinar la factibilidad de la creación de una planta de transformación de biomasa residual de la papa en el departamento de Boyacá, ya que la creación de la misma romperían el modelo económico lineal que representa la producción de papa para remplazarlo por un modelo circular que permita la reutilización del residuo de la papa y su posterior transformación para generar valor agregado al proceso general de producción de papa en la región.

⁹CHEN, Xinfei; *et al.* Effects of aqueous phase recirculation in hydrothermal carbonization of sweet potato waste. *En*: Bioresource Technology. November 2018. vol. 267. p. 167.

¹⁰CHEN, Xinfei, *et al.* Conversion of sweet potato waste to solid fuel via hydrothermal carbonization. *En*: Bioresource Technology. February 2018. vol. 249. p. 900.

¹¹CHEN, Xinfei; *et al.* Effects of aqueous phase recirculation in hydrothermal carbonization of sweet potato waste. *Op, cit.*, p.170.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Desarrollar un estudio de factibilidad ambiental, técnica y económica para una planta de conversión hidrotermal que permita la transformación de la biomasa residual de la papa para la generación de productos de valor agregado con base biológica o química.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el porcentaje de biomasa residual de la papa presente en la zona geográfica de estudio aprovechable para la implementación del proyecto.
- Determinar los escenarios en los que se establezca la cantidad mínima y máxima de biomasa residual para que sea factible la operación de la planta de transformación por conversión hidrotermal.
- Establecer la ubicación geográfica óptima de la planta, teniendo en cuenta factores como acceso, niveles de producción y transporte de la biomasa residual de la papa.
- Determinar las implicaciones a nivel económico que puede tener el aspecto del pre-tratamiento de la biomasa residual de la papa.

4. MARCO REFERENCIAL

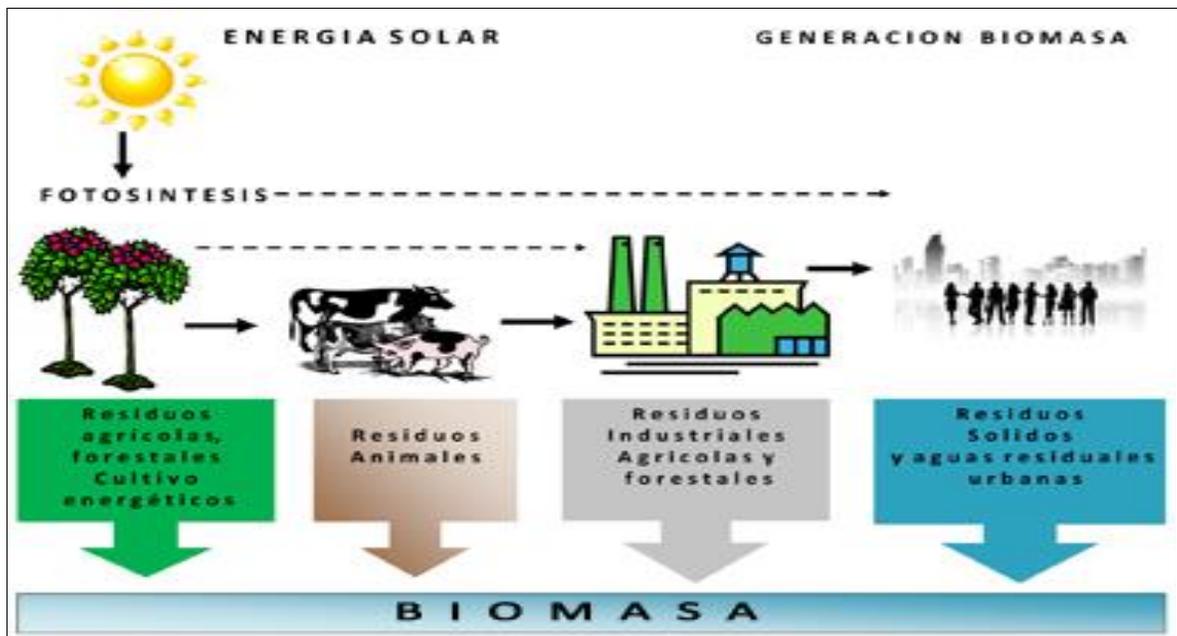
4.1 MARCO TEORICO

4.1.1 Biomasa. La biomasa es conocida como un conjunto heterogéneo de materia orgánica que puede estar constituida tanto por una vía biológica como también por sus derivados. Es por ello que se puede considerar como biomasa a las aguas residuales, fracciones orgánicas biodegradables y residuos sólidos urbanos. Se pueden encontrar residuos orgánicos en diferentes actividades como lo son actividades industriales, forestales y urbanas; estos materiales lignocelulósicos son renovables por lo cual no son costosos y además son amigables con el medio ambiente a diferencia de los combustibles convencionales¹².

Pero la realidad de la biomasa es más profunda, se habla de un vector energético que, a corto plazo, puede ser básico en nuestra sociedad, tanto desde el punto de vista energético y ambiental, como para el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales.

Figura 1. Generación de la biomasa.

¹² M.ANDERSON MJA-JSLMCRT-RG. Pyrolytic sources of hydrocarbons from biomass. *En: J Anal Appl Pyrolysis*. 1985:April 1985, p. 291-303.



Fuente: Ciclo de generación de biomasa, [en línea] OPEXenergy Operación y Mantenimiento S.L.[citado el 17 de agosto de 2019]. Disponible. <http://opex-energy.com/biomasa/>

La biomasa se puede clasificar en plantas en:

- Plantas leñosas, con un contenido de humedad bajo.
- Plantas herbáceas o gramíneas, con un alto y bajo contenido de agua.
- Plantas acuáticas, con elevado contenido de humedad.
- Abonos caracterizados por tener un contenido elevado de agua.

En cuanto al origen de la biomasa, se puede clasificar en dos tipos.

- Plantas leñosas que tienen un contenido de humedad bajo
- Plantas herbáceas o gramíneas con alto y bajo contenido de agua respectivamente.
- Plantas acuáticas con elevado contenido de humedad
- Abonos que se caracterizados por tener un contenido elevado de agua.

En cuanto al origen de la biomasa, se puede clasificar en dos tipos:

- Cultivos dedicados a fines energéticos como los cultivos forestales de rotación corta, pastos y cultivos de plantas herbáceas o gramíneas. Los combustibles

obtenidos a partir de cultivos son conocidos como **“combustibles de primera generación”**.

- Residuos, estos engloban todo tipo de residuos tanto forestales y agrarios, como los residuos industriales y los desechos orgánicos. Los combustibles derivados de biomasa residual son los denominados **“combustibles de segunda generación”**.

La biomasa residual tiene la ventaja con respecto a la biomasa obtenida de cultivos, de no interferir en la producción de alimentos y, además, puede contribuir a aumentar la rentabilidad de la agricultura en muchas zonas rurales. Actualmente, la mayoría de las plantas de generación energética se están abasteciendo de materiales que no pueden ser considerados como “residuos finales”. Esto supone un planteamiento ambiental inadecuado dado que “el CO₂ fijado en los procesos biológicos de producción agrícola y forestal debería ser devuelto a la atmósfera lo más tarde posible en la cadena productiva¹³. Por otra parte, mucha de la biomasa producida en los sistemas agrícola y forestal no es utilizada para la producción de bioenergía debido a que existen diversas dificultades técnicas en su extracción, manipulación y transporte, así como insuficiente información sobre la cantidad y calidad de estos residuos¹⁴. Por esta razón, las industrias generadoras de energía orientan su demanda exclusivamente hacia los residuos generados en la industria de primera y segunda transformación. Pero provoca la existencia de una biomasa residual producida en las explotaciones del sector primario, así como del aprovechamiento y operaciones forestales y explotaciones agrícolas que no están siendo utilizadas.

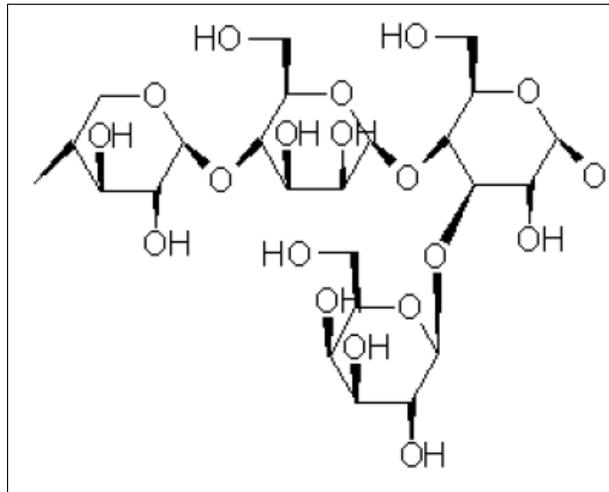
4.1.2 Estructura química de la biomasa.

4.1.2.1 Hemicelulosa. Es una cadena lineal con numerosas ramificaciones formada por varias unidades de azúcares diferentes, D-xilosa, L-arabinosa, D-glucosa, D-galactosa, D-manosa, ácido glucurónico, que se unen en diferentes proporciones y al azar en una estructura amorfa (figura 2).

Figura 2. Organización y estructura química de la molécula de hemicelulosa.

¹³ R. LAL Y R LEMU. Cultivos de bioenergía y secuestro de carbono. En: Revista crítica en ciencias las plantas. 2017; vol.: 24, p 1-21.

¹⁴ ANDERSEN, R. S., TOWER, W. y SMITH P. Assessing the potential for biomass energy to contribute to Scotland's renewable energy needs. En: Biomass and Bioenergy. 2005. p.73-82.

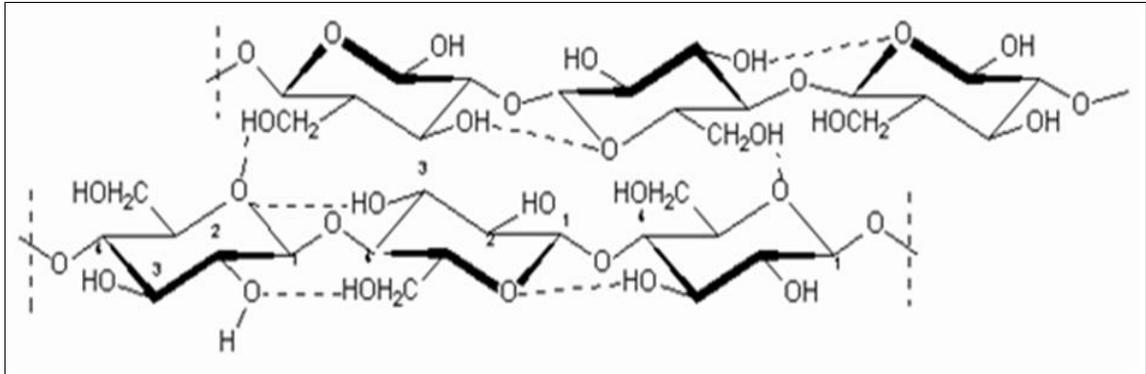


Fuente: Hemicelulosa. Ciclo de generación de biomasa, [en línea] BERSERKERBEN, L.[citado el 17 de agosto de 2019]. Disponible http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8964/CastanedaAlvarado_E%20-%20GalloVillacorta_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

4.1.2.2 Celulosa. Está constituida por estructuras cristalinas (altamente ordenadas) y amorfas (desordenadas). Entre ellas no existen fronteras bien definidas. La celulosa es un homopolisácarido lineal, sin ramificaciones, formado por hasta 15.000 unidades de B- D (+) glucosa en forma piranosónica unidas entre sí por un enlace β -1,4 (figura 3).

Las cadenas lineales se colocan de forma antiparalela y ordenada formando microfibrillas que favorecen la formación de enlaces y puentes de hidrogeno tanto extra moleculares como intermoleculares que dan una mayor rigidez y estabilidad térmica a la molécula de celulosa que a la de hemicelulosa.

Figura 3. Organización y estructura química de la molécula de celulosa.

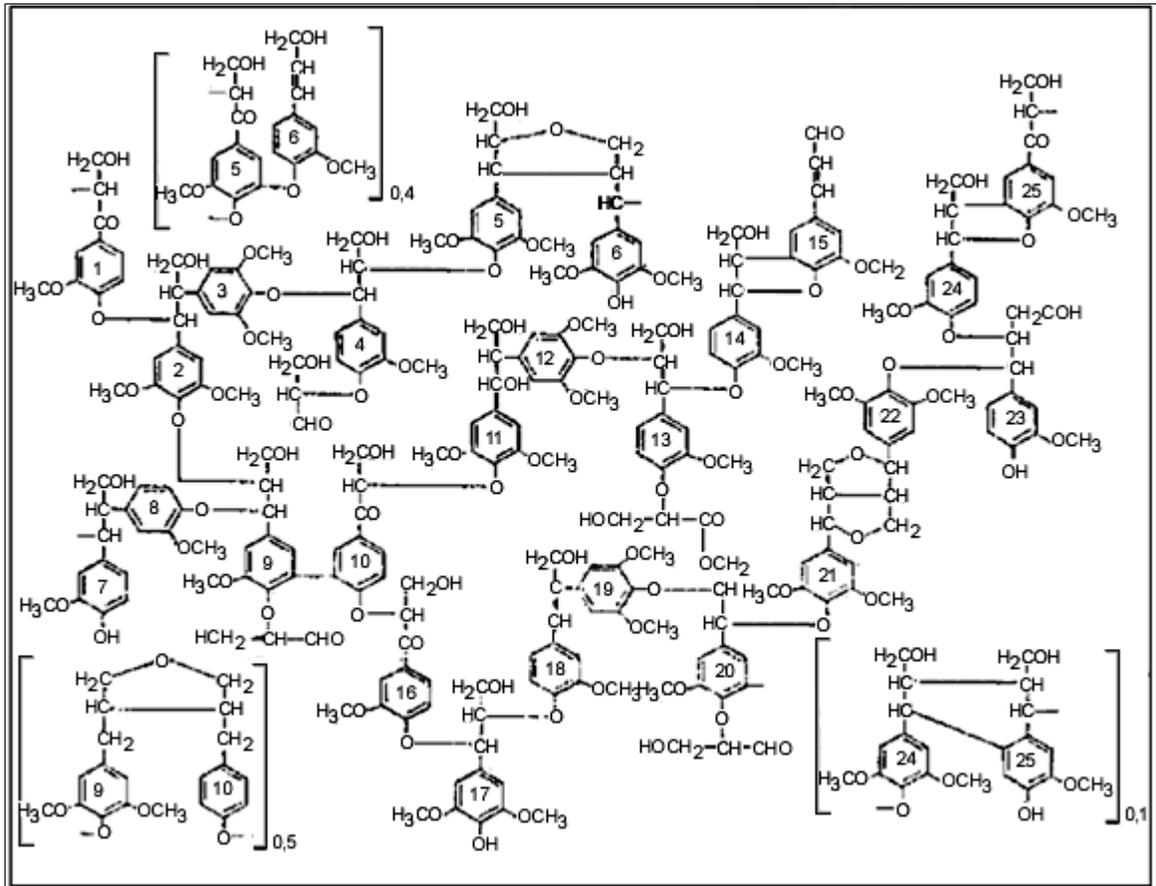


Fuente: URIEN PINEDO Andrea En: OBTENCIÓN DE BIOCARBONES Y BIOCOMBUSTIBLES MEDIANTE PIRÓLISIS DE BIOMASA RESIDUAL, 2013 P 15.

4.1.2.3 Lignina. Es una molécula polifenólica, física y químicamente heterogénea, amorfa y formada completamente por anillos aromáticos ramificados a partir de la polimerización y des hidrogenación de monómeros de fenilpropanoides, coniferílico, sinapílico y alcoholes cumarínicos. La base estructural de la lignina (figura 4) es el fenil-propano, teniendo enlazado al anillo bencénico un número variable de grupos hidroxílicos y metoxílicos formando radicales químicos bien definidos. Estos radicales libres son, en el caso de la gimnospermas, principalmente, el guaiacilpropano (metoxi-3-hidroxi-4-fenil propano) y en el caso de las angiospermas el siringol-propano (dimetoxi-3,5-hidroxi-4-fenil-propano). Esta heterogeneidad, otorga a la molécula de lignina una gran estabilidad Térmica¹⁵.

¹⁵ FENG, Xu. Structure, Ultrastructure, and Chemical Composition. En: Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biomaterials and Biofuels. 2010. p. 9-47.

Figura 4. Estructura y composición de la molécula de lignina.



Fuente: URIEN PINEDO Andrea En: OBTENCIÓN DE BIOCARBONES Y BIOCOMBUSTIBLES MEDIANTE PIRÓLISIS DE BIOMASA RESIDUAL, 2013 P 15

4.1.3 Papa (*Solanum tuberosum*). El tubérculo de la papa es un tallo subterráneo modificado para el almacenamiento de almidón. La parte exterior del tubérculo se denomina Periderma; viene luego, una franja estrecha difícilmente visible que es la corteza, ambas secciones forman la cáscara. Además, tiene un tallo modificado que se ramifica hacia los ojos o yemas, denominado médula. El espacio entre la médula y la corteza esta relleno de un tejido conocido como parénquima vascular de almacenamiento, dicho tejido está separado en dos porciones por el anillo vascular. El tubérculo está constituido por aproximadamente 2% de cáscara, 75% a 85% de parénquima vascular de almacenamiento y de 14% a 20% de médula¹⁶.

Su calidad está influenciada por las condiciones ambientales y el manejo agronómico (temperatura presente durante el crecimiento de la planta, precipitación y/o calidad y cantidad de riego usado, tipo de suelo, fertilización química y orgánica empleada, época y forma de la eliminación del follaje y especialmente la madurez del tubérculo). Dentro de los factores de calidad se considera, la textura, el color y el sabor¹⁷.

El tubérculo de la papa es un producto con alto contenido de humedad, aprox. 70%-75%. Los carbohidratos de la papa incluyen el almidón, la celulosa, la glucosa, la sacarosa y la pectina, pero específicamente, los almidones de este tubérculo son la amilosa y la amilopectina en la proporción de 1:3¹⁸. El contenido de almidón de las papas es bastante variable y depende de las variedades tal como se aprecia en la siguiente tabla 1.

¹⁶ OSPINA PRADA, Ricardo. Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables. En: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa. [en línea]. Bogotá. Junio de 2012. p. 182. [citado el 10 de agosto de 2019]. Disponible. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100012>.

¹⁷ Ibid., p.184.

¹⁸ Ibid., p.185.

Tabla 1. Contenido de materia seca total y almidón en algunas variedades de papa.

Variedad	Materia Seca %	Almidón %
Tocana	20,30	14,22
Argentina	21,24	15,09
Tuquerreña	21,49	15,29
Capiro R-12	17,82	11,93
Puracé	18,67	12,66

Fuente: Elaboración propia con base de, OSPINA PRADA, Ricardo. Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables. En: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa. [en línea]. Bogotá. Junio de 2012. p. 182. [citado el 10 de agosto de 2019]. Disponible. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100012>..

Analizando algunas variedades de papa colombiana, se han encontrado valores proteínicos desde 1.8 a 2.8%. En otros estudios se encuentra que el tubérculo contiene de 1 a 2% de nitrógeno total en base seca; de este porcentaje, la mitad o un tercio está presente como proteína. Las proteínas de la papa son casi exclusivamente globulinas en un 60 a 70% y glutelinas de un 20% a 40%, se han podido identificar cerca de 21 aminoácidos como constituyentes normales en el tejido del tubérculo¹⁹.

La papa, es por tanto, fuente de vitamina C, regular en niacina, tiamina, algo baja en vitamina A y ribofavina. El contenido en grasa de la papa es muy bajo, llegando a valores del 0.1% del peso fresco. Los oligoalcaloides, solanina y chacanina en dosis bajas son consideradas constituyentes normales de la papa.

En el sistema enzimático de la papa se pueden encontrar enzimas tales como, la amilasa, tirosinasa, fosforilasa, etc., donde la amilasa y fosforilasa forman azúcares durante el almacenamiento a bajas temperaturas. La decoloración y transformación posterior de la apariencia de la papa es realizada por la enzima tirosinasa. En nuestro medio, la papa corriente y la variedad criolla tienen la composición que se describe en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis químico de la papa.

Composición	Otras variedades
Parte comestible	100 %
Calorías (100g)	84%
Agua %	76,7 %

¹⁹ Ibid., p.185.

Proteína %	1,9%
Grasa%	0,1%
Carbohidratos %	19,3%
Azúcares invertidos	0,11%
Fibra%	1%
Cenizas %	1,0%
Calcio mg/100g	4%
Fósforo mg/100g	26%
Hierro mg/100g	1,1%
Ácido ascórbico mg/100g	20%

Fuente: Elaboración propia con base de, OSPINA PRADA, Ricardo. Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables. En: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa. [En línea]. Bogotá. Junio de 2012. p. 182. [Citado el 10 de agosto de 2019]. Disponible. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100012>.

La papa en la alimentación animal no ha sido estudiada en forma tan profunda, a diferencia de los cereales y la yuca. Esto se debe posiblemente a que este tubérculo a menudo, no presenta precios bajos que permitan su competitividad para uso de consumo animal. Es por ello, que se puede plantear la opción de utilizar a la papa, como sustituto de algún porcentaje considerable de otros productos de índole diferente como fuente energética en las dietas²⁰.

4.1.4. Biorrefinería. El concepto biorrefinería no es reciente; con frecuencia, y en diversos ámbitos, como la agricultura, la industria alimenticia y la obtención de las materias primas, se ve que muchos artículos son convertidos en una variada serie de productos, cada uno con una aplicación final diferente. Algunos sectores de la producción como los relacionados con lácteos y las papas son evidentes ejemplos para ilustrar el concepto de biorrefinería. En la explotación de este potencial, se requiere la combinación de proyectos industriales piloto, así como demostraciones industriales; y una de las principales estrategias que las biorrefinerías tratan de potencializar es el no utilizar como materia prima cultivos susceptibles de convertirse en alimentos, sino residuos de las industrias alimenticias, papeleras, forestales y agrícolas²¹.

Las biorrefinerías son sistemas industriales emergentes que apuntan a la utilización sostenible y eficiente de la biomasa, valorizan su potencial y

²⁰Ibid., p.186.

²¹POGGI-VARALDO ,H.M.; VALDÉS, L; ESPARZA-GARCÍA, F. and FERNÁNDEZ-VILLAGÓMEZ, G. Solid Substrate Anaerobic Co-digestion of Paper Mill Sludge, Biosolids, and Municipal Solid Waste. En: Water Science Technology. 1997. vol. 35. p. 197-204.

proporcionan múltiples bioenergías y bioproductos útiles²². El papel de las biorrefinerías en la economía es consistente con las definiciones recientes proporcionadas por las principales organizaciones de energía, como el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, por sus siglas del inglés “National Renewable Energy Laboratory”): “Una biorrefinería es una instalación que integra procesos de conversión de biomasa y equipos para producir combustibles, energía y productos químicos (orgánicos) de biomasa” y la Agencia Internacional de Energía (AIE): “La biorrefinería es el procesamiento sostenible de biomasa en un espectro de productos comercializables (alimentos, materia prima, materiales, productos químicos) y energía (combustibles, energía, calor) ” Las biorrefinerías integrarán varias industrias actuales, por ejemplo, Combustible, química y energía, pero utilizará la biomasa como materia prima renovable específica²³. Su principal ventaja es que son adecuados para maximizar la valorización de los potenciales estructurales y energéticos que se encuentran en la biomasa. Las biorrefinerías serán, por lo tanto, biofábricas, una especie de bioconglomerados multiproducto que separarán y convertirán la biomasa en una gama de bioenergías y Bioproductos útiles²⁴.

Una biorrefinería involucra la evaluación y el uso de un amplio rango de tecnologías para separar la biomasa en sus componentes principales (carbohidratos, proteínas, aceites, etc.) para ser luego transformados en productos de valor agregado²⁵. Una biorrefinería comprende tres etapas principales: La primera, involucra la cadena de suministro de la materia prima, estudio que se realiza antes de iniciar con el desarrollo de la biorrefinería, entre estos estudios se encuentra la procedencia de las materias primas, el estado de agregación en el que están almacenadas, el medio de transporte por el cual van a llegar al destino donde van a ser procesadas y finalmente la disponibilidad con la que se cuenta para suplir las necesidades²⁶.

Las dos etapas restantes corresponden a la separación y conversión de dicha materia prima, respectivamente. Para la primera etapa, materiales agrícolas, forestales, agroindustriales y residuales pueden ser consideradas como materia prima. La etapa de separación, generalmente se refiere al pre-tratamiento de la

²²BIO PLANT SUSCHEM. Manual sobre Biorrefinerías en España. Ministerio de Economía. Septiembre 2017. p.1-92. ISBN: 9788415061595.

²³Ibid. p.26.

²⁴OBADO G.A. Condiciones de diseño de un Reactor de Pirolisis a escala de laboratorio para la obtención de Biocarbón a partir de Residuos Orgánicos Sólidos (ROS). Tesis de Maestría. Manizales: Universidad de Manizalez. 2015, p.14.

²⁵BOZEIJ JJ. Materias primas para el futuro - Producción de biorefinería de productos químicos a partir de carbono renovable. En: Número Especial: Materias Primas Para El Futuro: Energías Renovables En Química Verde. ; 2008: P. 641-647.

²⁶CLARCK James H. Green chemistry for the second generationbiorefinery – sustainable chemicalmanufacturing based on biomass. En: J Chem Technol Biotechnol. 2007;p.1-7.

materia prima, con el fin de proveer las siguientes corrientes de proceso: Almidón, celulosa, hemicelulosa y azúcares monoméricos como fuente de carbohidratos y lignina como fuente de compuestos aromáticos e hidrocarburos²⁷. Después del pre-tratamiento, la biomasa es sometida a una combinación de tecnologías de conversión para obtener una familia de especies químicas (bioproductos) y combustibles que sean económica y ambientalmente sostenibles.

4.1.4.1 Tipos de biorrefinerías.

- **Primera generación:** Se trata del uso de la biomasa de cultivos, por ejemplo: maíz, soya, palma y caña de azúcar.
- **Segunda generación:** Son aquellas que incluyen una variedad de materia prima, desde la lignocelulósica hasta desechos municipales sólidos; por ejemplo, tallos de maíz.
- **Tercera generación:** Incluye la biomasa proveniente de algas. Con esto no sólo se mejora la producción de combustible, sino que se mejora el proceso desde la selección de la materia prima.
- **Cuarta generación:** Estas plantas se relacionan con tecnología que combina materia prima genéticamente modificada que captura grandes cantidades de carbono— con microorganismos sintetizados genómicamente, para producir combustibles en forma eficiente.

4.1.5 Conversión hidrotérmica. Los procesos hidrotérmicos toman lugar en agua líquida a elevadas temperaturas, la presión en el sistema debe estar en o encima de la presión de saturación, frecuentemente es suficiente la presión endógena del sistema para mantener el catalizador y el reactante²⁸.

En la conversión hidrotérmica se presentan las reacciones en presencia de agua y condiciones de presión y temperatura cercanas a su punto crítico, removiendo el oxígeno de la biomasa para incrementar su poder calorífico. Pueden ser clasificados en diferentes regiones por encima de la curva de vapor-presión y el punto crítico en el diagrama de fases del agua.

²⁷CARVALHEIRO F, DUARTE LC, y GIRIO FM. Hemicellulose biorefineries: A review on biomass pretreatments. *En: J Sci Ind Res (India)*. 2008;67(11):849-864.

²⁸ CASTRO VEGA, Alejandro Amadeus; *et al.* Conversión hidrotérmica subcrítica de residuos orgánicos y biomasa. Mecanismos de reacción. *En: Ingeniería e Investigación*. 2007. vol 27 n.1. p. 42.

La biomasa tiene componentes como la celulosa, la lignina, proteínas, grasas, otros constituyentes menores y algunos productos de degradación que, según su naturaleza, tendrán diferentes reacciones en condiciones subcríticas²⁹.

La celulosa, uno de los polisacáridos más abundantes en la biomasa, comienza su disolución desde los 463K (189.85°C), aunque es apreciable a partir de los 603K (329.85°C), la velocidad de descomposición incrementa a la par que el agua se aproxima a su temperatura subcrítica y los productos dependen de la temperatura sin embargo otros compuestos como las proteínas pueden comenzar desde temperaturas mucho mayores (543K – 269.85°C y 5.583 MPa)³⁰. En conversión hidrotermal se consideran los procesos de Carbonización hidrotermal (HTC), licuefacción hidrotermal (HTL) y gasificación hidrotermal.

²⁹ Ibid. p.43.

³⁰ Ibid. p.46.

Figura 5. Tipos de pirolisis en función del tiempo de residencia, la velocidad de calentamiento y los productos obtenidos de interés en cada una de ellos.

PROCESO	TIEMPO DE RESIDENCIA	VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	PRODUCTOS
CARBONIZACIÓN	Días	Muy lenta	400	Bio-char
CONVENCIONAL	5-30 min	Lenta	600	Gas, líquido y biochar
RÁPIDA	0,5-5 SEG	Muy rápida	650	Bioaceites
FLASH (LÍQUIDOS)	< 1 seg	Rápida	< 650	Bioaceites
FLASH (GAS)	< 1 seg	Rápida	< 650	Químicos y gas
ULTRARÁPIDA	< 0,5 seg	Muy rápida	1000	Químicos y gas
VACIO	2-30 seg	Media	400	Bioaceites
HIDROPIRÓLISIS	< 10 seg	Rápida	< 500	Bioaceites
METANOPIRÓLISIS	< 10 seg	Rápida	> 700	Químicos

Fuente: TESSINI C, Pirolisis rápida de biomasa.2017

4.1.6 Carbonización hidrotérmal (HTC). A través del proceso de carbonización hidrotérmica (HTC), la biomasa y otros residuos se someten a altas temperaturas y presiones en presencia de agua, lo que da como resultado dos productos principales: un producto similar al carbón (hidrocarburos) y productos solubles en agua. En esencia, el proceso HTC permite que diferentes corrientes de biomasa húmeda, como el lodo de aguas residuales, se conviertan fácilmente en combustibles y sustancias con alto valor de mercado, incluida una recuperación de fósforo de casi el 100%.

Los beneficios económicos del proceso de HTC son claros: el proceso no solo permite una eliminación limpia y ambientalmente segura de la biomasa y los desechos mezclados, sino que también produce biocarbón que sirve como combustible y recupera el fósforo, que puede usarse en fertilizantes y separación de metales pesados. De hecho, durante el proceso de carbonización hidrotérmal, más del 95% de los metales pesados están incrustados en el carbón, lo que facilita su eliminación durante la fase líquida. El carbón HTC enriquecido con metales pesados se puede separar, activar y reciclar en la planta de tratamiento de aguas residuales³¹.

³¹ Carbono de alto rendimiento. [En línea]. HTCcycle. 2019. [citado el día 3 de septiembre de 2019]. Disponible: < https://htccycle.ag/en/high-performance-carbon_17>

Hay varias ventajas asociadas con esta tecnología:

- Los materiales de HTC se pueden usar para la generación de energía directa (como biocarbón) para aplicaciones de energía descentralizadas.
- Los biocarbones resultantes se pueden colocar en el suelo bajo el concepto "Terra Preta" para mejorar la calidad del suelo y al mismo tiempo almacenar CO₂ de las plantas.
- La tecnología también se puede utilizar para convertir los desechos biológicos de las corrientes municipales en materiales de carbono útiles.
- Los materiales de carbono resultantes pueden nano estructurarse o funcionalizarse fácilmente y usarse para aplicaciones importantes en energía renovable, catálisis, captura de CO₂ o purificación de agua.
- La fase líquida contiene sustancias químicas importantes que se pueden extraer y convertir en bioquímicos y biocombustibles interesantes.
- La fase de agua se puede reutilizar, lo que reduce el consumo de agua para este proceso.
- Todo el proceso es exotérmico y, por lo tanto, tiene un balance energético favorable.

4.1.7 Biochar El biochar es un derivado carbonado estable producido a partir de biomasa vegetal y/o animal, para su aplicación en agricultura sostenible. El Biochar se produce bajo condiciones térmicas reductoras. El biochar debe poseer una calidad bien definida y controlada, pudiendo aplicarse para mejorar las propiedades físicas, químicas y/o la actividad biológica del suelo. Para la producción de biochar se pueden emplear una amplia variedad de materias primas orgánicas, sujetas a requisitos de sostenibilidad, como que no compitan con la cadena de alimentación humana o la nutrición animal y vegetal; y que procedan de una fuente sostenible para el medio ambiente y la protección del clima³².

³² Reducing mineral fertilisers & chemicals use in agriculture by recycling treated organic waste as compost and bio-char products, [En línea].REFERTIL. [1 de NOVIEMBRE de 2019]. Disponible: <https://www.refertil.info/sme/es/que-es-el-biochar-y-como-se-hace>

4.1.8 Licuefacción hidrotermal (HTL). La licuefacción hidrotermal (HTL) es un proceso que conlleva la conversión de materia prima de biomasa sólida en presencia de agua, cuando las condiciones operativas de temperatura y presión se acercan al punto crítico de esta ($T_c = 374 \text{ }^\circ\text{C}$ y $P_c = 22.1 \text{ MPa}$), este proceso se ha desarrollado como una de las tecnologías más prometedoras en la producción de biocombustibles a partir de materia prima de biomasa residual en los últimos años. En la práctica, esto significa que opera entre un intervalo de temperatura de $280 \text{ }^\circ\text{C}$ - $370 \text{ }^\circ\text{C}$ y presiones entre 10 MPa y 25 MPa . El agua sub-crítica tiene una viscosidad más baja, una constante dieléctrica inferior, y un producto iónico mayor que el agua normal. La combinación de estos factores da como resultado una mayor solubilidad de los compuestos orgánicos y un aumento de las velocidades de reacción en las reacciones catalíticas ácido-base, que a su vez hace que el agua sub-crítica sea un medio excelente para la conversión de moléculas orgánicas derivados de la biomasa en productos líquidos de alto valor agregado³³.

4.1.9 Gasificación Hidrotermal. Es la oxidación parcial de la biomasa con aire, oxígeno o vapor de agua a altas temperaturas ($800\text{-}900 \text{ }^\circ\text{C}$), dando lugar a un gas combustible. El poder calorífico del gas producido es de $4\text{-}6 \text{ MJ/Nm}^3$ y puede ser quemado directamente o utilizado como combustible para motores de gas y turbinas. También, puede ser utilizado como gas de síntesis para la producción de productos químicos, como por ejemplo, metanol.

Un proceso prometedor, es la gasificación integrada en ciclo combinado (GICC) que permite convertir el combustible gaseoso, generado en la combustión, en electricidad con una eficiencia de conversión global elevada. Una de las ventajas de los sistemas GICC es que el gas se limpia antes de llegar a la turbina, lo que permite regular el caudal de gas que llega a la turbina y facilitar el funcionamiento de la misma. En la actualidad, esta tecnología sólo se encuentra en etapa de demostración³⁴.

La gasificación utiliza una variedad de agentes gasificantes como el aire, el oxígeno, vapor de agua y/o oxígeno, e hidrógeno. Depende del rendimiento deseado y de los intereses el uso de cada uno de estos agentes como se muestra en la tabla 3.

³³ BALAT Mustafa, BALAT Mehmet y BALAT ElifKirta Main routes for the thermo-conversion of biomass into fuels and chemicals. Part 1: Pyrolysis systems. En: *Energy Conversion and Management*. 2009.P. 3147-3157

³⁴URIEN PINEDO Andrea, Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Química Módulo : Química Analítica BIOCMBUSTIBLES MEDIANTE. En: "PIRÓLISIS DE BIOMASA RESIDUAL" 2013.P 27.

Tabla 3. Caracterización de agente Gasificantes.

AGENTE GASIFICADOR	CARACTERISTICAS
AIRE	La combustión parcial de este da lugar a una reacción exotérmica cuyo producto puede ser aprovechado.
OXIGENO	Su combustión produce un gas de poder calorífico medio, de mayor calidad al no estar diluido con N ₂ . Además de su uso energético puede sintetizarse para la obtención de gas metanol
VAPOR DE AGUA Y/O OXIGENO (AIRE)	Su gasificación produce un gas enriquecedor en H ₂ Y CO que puede utilizarse como gas de síntesis para compuestos como amoniaco, metanol, gasolinas , etc.
HIDROGENO	Produce un gas de alto contenido energético, que al tener altos porcentajes de metano, pueden ser sustituto del gas natural

Fuente: Elaboración propia, adaptado de URIEN PINEDO Andrea En: OBTENCIÓN DE BIOCARBONES Y BIOCOMBUSTIBLES MEDIANTE PIRÓLISIS DE BIOMASA RESIDUAL, 2013 P 15

4.1.10 Mecanismo de reacción. En esta etapa se debe aplicar la información obtenida en la etapa preliminar en relación con los procesos de hidroconversión o biorefinación hidrotermal. Para esto se empleará un reactor por carga a escala de laboratorio Zhengzhou Keda Machinery and Instrument Equipment Co. Modelo FCF de 1 litro de capacidad volumétrica, fabricado en acero inoxidable, equipado con una cámara de calentamiento convencional y un sistema de agitación. Empleando la ruta química de hidrotatamiento por carbonización hidrotérmica (HTC) el reactor se opera a diferentes temperaturas con el objeto de establecer las mejores condiciones, éstas son: 180, 190 y 200°C en una suspensión de agua y biomasa a presión de saturación ~12,6 (bar). Por otra parte, al trabajar con la ruta de Licuefacción hidrotermal (HTL) se somete la biomasa a una temperatura de 250, 280 y 300°C a una presión de 70 (bar), en medio acuoso y en diferentes medios catalíticos (ácido y básico)³⁵.

³⁵ Reactor de cristal de calefacción eléctrico de la escala experimental del laboratorio con el revolvimiento de la función.,” 2019.. [En línea] ZHENGZHOU. E. C. Ltd., [Citado el 28 de agosto de 2019] Disponible en: <https://zzkeda.manufacturer.spanish.globalsources.com/si/6008840886132/pdtl/Chemical-reactor/1164812449/Pilot-Scale-Reactor.htm>

4.1.11 Factibilidad. Se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados, la factibilidad se apoya en 3 aspectos básicos³⁶:

- Ambiental.
- Técnica.
- Económico.

4.1.12 Estudio de Factibilidad. Sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y en base a ello tomar la mejor decisión, si procede su estudio, desarrollo o implementación.

4.1.12.1 Definición de Objetivos de un Proyecto de factibilidad. La investigación de factibilidad en un proyecto que consiste en descubrir cuáles son los objetivos de la organización, luego determinar si el proyecto es útil para que la institución logre sus objetivos. La búsqueda de estos objetivos debe contemplar los recursos disponibles o aquellos que la institución puede proporcionar, nunca deben definirse con recursos que la institución no es capaz de dar³⁷.

En la institución se cuenta con una serie de objetivos genéricos que determinan la posibilidad de factibilidad de un proyecto sin ser limitativos. Estos objetivos son los siguientes:

- Reducción de errores y mayor precisión en los procesos.
- Reducción de costos mediante la optimización o eliminación de recursos no necesarios.
- Integración de todas las áreas y subsistemas del grupo investigativo.
- Actualización y mejoramiento de los servicios a usuarios.
- Aceleración en la recopilación de datos.
- Reducción en el tiempo de procesamiento y ejecución de tareas.
- Optimización de procedimientos manuales.

4.1.12.2 Recursos de los estudios de Factibilidad. La determinación de los recursos para un estudio de factibilidad sigue el mismo patrón considerado por los

³⁶ CASTAÑEDA J mauricio.y MACÍAS FERNANDO, *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD. ESTUDIO DE CASO. En: Fabricación y venta de barras de cereal.* 2016.P 36.

³⁷ Ibid. p.40

objetivos vistos anteriormente, el cual deberá revisarse y evaluarse si se llega a realizar un proyecto, estos recursos se analizan en función de tres aspectos:

- **Factibilidad ambiental.** El estudio ambiental, busca identificar, cuantificar y valorar los distintos impactos de un proyecto tanto del corto plazo como del largo plazo, sobre las especies vivas y especies físicas del entorno del proyecto. Asimismo, debe analizar a profundidad de los posibles efectos del entorno sobre el proyecto: en qué manera y en qué medida pueden las características físico-bióticas del entorno afectar el diseño o desarrollo del proyecto.
- **Factibilidad Técnica.** Se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente nos referimos a elementos tangibles (medibles). El proyecto debe considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes o deben complementarse.
- **Factibilidad Económica.** Se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse son el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos.

Generalmente la factibilidad económica es el elemento más importante ya que a través de él se solventan las demás carencias de otros recursos, es lo más difícil de conseguir y requiere de actividad es adicionales cuando no se posee³⁸

³⁸ Ibid. p.50.

4.1.13 Bioeconomía-Economía Circular. La Bioeconomía se puede definir como el tipo de economía que utiliza recursos biológicos naturales renovables, tanto de la tierra como del océano, para obtener alimentos, materiales y energía de manera sostenible sin comprometer su disponibilidad para las generaciones futuras. Los cultivos, la pesca, la silvicultura, los microorganismos, las algas y los animales, así como los desechos o residuos generados por ellos, se incluyen en la categoría de “recursos biológicos renovables”, mientras que los residuos se convierten en insumos para la producción de alimentos, bioproductos industriales y energía. Entendiendo el concepto desde un punto de vista económico, BE puede describirse como aquellas actividades económicas relacionadas con la invención, el desarrollo, la producción y el uso de productos y procesos biológicos³⁹.

En los últimos años, la inclusión de la bioenergía en el concepto de economía circular CE ha requerido la consideración y conciliación simultáneas de los intereses y preocupaciones en conflicto en algún momento de los responsables políticos, los investigadores, los desarrolladores de tecnología, los desarrolladores de proyectos y la sociedad. Para que la bioenergía sostenible desempeñe un papel clave en los sistemas energéticos futuros, será importante hacer un uso óptimo de los recursos de biomasa con menos impacto ambiental (en particular, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero) y al mismo tiempo fomentar efectos sociales y económicos positivos⁴⁰.

La conceptualización tradicional de una economía se define por su carácter lineal: “tomar, hacer y disponer”. Como resultado, la economía actual se concibe como básicamente extractiva. Sin embargo, la CE se basa en el “cierre del ciclo” fundamental que implica la recolección de desechos de los diferentes procesos, el reciclaje y su uso para crear nuevos productos. Las estrategias de CE para cerrar el ciclo están relacionadas con la reutilización, la remanufactura y el reciclaje. En otras palabras, la CE se basa en reducir / evitar la generación de desechos y la contaminación, mantener los desechos y materiales en uso en el ciclo y proteger los sistemas naturales⁴¹. Sin embargo, el mayor desafío radica en la selección de cadenas de suministro y modelos económicos que generan los impactos ambientales más bajos con los mayores beneficios económicos. Por esta razón,

³⁹La bioeconomía a 2030: Designing a Policy Agenda. Principales conclusiones y conclusiones de la política. [En línea] OECD-ilibrary [Citado el 1 de septiembre de 2019] Disponible en: https://read.oecd-ilibrary.org/economics/the-bioeconomy-to-2030_9789264056886-en#page1

⁴⁰ The Role of Bioenergy in the Bioeconomy. Chapter One-Nexus Bioenergy–Bioeconomy. [En línea]. LAGO, Carmen; HERRERA, Israel; CALDÉS, Natalia and LECHÓN, Yolanda. 2019. [25 de agosto de 2019]. Disponible: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813056-8.00001-7>>

⁴¹ Economía Circular. [En línea] FOUNDATION ELLEN MACARTHUR [Citado el 1 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>

se están desarrollando modelos de apoyo a la decisión para permitir la adaptación al modelo circular⁴².

En otras palabras, los pilares de la CE se pueden resumir en “mantener los productos y materiales en uso al tiempo que reduce y / o elimina el desperdicio y la contaminación y contribuye a la regeneración de los ecosistemas naturales”⁴³. Fortalecido por una transición a las fuentes de energía renovable, el modelo circular se basa en el capital económico, natural y social⁴⁴. Como tal, CE es una oportunidad para reinventar la economía clásica para lograr un desarrollo más sostenible y competitivo. En resumen, la CE ayuda a ahorrar energía y evita la sobreexplotación de los recursos naturales sin exceder la capacidad regenerativa de la tierra en términos de clima, biodiversidad, aire y contaminación del suelo y del agua⁴⁵.

4.2 ESTADO DEL ARTE

4.2.1 Biorrefinería. En febrero de 2014, varios resultados fueron obtenidos, entre los que destaca el desarrollo de cinco plantas lignocelulósicas, a partir del cual diez aceites se desarrollaron en campos de prueba, con lo que fue probada la estrategia para el cultivo rotativo de plantas alimenticias y no alimenticias; así mismo, se experimentó con una nueva planta piloto en Noruega que produce más de 50 kilogramos por hora de material lignocelulósico seco, utilizando diferentes tipos de pasto y carrizo. Como resultado, 21 patentes fueron obtenidas y se han desarrollado eficientes tecnologías biotecnológicas para producir moléculas de glicerol y biomasa hidrolizada más eficientes que las actualmente utilizadas. Las expectativas en torno a este programa se extienden a interesantes y atractivos aspectos energéticos en los sectores comerciales, científicos y tecnológicos; por ejemplo, esperan demostrar un aumento económico gracias al uso de biomasa de segunda generación, evitando así la producción de residuos, además de desarrollar nuevas tecnologías de reactores para minimizar costos en la elaboración de productos secundarios de menor valor agregado, como olefinas (utilizadas en la producción de polímeros en la industria del plástico) y compuestos fenólicos (aplicados en el procesamiento de madera y plásticos, así como en la industria química), mientras se ahorra energía, además de

⁴² M. LIEDER, FMA ASIF, Y A. RASHID, et al: Hacia la implementación de la economía circular en los sistemas de fabricación utilizando un enfoque de simulación de múltiples métodos para vincular el diseño y la estrategia empresarial. En: Perspectiva Económica Regional ;P.9 2018.

⁴³ FOUNDATION ELLEN MACARTHUR Op. cit., <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>.

⁴⁴ Ibip <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

⁴⁵ COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. En: Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa. p.12

optimizar rotaciones de cultivos en África y Europa (norte y sur) con el objetivo de seleccionar el tipo de biomasa óptima para distintos ambientes⁴⁶. Por ejemplo, en países como Brasil, con gran producción de caña de azúcar, ésta es utilizada como biomasa para la elaboración de bioetanol. En Europa del norte, países como Suecia y Finlandia utilizan residuos de la industria forestal para producir biocombustibles y calefacción, además de fabricar pulpa (para la producción de cartón, textiles a base de celulosa, pañales y productos para higiene femenina, entre otros) y papel. Es así que se prefiere utilizar biomasa local, dependiendo del tipo de materia prima que se tenga en mayor cantidad en la región y de los productos principales requeridos.

“En Estados Unidos, la industria de los combustibles ha crecido considerablemente en los últimos años y, con ello, las tecnologías para producirlos”⁴⁷.

El principal objetivo ha sido elevar el nivel de eficiencia con que se lleva a cabo los procesos de producción (la mayoría, con una tasa de 60% de eficiencia). El gobierno de los Estados Unidos ha fijado metas para reemplazar combustibles fósiles, 136 mil millones de litros de biocombustibles en 2022, compuestos por 57 mil millones de litros de materiales procedentes del maíz, 60 mil millones a partir del etanol celulósico y 19 mil millones de litros que provienen de procesos avanzados (que consisten en tecnologías analíticas, fermentación enzimática y de biocombustibles, cuyo objetivo es desarrollar tecnologías óptimas para la producción de biocombustibles). En abril de 2014, entraron en funcionamiento 25 biorrefinerías integradas que trabajan en diferentes escalas piloto, demostración y pionera cuatro de ellas están en la fase final de pionera, cuatro en demostración y el resto como plantas piloto, la mayoría de las cuales utiliza maíz como materia prima, aunque también se emplea en menor cantidad: sorgo, residuos agrícolas, caña de azúcar, suero láctico, celulosa, residuos leñosos, almidón, trigo y cebada⁴⁸.

En Malasia, se desarrolla un proyecto para auspiciar el complejo de biorrefinería más grande del continente asiático, que ocupará un área de 1000 hectáreas, en el Kertih Biopolymer Park. Se espera que en sus 30,000 hectáreas de campo se plante materia prima (*Acacia mangium* y *Leucaena leucocephala*) para producir 10.5 millones de toneladas de biomasa al año. Este proyecto es una colaboración

⁴⁶ *Sustainable Biomass Processing* [En línea] BIOREFINERY EMI. [Citado el 30 de agosto de 2019] Disponible en: www.eurobioref.org.

⁴⁷ SMITH, andrea, KLENK nicole, y WOOD stepan, et al: *Second Generation Biofuels and Bioinvasions: An Evolution of Invasive Risks and Policy Responses in the United States and Canada* En: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, . 2013,P.30-42

⁴⁸ ENERGY USD OF. *EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY*, [En línea] *Integrated Biorefineries*. 2014. [Citado el 27 de agosto de 2019] Disponible en: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/about-bioenergy-technologies-office-growing-americas-energy-future>

del gobierno con corporaciones biotecnológicas grandísimas (BiotechCorp), con el fin de atraer a importantes jugadores de la industria biotecnológica, especialmente de Europa, los Estados Unidos, Corea y Japón. Uno de sus objetivos verdes es usar energía renovable en el sitio de origen celulósico, en lugar de gas natural, proyecto que se inauguró a inicios de 2014 y con el cual se espera producir carbohidratos avanzados, biomateriales, biofertilizantes y alimentos para animales, utilizando celulosa como materia prima⁴⁹.

4.2.2 Biorrefinerías en Latinoamérica. Existen análisis desde la perspectiva socioeconómica que intentan predecir la dirección de la economía de los países en función de su involucramiento en el desarrollo de productos derivados de la biomasa. La empresa de consultoría financiera y de desarrollo tecnológico Rabobank Int. Público un estudio de este tipo para México⁵⁰ y concluye que la indiferencia ante el cambio de industria pudiera resultar fatídico para la economía del país.

En América Latina el tema de la producción de químicos a partir de productos renovables ha sido un tema de interés secundario. Los esfuerzos de los gobiernos y la comunidad científica se han centrado en la exploración y producción de biocombustibles, principalmente bioetanol y más recientemente biodiesel. Desafortunadamente, muchas de las iniciativas fomentadas en esta dirección con frecuencia generan polémica debido a un mal planteamiento agro-industrial, falta de previsión de los efectos de importación/exportación o a su falta de sostenibilidad; se cita por ejemplo la crisis de la tortilla en México en 2007, que se asume fue ocasionado por factores como: aumento internacional del precio del maíz, provocado en parte por la desviación de maíz hacia la producción de etanol, falta de incentivos adecuados para productores mexicanos e inadecuada operatividad en el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica⁵¹.

Por otra parte, los proyectos de implementación en los últimos años han girado en torno a la generación de energía eléctrica con energías alternas⁵². Ningún país latinoamericano cuenta con una estrategia nacional que considere la producción de químicos renovables, comparable con las de Estados Unidos y la Unión Europea. Esto se traduce en una escasez de fondos, falta de incentivos y de políticas fiscales que promuevan entre el sector productivo el interés en las biorrefinerías.

⁴⁹ Malaysia to develop Asia's Largest Biorefinery complex in ECER. 2014. [En línea] CORPORATION BMB. [Citado el 30 de agosto de 2019], Disponible en www.biotechcorp.com.my.

⁵⁰ ¿Debe apostar México a la bioeconomía? 2007 [En línea] RECA A. [Citado el 10 de septiembre de 2019] Disponible en: <http://www.foroglobalagroalimentario.org.mx/ponen>.

⁵¹ lbip: <http://www.foroglobalagroalimentario.org.mx/ponen>.

⁵² BLANCO-Rosete, Sergio. y Webb Colin, Emerging biorefinery markets: global context and prospects for Latin America. *En: Biofuels, Bioprod Biorefining* 2. 2008:p331-342.

Los países latinoamericanos pueden beneficiarse directamente de la producción local de biocombustibles, pero se requiere de un marco legal adecuado sobre bioenergía que proteja a comunidades rurales (ámbito social) y ecosistemas (ámbito ambiental) de la explotación desmedida por parte de grandes firmas transnacionales. En este sentido, la legislación de países latinoamericanos en materia de biocombustibles es muy reciente. Excluyendo los casos de Brasil (1975), Guatemala (1985) y Honduras (1988) las legislaciones son todas del siglo XXI. Los países latinoamericanos que cuentan con alguna legislación para biocombustibles son Nicaragua (2002), Perú (2003), Colombia (2004), Costa Rica (2004), Ecuador (2004), Paraguay (2005), Bolivia (2005), Argentina (2006). (Ajila y Chiliquinga, 2007). Más recientemente se han consolidado similares legislaciones en Chile, Cuba, El Salvador, México, Panamá, República Dominicana, Uruguay y Venezuela. Sin embargo, a pesar de ser legislaciones nuevas, ninguna contempla la producción de químicos renovables o introduce la figura de las biorrefinerías⁵³.

El país latinoamericano con plataforma tecnológica más favorable para el establecimiento de biorrefinerías es Brasil. Su experiencia obteniendo energía a partir de caña de azúcar se remonta a 1975 con el Programa Nacional de Alcohol, con el que se logró un avance arrollador en la sustitución de gasolina por alcohol, logrando que el 96% de los vehículos en el mercado operen con 100% de bioetanol en 1985. Esta experiencia comenzó a extrapolarse a la producción de biodiesel en 2004/2005 al destinar el Gobierno Federal la cantidad de US5.7 millones para investigación y desarrollo de procesos industriales de biodiesel, esto con la visión de utilizar biodiesel en mezclas del 5% para 2013 en sustitución del petrodiesel⁵⁴.

Además, en un esfuerzo interdepartamental del gobierno brasileño, los Ministerios de Agricultura, de Pesca y Abastecimiento, de Ciencia y Tecnología, de Minería y Energía y de Desarrollo Industria y Comercio publicaron los Lineamientos para Políticas en Agroenergía, que contemplan 4 áreas de desarrollo: 1) producción de alcohol, 2) producción de biodiesel, 3) cosechas energéticas y 4) aprovechamiento de residuos agroforestales. Los factores que le dan ventaja competitiva a Brasil en estos cuatro aspectos son su experiencia como productores de bioetanol, disponibilidad de tierra, clima y disponibilidad de mano de obra⁵⁵.

En Chile se han realizado ya dos congresos internacionales (en 2006 y 2009) (Congreso Latinoamericano de Biorrefinerías, 2009) sobre biorrefinerías. Aunque la temática se ha centrado principalmente en el tema de la biorrefinería forestal, se han manejado también temas como la transformación bioquímica, la transformación termoquímica y la transformación química o física, así como las implicaciones en

⁵³ RECA A. Op. cit <http://www.foroglobalagroalimentario.org.mx/ponen>

⁵⁴Biodiesel the New Fuel from Brazil. [En línea] NATIONAL BIODIESEL PRODUCTION & PROGRAM [Citado el 30 de septiembre de 2019] Disponible en http://www.biodiesel.gov.br/docs/cartilha_ingles.pdf Accesado 26 febrero . 2010. www.biodiesel.gov.br.

⁵⁵ BLANCO-Rosete, Sergio. y Webb Colin , Op. cit p331-342

materia política y el contexto internacional. Además de la biorrefinería forestal, en Chile se han hecho estudios extensos sobre la producción de biocombustibles a partir de micro algas.⁵⁶

4.2.3 Carbonización hidrotermal. El proceso de carbonización hidrotermal (HTC) fue descrito inicialmente por Friedrich Bergius en 1913, pero su aplicación industrial no fue desarrollada por el inicio de la época del petróleo. La aplicación del proceso HTC para tratamientos de residuos de biomasa fue investigado y desarrollado por el Prof. M. Antonietti del Max Planck Institute of Colloids and Interfaces (MPI) recientemente, publicando sus resultados en 2006. En la actualidad Ingelia⁵⁷ mantiene un acuerdo de colaboración científica con el Instituto de Tecnología Química (ITQ) de la Universidad Politécnica de Valencia, capitaneado por el profesor Avelino Corma (CSIC). A fecha de hoy, el proceso resulta ser una opción válida para el tratamiento de diversos tipos de biomásas, tanto para todos los tipos de biomasa de origen vegetal (jardinería, forestal, agrícola) como también residuos orgánicos urbanos y fangos de depuradoras de agua. A finales de 2005 se fundó oficialmente INGELIA. El objetivo de la empresa es desarrollar la Tecnología de Carbonización Hidrotermal y adoptarla a escala industrial. A partir de 2007, gracias a la colaboración científica con el Instituto de Tecnología Química (ITQ) de la Universidad Politécnica de Valencia, liderado por el profesor Avelino Corma (CSIC), Ingelia inició el desarrollo y patentó su avanzada planta industrial HTC⁵⁸.

⁵⁶RIVERO Sacramento-, J. C.; ROMERO, G.; CORTÉS-RODRÍGUEZ, et al, Optimización y desarrollo tecnológico de un sistema productivo para el cultivo masivo de microalgas, orientado a la obtención de productos de alto valor comercial, en el norte de Chile. En: Revista Mexicana de Ingeniería Química 2005.p.264-270

⁵⁷ VALENCIANA C. PROYECTO INGELIA , S . L Ampliación y Mejora de una Planta de Carbonización Hidrotermal (HTC) de Biomasa. En :2014.p 1-9

⁵⁸, Historia de Ingelia., [En línea] INGELIA [Citado el 30 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://ingelia.com/index.php/quienes-somos/historia-ingelia/>.

5 DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 ENFOQUE INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA.

El enfoque de investigación descriptiva corresponde a los métodos de investigación más utilizados en las investigaciones actuales, este enfoque se centra en las encuestas debido a que a través de estas se pudo recoger gran cantidad de datos representados en actitudes, intereses, opiniones, conocimiento, comportamiento (pasado, presente y pretendido), así como los datos de clasificación relativos a medidas de carácter demográfico y socio-económico.

Con el fin de garantizar que la información suministrada por parte de los encuestados (personas quienes responden la encuesta) fue necesario aplicar técnicas en la formulación de los cuestionarios las cuales permitieron que el encuestado se sintiera en confianza para responder honestamente al cuestionario. La principal ventaja de la encuesta frente a otras técnicas es su versatilidad o capacidad para recoger datos sobre una amplia gama de necesidades de información.

Previo al inicio del desarrollo del proyecto es requerido realizar encuestas para recopilar toda la información que nos ayude a precisar la cantidad disponible y la cantidad necesaria de biomasa residual de la papa necesaria para desarrollar el proyecto.

5.2 ENCUESTA

5.2.1 Justificación de la encuesta. Con el objeto de conocer la información general de la producción de papa y la consecuente producción de biomasa residual de papa en la provincia centro del departamento de Boyacá se determinó la aplicación de encuestas a los productores de papa identificados por las bases de datos presentes en las umatas en los municipios de Motavita, Oicatá, Soracá, Siachoque, Toca y Tunja⁵⁹, la encuesta se enfocó en obtener información únicamente del cultivo de papa blanca o de año y por ende se enfocó en las familias , individuos o empresas que se dedican principalmente a este tipo de cultivo, la encuesta fue diseñada por el autor con el parámetro de validación presente en el numeral 5.2.3 y con asesoría de expertos en estadística y diseño de encuestas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia sede Tunja , la cual fue aplicada personalmente en forma impresa.

⁵⁹MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. , Principales cultivos de boyaca. 2017:p.1-4.

5.2.2 Forma de realización de la encuesta. Una vez diseñada la encuesta se hizo un prueba piloto, aplicando 5 encuestas a personas conocedoras del medio de la producción de papa para permitir que la misma fuese clara y entendible, posteriormente fueron impresas las encuestas y fueron aplicadas al azar entre los productores identificados en las umatas o alcaldías en forma personal dentro de los productores de papa en los 6 municipios con mayor producción de papa en el departamento⁶⁰ en el mes de agosto de 2019.

5.2.3 Parámetros de validación. Los resultados de la encuesta son significativos, dentro de los parámetros que a continuación se señalan, lo que permite inferir la validez de los resultados presentados, así como la extrapolación de los mismos a todo el universo poblacional por medio de la aplicación de la ecuación (1)

Sea **N**: Tamaño del universo: 750^{61,62,63,64} (cantidad promedio de productores en los 6 municipios y previamente identificados por las alcaldías o umatas correspondientes) productores de papa en los 6 municipios objeto de estudio (Motavita, Oicatá, Soracá, Siachoque, Toca y Tunja).

k: es una constante que depende del nivel de confianza asignado que se asigna a la encuesta. El nivel de confianza **k** indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean correctos. En este caso se ha optado por un nivel de confianza del 90%, por lo tanto, la probabilidad de error es del 10%.

e: es el error muestral deseado. Este error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que se obtiene si se pregunta a una muestra de la población, como es nuestro caso, y él se obtendría si se preguntase a todo el universo. En este caso es del 10% (error muestral del 10%(0,1)).

p: es el porcentaje de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura

⁶⁰ lbip p 1-4.

⁶¹ TOCA MDE., Esquema de ordenamiento territorial municipio de Toca Boyacá. En Plan de desarrollo 2004;p.17.

⁶² ALCALDIA MUNICIPAL DE SORACÁ. En: EOT SORACÁ 2016.:p 1-21.

⁶³ TERRITORIAL EDEO, Económico C. En Componente económico. p:1-57.

⁶⁴ MUNICIPIO GDEL. En :corresponden al área rural y 18.5 H. p.:1-18.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es 1-p.⁶⁵ Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza se muestran en el tabla 4:

Tabla 4: Niveles de confianza muestra 62 productores

K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
NIVELES DE CONFIANZA	75%	80%	85%	90%	95%	95,50%	99%

Fuente: Elaboración propia con base en: Cómo determinar el tamaño de una muestra?2019, [En línea] PSYMA, [Citado el 20 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>

El cálculo del tamaño de la muestra es uno de los aspectos a concretar en las fases previas de la investigación comercial y determina el grado de credibilidad que se concederán a los resultados obtenidos.

Una fórmula muy extendida que orienta sobre el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales es la ecuación 1 vista a continuación:

$$N = \frac{(K^2)(P)(1 - P)(N)}{((e^2)(N - 1) + (K^2)(P)(1 - P))} \quad (1)$$

$$n = \frac{[1,65^2] \times (0,5) \times (1 - 0,5) \times (750)}{((0,1^2) \times (750 - 1)) + [1,65^2] \times (0,5) \times (1 - 0,5)} = 62 \quad (2)$$

⁶⁵¿Cómo determinar el tamaño de una muestra?2019, [En línea] PSYMA, [Citado el 20 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>

5.2.4 Metodología para la aplicación de la encuesta. a 62 productores Bajo las anteriores condiciones y basados en la información anterior se determinó que la cantidad de encuestas a realizar es de 62, es importante considerar que entre mayor sea el nivel de confianza, mayor va a ser el número de encuestas a realizar. La encuesta fue dirigida y aplicada a los productores de papa de la zona rural del municipio de Soracá, Siachoque, Toca, Motavita, Oicatá y Tunja; la aplicación de las mismas fue realizada en las zonas rurales de los municipios en mención y dirigiéndose personalmente a los sitios de reunión de los productores o a las parcelas donde laboraban, la aplicación de la encuesta fue hecha al azar pero dirigida únicamente a los productores de papa.

NOTA: Como resultado de un análisis hecho previamente y enfocado en las preguntas 2, 5 y 7 de la encuesta, se ha determinado que la producción de papa en número de toneladas, periodicidad de la cosecha de papa y la consecuente producción de biomasa residual, no puede estar enfocada y depender de los pequeños productores, dado que el volumen de producción de biomasa residual de papa de los pequeños productores es muy bajo y no puede garantizar la cantidad necesaria de residuo que necesitara la planta de transformación de biomasa para su funcionamiento constante; otro factor importante que hace que el pequeño productor no sea el proveedor óptimo de materia prima es la periodicidad de las cosechas que ellos manejan, ya que estas se efectúan sólo 2 veces al año en los meses de junio y diciembre, lo cual generaría desabastecimiento para la planta en algunos meses del año.

Teniendo en cuenta esta información recopilada es necesario enfocar la encuesta en los grandes productores presentes en los 6 municipios para garantizar una producción constante de biomasa residual a través del año en las cantidades necesarias para proveer la planta de biomasa residual de papa.

5.2.5 Análisis estadístico para grandes productores. Los resultados de la encuesta son significativos, dentro de los parámetros que a continuación se señalan, lo que permite inferir la validez de los datos obtenidos, así como la extrapolación de los mismos a todo el universo poblacional por medio de la aplicación de la ecuación (4)

Sea N : Tamaño del universo: 20 (cantidad promedio de grandes productores en los 6 municipios) productores de papa en los 6 municipios objeto de estudio (Motavita, Oicatá, Soracá, Siachoque, Toca y Tunja).

K : es una constante que depende del nivel de confianza asignado a la encuesta. El nivel de confianza K indica la probabilidad de que los resultados de nuestra

investigación sean correctos. En este caso se ha optado por un nivel de confianza del 80% (tabla 5), por lo tanto, la probabilidad de error es del 20%;

e es el error muestral deseado. Este error es la diferencia que puede haber entre el resultado que se obtiene si se pregunta a una muestra de la población, como en el caso actual, y el que se obtendría si se preguntase a todo el universo. Para esta situación el 80% (error muestral del 20%(0,2)).

p: es el porcentaje de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura y **q**: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.⁶⁶

La aplicación de los anteriores parámetros se ve reflejado .en el resultado arrojado por la ecuación (3).

$$n = \frac{(1,28^2) * (0,5) * (1-0,5) * (20)}{((0,2^2) * (20-1)) + (1,28^2) * (0,5) * (1-0,5)} = 8 \quad (3)$$

Bajo las anteriores condiciones y basados en la información anterior se determinó que la cantidad de encuestas a realizar es de 20, es importante considerar que entre mayor sea el nivel de confianza, mayor va a ser el número de encuestas. El público al que va dirigida la encuesta serán, personas consideradas grandes productores (según información suministrada por las umatas municipales) de la zona rural de los municipios de Soracá, Siachoque, Toca, Motavita, Oicatá y Tunja, cualquier persona en general mayor de 18 años.

5.3 UBICACIÓN ÓPTIMA DE LA PLANTA.HTC

5.3.1 Objetivo específico: El estudio de localización tiene como propósito encontrar la ubicación óptima para el proyecto, es decir, la opción que, cubriendo las exigencias o requerimientos del proyecto, contribuya a minimizar los costos de inversión y los costos y gastos durante el período productivo.

⁶⁶¿Cómo determinar el tamaño de una muestra?2019, [En línea] PSYMA, [Citado el 20 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>

5.3.1.1 Importancia de la localización de una planta La localización de planta es un factor que condiciona el resultado de la implantación de un sistema productivo, ya que determinará parcialmente los costos de operación y de inversión, la facilidad con que pueden embarcarse o recibirse las materias primas y los productos terminados, los costos de mano de obra, impuestos, terrenos, construcción y combustible.

La localización es una decisión de largo plazo, con repercusiones económicas importantes que deben ser bien consideradas. Dicho análisis requiere que se realice en forma integrada a las restantes variables del proyecto: demanda, transporte, competencia, etc.

El análisis de localización debe hacerse compatible con la capacidad de los mercados específicos, de tal suerte que la solución, bajo el punto de vista económico, es la que minimiza los costos de distribución y producción combinados.

5.3.1.2 Factores de localización Los factores que más comúnmente influyen en la decisión de la localización de un proyecto, se describen a continuación, aunque no se presentan en orden de importancia y pueden existir algunos otros con base en las necesidades de cada empresa:

a) Medios y costos de transporte. Es necesario considerar tanto el peso como el volumen de los materiales, ya que normalmente se aplica la tarifa que por un factor u otro resulte más alta. Además, las materias primas, por lo general, pagan menos tarifas de transportes que los productos terminados.

b) Disponibilidad y costo de mano de obra. Determinar cualitativa y cuantitativamente los diversos tipos de mano de obra necesarios en la operación de la futura planta. Además de investigar cuales son los niveles de sueldos y salarios en las posibles localizaciones del proyecto y su disponibilidad.

c) Localización y disponibilidad de las fuentes de abastecimiento (materias primas). La ubicación de las materias primas resulta un factor fundamental, ya que en ocasiones la ubicación de ciertos proyectos la determina la fuente de materias primas. Es vital considerar los requerimientos de insumos, condiciones de abastecimiento, costos de transporte, existencia actual y a largo plazo, si la disponibilidad es constante o estacional, etc.

d) Cercanía del mercado. El proyecto para la nueva ubicación debe considerar cierta distancia entre los clientes potenciales y la localización de la planta, ya que en muchos casos, conforme incrementa la distancia, incrementan también los costos de transportación, lo que puede repercutir directamente en las utilidades de la empresa.

e) Factores ambientales. Este factor se debe tomar en cuenta para aquellas zonas o lugares con climas extremos que impidan el buen desempeño del personal o el proceso de producción de los bienes.

f) Eliminación de desechos. Para algunas plantas industriales, la disponibilidad de medios naturales para deshacerse de ciertos desechos resulta indispensable, por lo que su localización queda sujeta a esta opción. En otras zonas, los reglamentos locales y gubernamentales limitan o regulan la cantidad o la naturaleza de los desechos que pueden arrojarse a la atmósfera o a corrientes y lechos acuosos.

g) Costo, disponibilidad y topografía de terrenos. Es importante considerar las necesidades actuales y las expectativas de crecimiento futuro que pueda tener la empresa, para no tener problemas por falta de espacio o por factores no considerados como zonas sísmicas, terrenos extremadamente húmedos, etc. El costo del terreno puede o no ser factor de importancia, pero dependerá del poder adquisitivo de cada empresa y del tipo de proyecto a realizar.

h) Disponibilidad de agua, energía eléctrica y otros suministros. La disponibilidad tanto de agua como de energía eléctrica suelen ser un factor determinante en la localización industrial, ya que la mayor parte de equipos industriales modernos y sus procesos, utilizan dichos recursos y, aunque ambos pueden ser transportables, la inversión en este tipo de obras no se justifica para una sola empresa.

i). Disponibilidad y confiabilidad de los sistemas de apoyo. Para algunas organizaciones, puede ser de importancia el contar con buenos servicios públicos como facilidades habitacionales y educacionales, caminos-vías de acceso y calles, seguridad pública, ambulancias, servicios médicos, bomberos, etc.

5.3.1.3 Usos de suelos según POT de la ciudad de Tunja. Según el decreto 241 de 2014 del POT de Tunja en el cual se compilan las decisiones de los acuerdos municipales 0014 de 2001 y el 0016 de 2014 se destacan los ítems más relevantes para la ubicación de la planta de carbonización hidrotermal como se describe a continuación:

- **Licencias de construcción y urbanismo:** El artículo 81 título 4 del decreto 241 de 2014 dice que el trámite de expedición de licencias urbanísticas y reconocimiento de edificaciones deberá adelantarse de conformidad con lo establecido en el decreto nacional 1469 de 2010, en concordancia con dicho artículo la curaduría urbana de la ciudad de tunja requiere el formario de licencia de construcción. Ver anexo F.
- **Artículo 92 Uso de suelo semi mecanizado o semi intensivo:** Son aquellas zonas de mediana capacidad agrologica caracterizado con un relieve de plano a medianamente inclinado con profundidad efectiva superficial moderadamente profunda, con sensibilidad a la erosión pero que permite la mecanización, el trabajo intensivo y la agroindustria.⁶⁷
- **Artículo 93 Uso de suelo agropecuario tradicional:** Son aquellas áreas con suelo poco profundo, pedregoso y con relieve quebrado susceptible de procesos erosivos y de mediana a baja capacidad agrologica, permite la producción agroindustrial.⁶⁸

5.3.2 Metodología para definir la ubicación óptima de la planta HTC. La ubicación del lugar más propicio para la instalación de la planta de carbonización hidrotermal de biomasa residual de papa, se definió en su primera etapa identificando una zona de estudio dentro de los 6 municipios con mayor producción de papa previamente identificados del departamento que contase con las mejores condiciones en temas de acceso a vías, servicios públicos, cercanía a la generación de materia prima y presencia de acuíferos para su potencial aprovechamiento.

Una vez definida esta zona de estudio se utilizaron otros parámetros como las zonas geológicas con presencia de acuíferos, la inclinación del terreno en los que se definen como óptimas las inclinaciones que se encuentra entre los 0 y 7 grados

⁶⁷ Uso de suelo del componente rural En: decreto 241 de 2014,2014, p 97

⁶⁸ Ibip p 98.

de inclinación , la proximidad a vías en la que se contemplan las zonas con distancia menos a 150metros , zonas de no paramo, zonas de drenaje con distancia máxima de 150 metros y mínima de 30 metros y por último el uso de suelos de la ciudad de Tunja.

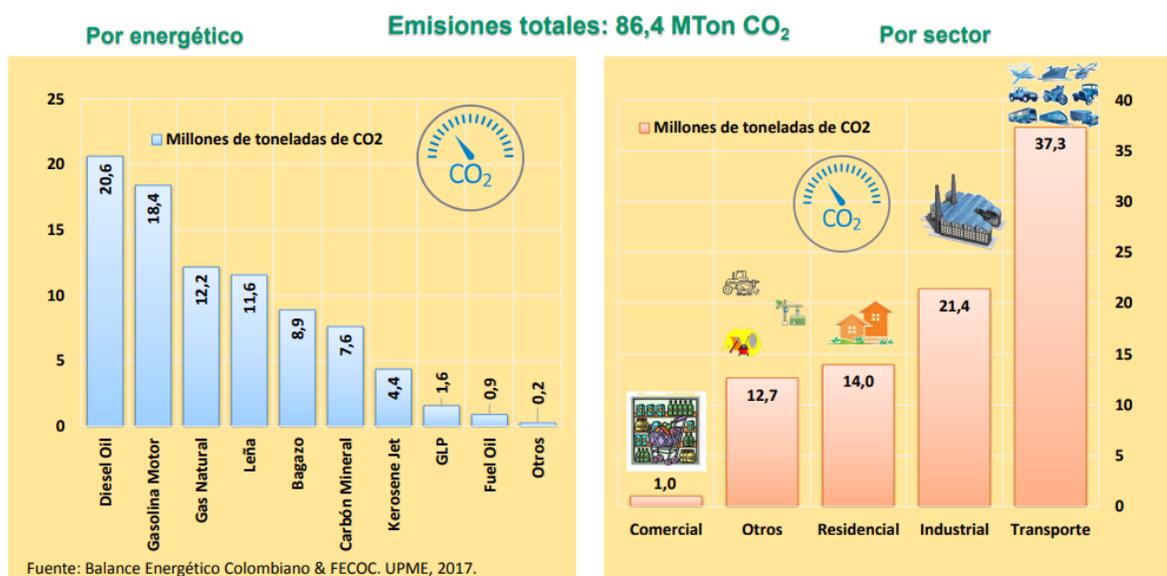
5.4. ANALISIS DE FACTIBILIDAD

5.4.1 Factibilidad ambiental. El estudio ambiental, busca identificar, cuantificar y valorar los distintos impactos de un proyecto tanto del corto plazo como del largo plazo, sobre las especies vivas y especies físicas del entorno del proyecto.

5.4.1 1 Emisiones de atmosféricas Son todos los fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión

observando la figura 6 se deduce que tanto el carbón mineral y la leña representan el 19,2 % de las emisiones de CO₂ en Colombia, este porcentaje de emisiones es susceptible de ser disminuido si los diferentes sectores económicos del país adoptan la producción de biochar por medio del proceso de carbonización hidrotermal ya que el biocarbón producto de este método presenta cero emisiones de CO₂ y un poder calorífico igual o superior al de estos 2 combustibles

Figura 6 Balance de emisiones de CO₂ en Colombia asociadas al consumo de energía y divididos por tipo de combustible y por sector



Fuente: UPME, Mapa energético de Colombia, 2017.

Las biorrefinerías y más específicamente la biorrefinería de carbonización hidrotermal tiene un balance favorable en cuanto a las emisiones de CO₂, porque las plantas propias del cultivo de la papa durante su proceso de crecimiento y maduración absorben CO₂ y hacen el papel de sumideros del CO₂, de esta manera existe una paridad entre las emisiones que genera el biocombustible producto del proceso de transformación de biomasa en la planta HTC y las emisiones absorbidas durante el ciclo de vida de la planta⁶⁹.

El proceso de transformación de la biomasa residual por medio de la carbonización hidrotermal aplicada en la actualidad es un proceso automatizado y limpio que no genera emisiones de gases al ambiente, es inoloro y silencioso.⁷⁰

De igual manera se puede considerar como impacto negativo bajo el de este método de carbonización hidrotermal el hecho de que los compuestos que normalmente se liberan a la atmosfera en la combustión tradicional de combustibles fósiles como los derivados de azufre y nitrógeno ya no serían emitidos, ya que los productos que generaría la biorrefinería remplazarían parte de los productos refinados tradicionalmente⁷¹.

5.4.1.2 Uso del agua. El proceso de carbonización hidrotermal presenta un consumo bajo de agua ya que la biomasa residual de la papa presenta un 80%⁷² de agua en su masa total, lo cual evita aplicar grandes cantidades de agua al proceso, el porcentaje del uso de agua en el proceso es de un 80% de agua por un 20% de biomasa.

De igual manera durante el proceso de carbonización hidrotermal el agua que es aplicada al proceso es reutilizada para reiniciar el siguiente proceso de carbonización ahorrando agua y aprovechando el calor que conserva el líquido para ser utilizado en el siguiente proceso; además de la reutilización del agua en el mismo proceso, este líquido presenta propiedades fertilizantes que aplicadas en los cultivos aumentan los nutrientes presentes en el suelo y aumentado la producción de los cultivos, todo esto demuestra que el uso del agua como insumo

⁶⁹ VILLAR, Juan Carlos, et al. "Biorrefinerías anti CO₂ con casi cualquier tipo de residuo orgánico," *En: EFE Verde*, 2013, p. 3,.

⁷⁰ COMUNIDAD VALENCIANA, et al, Ampliación y Mejora de una Planta de Carbonización Hidrotermal (HTC) *En: Proyecto INGELIA , S . L de Biomasa, " , 2014.p. 3*

⁷¹ VILLAR, Juan Carlos, et al. Op. cit p. 3,.

⁷² , Las papas, la nutrición y la alimentación [En línea PROKOP, Sylvana y ALBERT, Janice, et al, Las papas, la nutrición y la alimentación., . [citado 25 de agosto de 2019].. Disponible en internet: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html>.

y posteriormente como producto residual del proceso de carbonización hidrotermal hace que el proceso sea de bajo impacto en lo referente al uso del agua.

5.4.1 3 Residuos. La transformación y utilización de la papa que es considerada por el cultivador como residuo permite ayudar a prevenir la descomposición del mismo en los lugares donde es almacenado por los productores, este consumo rápido del residuo evita o al menos reduce la emisión de gases por la descomposición del mismo; otro factor importante en términos ambientales es la mínima producción de residuos producto de la transformación, ya que los productos y subproductos plataforma tanto sólidos, líquidos y gaseosos son susceptibles de ser comercializados en el mercado interno o externo, teniendo en cuenta lo anterior se puede decir que los residuos provenientes del proceso se limitan a las cenizas generadas por las impurezas que ingresan al reactor adheridas a la biomasa y que depende de lo eficiente que pueda llegar a ser el pretratamiento que tiene la biomasa usada.

5.4.2 Factibilidad técnica. Esta factibilidad contempla una evaluación que demuestre que el negocio puede ponerse en marcha y mantenerse, mostrando evidencias de que se ha planeado, y contemplado los problemas que involucra mantenerlo en funcionamiento.

5.4.2.1 Ámbito legal: Este ámbito muestra y describe los requerimientos legales que permiten que la empresa sea creada y puesta en marcha.

5.4.2.1.1 Emisiones atmosféricas, vertimientos y uso de agua. En términos de emisiones atmosféricas el decreto 0909 del 5 de junio de 2008⁷³ establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas, atendiendo a los requerimientos de dicho decreto y teniendo en cuenta que las emisiones generadas por el proceso de carbonización hidrotermal (HTC) de biomasa de papa son prácticamente inexistentes, la planta de carbonización cumple a cabalidad con el decreto 0909 de 2008⁷⁴.

⁷³ MINISTERIO DE AMBIENTE and D. TERRITORIAL, En: Resolución número (0909) 5 de Junio de 2008, p. 1-46, 2008.

⁷⁴ Ibip p 1-46, .

- **Permisos requeridos por CorpoBoyacá.** Estos requerimientos son los necesarios para que la corporación ambiental del departamento emita los permisos necesarios para la explotación de recursos naturales.

A Concesión de aguas subterráneas El trámite de Concesión de Aguas Subterráneas es un proceso que deben iniciar para obtener el derecho a usar el recurso hídrico proveniente de un pozo profundo, así lo determina el artículo 2.2.3.2.16.14. del Decreto 1076 de 2015. El procedimiento de Concesión de Aguas Subterráneas está regulado en el artículo 2.2.3.2.9.1 del Decreto 1076 de 2015 y comienza con la presentación del formulario de solicitud de Concesión de Aguas (FGP-88), junto con los documentos anexos. Ver anexo C.

B Costos y tasas del trámite para concesión de aguas Para la liquidación de los servicios de evaluación ambiental se debe presentar diligenciado el formato “FGP-89 Declaración de Costos de Inversión y Anual de Operación”, el cual se liquida de conformidad como se establece en la Resolución 2734 del 13 de septiembre de 2011, expedida por Corpoboyacá.

Así como FGP-86 Información de Proyecto Industrial – Formulario específico para industrias. Ver anexo D.

C Permiso de vertimientos El trámite de Permiso de Vertimientos es un proceso que deben iniciar las personas naturales o jurídicas que desempeñen actividades o presten servicios que generen vertimientos a las aguas superficiales, marinas, o al suelo. Así lo determina el artículo 2.2.3.3.5.1 del decreto 1076 de 2015.

El procedimiento de Trámite del Permiso de Vertimientos está regulado en el artículo 2.2.3.3.5.2 y subsiguientes del decreto 1076 de 2015. Para iniciar se deberá presentar el formulario de Solicitud de permiso de Vertimientos (FGP-70) junto con los documentos anexos, en las oficinas de atención al usuario de Corpoboyacá. Ver anexo E.

D Permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas Permiso de Emisiones Atmosféricas se debe tramitar cuando se realice una actividad que produzca descargas o emisiones de contaminantes a la atmósfera se debe obtener permiso de emisiones atmosféricas otorgado por la autoridad ambiental, dando cumplimiento a los requisitos y condiciones establecidos en el Decreto 1076 de 2015.

Comienza con la presentación de la solicitud de licencia ambiental “FGR-70 (anexo E) Solicitud de Emisiones Atmosféricas Fuentes Fijas”, junto con los documentos anexos relacionados en el formato de solicitud, ante el punto de atención “Ventanilla Única de Trámites Permisarios” y se solicita la liquidación para el pago por servicios de evaluación Ambiental. Una vez se cuente con el recibo de pago, se procede a radicar la solicitud.

5.4.2.1.2 Cambio climático. Nuestra planta de biorrefinería es congruente con los estándares y requerimientos que hace la ley 1931 del 27 de julio de 2018⁷⁵ y la resolución 40807 del 2 de agosto de 2018⁷⁶ en lo correspondiente a las directrices para la adaptación de la industria a los procesos de cambio climático en la nación, ya que como se ha mencionado, la planta de HTC produce de forma eficiente inclusive con estándares europeos debido a que su fabricante proviene de dicho continente.

5.4.2.1.3 Beneficios tributarios a la producción de biocombustibles. Según el concepto Compes 3510 del 31 de marzo de 2018⁷⁷ en el cual se dan lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia, se plantean diferentes tipos de beneficios tributarios para la industria de los biocombustibles entre los que se plantea la reducción del impuesto de renta del 40% de las inversiones en activos fijos como originalmente lo contemplaba la ley 1111 de 2006⁷⁸.

5.4.2.1.4 Leyes y decretos según actividad económica.

- La Ley 1715 de 2014 Por la cual se reglamenta el desarrollo y uso de fuentes no convencionales de energía (FNCE), como la energía nuclear, y de energía renovable (FNCER), o como la energía solar y eólica, está siendo promovida a partir de la implementación de la ley.

Los beneficios de la ley 1715 se aplican a empresas que permitan que las FNCE y las FNCER que entren en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, participación en zonas no interconectadas y en

⁷⁵ CONGRESO DE COLOMBIA, En: Ley 1931 de 27 de julio de 2018, directrices para la gestión del cambio climático, p. 1-19, 2018.

⁷⁶ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, En: Resolución 40807 de 2018 cambio climático, pp. 1–43, 2018.

⁷⁷ C. NACIONAL and S. REP, En: C o n p e s 3510. ,2008 pp. 1–44.

⁷⁸ CONGRESO DE LA REPÚBLICA, En: Ley 1111 de 2006 -Estatuto tributario de los impuestos administrados por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. pp. 1–43, 2006.

otros usos energéticos que beneficien objetivos del desarrollo económico sostenible como la seguridad del abastecimiento energético y la reducción de emisiones anuales de gases de efecto invernadero.

- Ley 1258 de 2008: por medio de la cual se crea la sociedad por acciones simplificada
- Ley 23 de 1973: prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional.
- Ley 2 de 1959: Por la cual se reglamenta la Reserva forestal, protección de suelos y agua.
- Ley 79 de 1986: por la cual se prevé a la conservación de agua y se dictan otras disposiciones.
- Ley 373 de 1997: Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
- Ley 590 De 2000: Por la cual se dictan disposiciones para promover el desarrollo de la micro, pequeñas y medianas empresa.
- Ley 1014 De 2006: Promover el espíritu emprendedor en todos los estamentos educativos del país, en el cual se propenda y trabaje conjuntamente sobre los principios y valores que establece la Constitución y los establecidos en la presente.
- Ley 905 de 2004: por medio de la cual se modifica la Ley 590 de 2000 sobre promoción del desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 2151 De 1979, por el cual se decreta el manejo de los recursos naturales renovables y se otorgan los permisos para los mismos.

- Decreto 1614 De 1980, igual que el anterior tiene que ver con los permiso para el uso de energía renovable.
- Decreto 1753 de 1994: por el cual se reglamentan parcialmente los Títulos VIII y XII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias.
- Decreto 901 de 1997: Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de éstas.
- Constitución política Art.333: Establece la libertad económica y toma a la empresa como base en el desarrollo.

5.4.2.2 Equipos

5.4.2.2.1 Lavadora de papa La lavadora de papa (figura 7) se utiliza para preparar la biomasa residual de la papa , limpiando la tierra y la suciedad en general que trae consigo la biomasa, esta limpieza permite manejar de forma más eficiente los pesos y volúmenes de insumos y materia prima que se introduce en el reactor, esta lavadora presenta una capacidad de lavado de 1,5 ton/hora⁷⁹ lo cual permite mantener una materia prima limpia de hasta 10,5 ton/día trabajando 7 diarias para proveer de forma eficiente la materia prima hacia el reactor con la menor cantidad de residuo posible.

⁷⁹ Lavadora De Papa Ingemaq, INGEMAQ BELLO S.A.S, Et al, [En línea] INGEMAQ . [Citado el 30 de agosto de 2019] ,Disponible en : <http://ingemaqbello.com/lavadoras-de-papa/>.

Figura 7 Lavadora de papa 30 bultos/hora, marca INGEMAQ



Fuente: Lavadora De Papa Ingemaq, INGEMAQ BELLO S.A.S, Et al, [En línea] INGEMAQ . [Citado el 30 de agosto de 2019] ,Disponible en : <http://ingemaqbello.com/lavadoras-de-papa/>.

5.4.2.2 Trituradora de papa El proceso de carbonización hidrotermal puede incluir una fase adicional de pretratamiento de la biomasa previa a su alimentación al proceso HTC, con objeto de lograr unas condiciones adecuadas para su procesamiento además de para facilitar el posterior proceso de carbonización. En concreto esta fase adicional de pretratamiento comprenderá, al menos, una etapa de triturado esta fase adicional, la biomasa será triturada (figura 8) hasta conseguir un tamaño máximo de partícula que permita su paso posterior por el equipo de presurización, en este caso como se tratarse de biomasa procedente de explotaciones agrarias, el tamaño final de partícula será inferior a 30 cm y, preferentemente, inferior a 15 cm;

- **Características Técnicas:**

Voltaje: 220V

Potencia (W): 2200

Peso: 30kg

Dimensión (L * W * H):

Capacidad: 1000 kg /h

Figura 8 : Trituradora de papa industrial.



Fuente: PAISAGRO, maquinaria agrícola.

5.4.2.2.3 Planta de carbonización hidrotérmica HTC. Empresas como Grenol, TerraNova Energy, Ava-co2, Ava-biochem y Ingelia han desarrollado industrialmente un proceso de carbonización hidrotérmica (HTC) de biomasa que permite la obtención de un biocombustible sólido de elevado PCI (poder calorífico) y baja humedad, alto rendimiento en la combustión y sin cuotas de emisiones de CO₂; a partir de diferentes tipos de materia orgánica. El desarrollo industrial y fabricación realizada por estas empresas, han planteado las patentes tanto del sistema de control y temperatura como el reactor de flujo invertido, estas empresas han diseñado y construido Plantas de Carbonización Hidrotérmica de Biomasa a escala industrial y en continuo en países como Alemania, Inglaterra, España, Japón, India y Chile que demuestra la viabilidad de la aplicación industrial de esta tecnología.

La principal ventaja del de este moderno proceso HTC frente a las técnicas anteriores, es su gran sencillez. Al contrario que en otros procesos de carbonización, en los cuales es necesario llevar a cabo una etapa de alto consumo energético para el secado de la biomasa, la carbonización hidrotérmica permite la utilización como materia prima de biomasa húmeda, lo cual supone un importante ahorro en los costes de operación⁸⁰.

⁸⁰ O. E. DE and P. Y. MARCAS., En: Solicitud de Patente Ingelia sl, p. 4, 2008.

Por otra parte, en este proceso de carbonización húmeda de la biomasa anteriormente se protegía un método de tratamiento de residuos vegetales, en el cual dichos residuos eran colocados en unas retortas previamente humedecidas a las que se inyectaba vapor recalentado hasta alcanzar una temperatura de unos 180 a 220°C y una presión de 2 a 10 atm, esta operación se prolongaba de unas 6 a 20 horas hasta alcanzar las condiciones deseadas del producto final. El inconveniente de este proceso, frente al presente método, era la necesidad de operar de manera discontinua, pero años más tarde, se presentaba una nueva alternativa para el proceso de enriquecimiento de carbones de bajo poder calorífico, la cual permitía el llevar a cabo la operación en continuo, la principal ventaja que se obtiene con este nuevo reactor es un mejor control de la temperatura y presión del proceso⁸¹.

Otras alternativas que han sido estudiadas para llevar a cabo el proceso consisten, por ejemplo, en la realización de la etapa de reacción hidrotermal en condiciones supercríticas. Sin embargo, aunque los resultados obtenidos hasta el momento han sido buenos, los costes de este proceso siguen siendo bastante elevados, lo que dificulta su viabilidad industrial⁸².

En conclusión lo que hace más factible técnicamente a la moderna carbonización hidrotermal frente a las técnicas ya conocidas, consiste fundamentalmente en la gran sencillez de los equipos con los que se lleva a cabo dicho proceso. En concreto, la utilización de un reactor de flujo invertido permite un aporte continuo de biomasa al reactor, lo cual asegura la evacuación hacia la parte superior del dispositivo de los gases y el vapor de agua generados. De esta forma, y en combinación con un aporte continuo de agua de proceso, se garantiza la evacuación del calor producido durante la reacción y, al mismo tiempo, se consigue mantener estable la temperatura y presión del proceso⁸³.

Una ventaja adicional del proceso es la ausencia de partes móviles e Intercambiadores térmicos en el interior del reactor, con lo que se mejora su durabilidad y fiabilidad, a la vez que se reduce el coste y tiempo de mantenimiento, asimismo, permite disponer de los excedentes de calor del proceso en forma de vapor saturado a una presión cercana a la del propio proceso de carbonización. Así, parte del vapor generado puede utilizarse para precalentar la mezcla acuosa de la biomasa antes de su entrada al reactor, pudiéndose aprovechar el exceso del mismo en la generación de energía eléctrica mediante el uso de turbinas de vapor o bien en la producción de calor para otros usos o procesos⁸⁴.

⁸¹ Ibid., p.3

⁸² Ibid., p.50

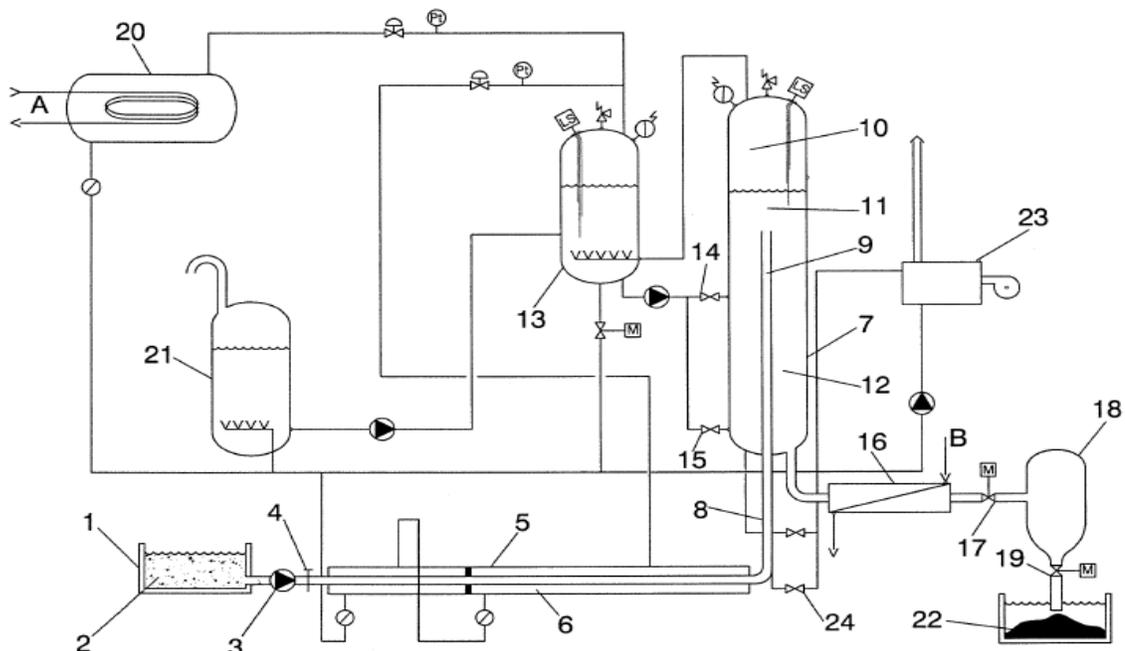
⁸³ Ibid., p.51

⁸⁴ Ibid., p.52

El resultado del proceso HTC es la obtención de un producto de elevada densidad energética a partir de la biomasa residual de la papa. Además, dicho producto presenta la ventaja de ser fácilmente recuperable, pudiéndose separar de la fase líquida mediante filtración, centrifugación o prensado, entre otros métodos. Si bien existen distintas posibilidades de utilización del producto, cabe destacar su uso, de manera preferente, como combustible sólido o como materia prima para la producción de combustibles líquidos de hidrocarburos.

La planta de HTC construida por Ingelia contiene los equipos y procesos descritos en la figura 9.

Figura 9 :Descripción de procesos planta HTC Ingelia.



Fuente: INGELIA, S.L.

Breve descripción de la figura del proceso, la figura 9 muestra un diagrama del proceso HTC. A continuación, se presenta un listado de las referencias correspondientes a dicha figura:

1. Tolva de almacenamiento

2. Mezcla de biomasa, agua de proceso y catalizador
3. Bomba de compresión
4. Válvula de compuerta
5. Tubo de precalentamiento
6. Fluido caliente
7. Reactor vertical de flujo invertido
8. Tubo de ascenso
9. Zona de monomerización
10. Zona de gases y vapor de agua
11. Zona de polimerización
12. Zona de maduración
13. Depósito de regulación de presión
14. Válvula de regulación
15. Válvula de regulación
16. Equipo de enfriamiento
17. Válvula de descompresión
18. Depósito flash
19. Válvula de descompresión
20. Intercambiador de calor
21. Depósito de condensados
22. Producto final
23. Caldera de vapor
24. Válvula de regulación

- **Etapas del Proceso de carbonización hidrotermal.** Se presenta la descripción⁸⁵, haciendo referencia a la numeración adoptada en la figura 9.

Así, en la figura 9, se observa cómo el proceso comienza en la tolva de almacenamiento (1), desde donde una mezcla de biomasa, agua de proceso y catalizador (2) a un pH de 6,1⁸⁶ parte hacia la bomba de compresión (3), en la cual es comprimida hasta una presión de al menos 13 bar, que es la presión del reactor sumada a la presión necesaria para vencer la contrapresión creada en el recorrido del tubo de precalentamiento (5) y del tubo de ascenso (8).

Una vez comprimida, la mezcla es transportada a lo largo del tubo de precalentamiento (5), hasta alcanzar una temperatura de unos 180°C.

⁸⁵ibid., p.54

⁸⁶ CAMPBELL meg, "Son las papas ácidas o alcalinas" 2019

Tras esta etapa de precalentamiento, la mezcla es alimentada al reactor vertical de flujo invertido (7), de 6 m de longitud y 1 m de diámetro, a través del tubo de ascenso (8), el cual posee un diámetro de 20 cm y se encuentra ocupando un 60% de la altura del reactor.

A continuación, en el caso de arranque en frío del reactor, se inyecta vapor a una temperatura de unos 195°C por la parte baja del mismo, tanto por el tubo de ascenso (8) como por la zona de maduración (12), hasta alcanzar la temperatura y presión de proceso, dando comienzo entonces la fase de monomerización. Al mismo tiempo, debido a la propia descomposición natural de la biomasa, se inicia un desprendimiento de gases, como por ejemplo metano o CO₂, los cuales ascienden por el interior del tubo de ascenso (8) hasta acumularse en la zona de gases y vapor de agua (10) situada en la parte alta del reactor. Desde allí son evacuados, conjuntamente con el vapor saturado, hacia el depósito de regulación de presión (13).

Por otra parte, una vez alcanzan la salida del tubo de ascenso (8), los productos resultantes de la primera fase de monomerización comienzan la segunda etapa, de polimerización, durante la cual son transformados en una especie de resina o estado previo de carbón. Esta etapa se lleva a cabo en la zona de polimerización (11). Además, durante esta etapa, al tratarse de una fase de naturaleza exotérmica, será necesario aportar una cierta cantidad de agua de proceso para lograr mantener la temperatura de operación estable entorno a unos 191°C, así como para asegurar un volumen constante en el reactor. Este aporte de condensados se realizará a través de las válvulas (14) y (15) y procederán del depósito de regulación de presión (13).

Transcurridas unas 3 horas, la densidad de los compuestos sólidos es lo suficientemente elevada como para comenzar su descenso hacia la zona de maduración (12), en la cual permanecen unas 8 horas más hasta que su actividad térmica ha descendido prácticamente a cero.

Una vez finalizado el proceso de carbonización, la mezcla de biomasa carbonizada y agua de proceso, entra en el equipo de enfriamiento (16), donde su temperatura es reducida hasta unos 90°C. Finalmente, una vez enfriada, la mezcla es extraída a través de las válvulas de descompresión (17) y (19), pasando por el depósito flash intermedio (18), obteniéndose un producto constituido por una fase líquida y por partículas sólidas de biomasa carbonizada. A continuación, estas partículas sólidas son separadas de la fase líquida mediante centrifugación y son

comprimidas en forma de pellets o briquetas para su utilización como combustible sólido⁸⁷.

5.4.3 Factibilidad económica. Esta expresa los recursos que se necesitarán para implementar el proyecto y una evaluación de sus posibilidades de éxito

5.4.3.1 Estudio de mercado biochar. Esta busca determinar la viabilidad comercial del biochar.

5.4.3.1.1 Uso agrícola. La generación de biochar es un proceso relativamente nuevo, únicamente está desarrollado en Sudamérica para la producción de biochar a partir de biomasa vegetal y agrícola, por lo tanto los datos no son comparables ya que no se utiliza la misma materia prima que en nuestro caso.

El biochar producido se venderá a empresas dedicadas a la agricultura según la demanda reflejada en la tabla 5, como pueden ser cooperativas agrícolas, empresas de fertilizantes, etc. Los subproductos generados en la obtención de nuestro producto objetivo se aprovecharán internamente en las demandas energéticas de la propia planta generadora de biochar, el subproducto sobrante se comercializará a empresas dedicadas a la generación de energía a través de los combustibles fósiles.

Cada vez es más importante en la sociedad la correcta gestión subproductos agrícolas debido a la evolución de la restrictiva legislación y a la fuerte concienciación medio ambiental. Es por esto por lo que el biochar aparece como un novedoso producto generado a partir de estos subproductos que se quieren eliminar transformándolos en otro producto que aportado a suelos agrícolas tiene la capacidad de captar el carbono de la atmósfera procedente de las emisiones de CO gases contaminantes.

La demanda está enfocada a las necesidades agrícolas de fertilizantes tanto orgánicos como químicos en Colombia y Latinoamérica que representan un total de 191 empresas dedicadas a la comercialización de productos fertilizantes. Lo que supone como se observa en la tabla 5 una producción de 1.565.589.190 kg de fertilizantes y acondicionadores de suelo, esto indica que existe una cantidad

⁸⁷ibid., p.53

significativa de mercado que puede ser abordado para competir de forma eficiente con el uso del biocarbón como producto comercializable.⁸⁸

Tabla 5. Producción y ventas de fertilizantes y acondicionadores de suelos por tipo de control año 2016

TIPO DE CONTROL	Kg				Lt			
	PRODUCCION	%	VENTAS	%	PRODUCCION	%	VENTAS	%
ACONDICIONADOR ORGANICO DE SUELOS	152.692.135	2,82%	92.091.308	2,82%	606.538	3,95%	638.957	4,03%
ACONDICIONADOR ORGANICO MINERAL DE SUELOS	3.169.290	0,71%	3.231.240	0,67%	200	1,69%	33.552	1,65%
COADYUVANTE		0,00%		0,00%	641.890	0,94%	634.879	0,92%
COMPUESTOS NK	3.716.663	2,44%	42.857.162	2,58%	13.985	0,56%	16.069	0,55%
COMPUESTOS NP	36.437.675	3,53%	45.213.462	3,62%	237.000	0,19%	260.550	0,18%
COMPUESTOS NPK	321.434.680	15,08%	393.644.737	15,03%	2.158.238	1,13%	20.183	1,10%
COMPUESTOS NPK	408.846.695	17,14%	513.653.460	16,81%	7.900	1,32%	17.088	1,28%
COMPUESTOS PK	102.170.700	2,05%	100.401.836	1,96%	7.700	0,56%	7.700	0,55%
ENMIENDA	10.339.743	1,09%	9.470.082	1,17%	10.037	0,19%	10.067	0,18%
ENMIENDA INORGANICA	38.510.763	2,05%	56.047.207	2,21%		0,00%		0,00%
ENMIENDA ORGANICA		0,00%		0,00%	0	0,19%	32.396	0,18%
FERTIRRIEGO E HIDROPONIA	4.675.380	0,26%	3.233.716	0,25%	32.245	1,88%	84.803	1,83%
FOLIARES EN MEZCLA	4.907.896	5,33%	4.309.552	5,46%	4.113.324	58,95%	4.737.964	58,79%
FOLIARES SIMPLES	638.718	1,60%	600.358	1,60%	244.595	18,08%	472.314	18,68%
FUENTES DE FOSFORO	51.008.367	3,59%	295.750.222	3,62%	4.100	0,56%	4.872	0,55%
FUENTES DE NITROGENO	144.792.767	5,26%	464.196.559	5,52%	12.790.511	3,58%	9.053.005	3,48%
FUENTES DE POTASIO	54.481.118	5,26%	250.278.768	5,52%	619.732	1,51%	628.841	1,47%
HIDRORETENEDOR	0	0,19%	85.192	0,18%		0,00%		0,00%
MEZCLA FISICA	204.421.913	23,43%	269.572.365	22,88%	51.340	0,19%	48.060	0,18%
OTROS	4.394.675	0,71%	5.399.484	0,80%	38.506.345	2,82%	691.292	2,75%
SECUNDARIOS + MENORES	30	0,06%	28	0,06%		0,00%		0,00%
SIMPLE AZUFRE	10.231.848	1,60%	13.680.044	1,53%	23.295	0,38%	22.335	0,37%
SIMPLE BORO	238.459	1,73%	5.752.344	1,78%		0,00%		0,00%
SIMPLE CALCIO	441.860	0,45%	426.379	0,43%	0	0,19%	12	0,18%
SIMPLE COBRE	14.425	0,19%	14.672	0,18%	2.814	0,38%	2.837	0,37%
SIMPLE HIERRO	304.781	0,71%	458.447	0,67%		0,00%		0,00%
SIMPLE MAGNESIO	4.963.819	1,67%	5.516.960	1,66%		0,00%		0,00%

TIPO DE CONTROL	Kg				Lt			
	PRODUCCION	%	VENTAS	%	PRODUCCION	%	VENTAS	%
SIMPLE MANGANESO	836	0,26%	103.401	0,25%		0,00%		0,00%
SIMPLE SILICIO	240.455	0,19%	197.159	0,18%		0,00%		0,00%
SIMPLE ZINC	2.513.500	0,58%	2.560.076	0,55%	8.030	0,75%	8.556	0,73%
Total general	1.565.589.190	100,00%	2.578.746.218	100,00%	60.079.819	100,00%	17.426.333	100,00%

⁸⁸ ICA INTITUTO COLOMBIANO DE AGRICULTURA. En: comercializacion de fertilizantes y acondicionadores de suelos año 2016 p.12.

Fuente: ICA INTITUTO COLOMBIANO DE AGRICULTURA. En: comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos año 2016 p.12.

Dentro de las oportunidades de mercado, según información del ICA en 2016 en la tabla 6 se evidencian importaciones de fertilizantes y acondicionadores del suelo por un volumen de hasta 1.996.018 toneladas para el año 2016, lo cual demuestra la oferta insatisfechas que existe en el mercado colombiano de este tipo de productos.

Tabla 6. Importación de fertilizantes y acondicionadores de suelos año 2016 por tipo de control.

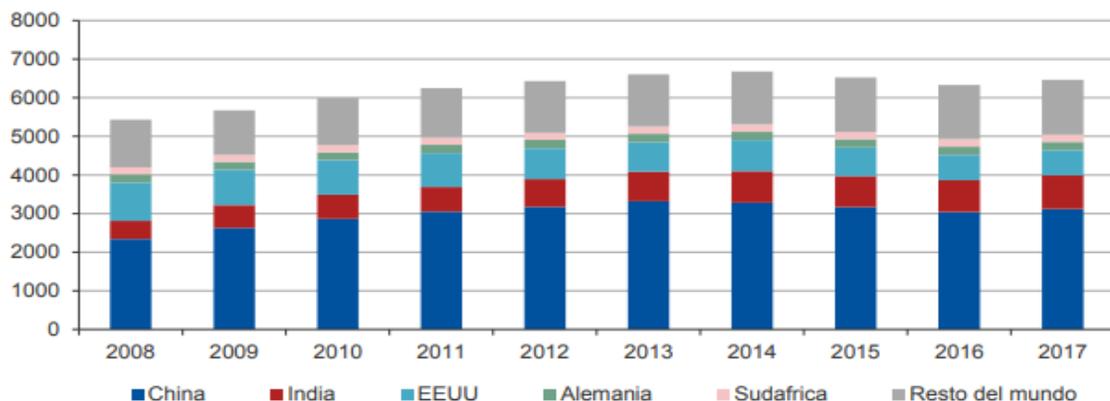
CLASE	Kg	%	Lt	%
ABONO ORGANICO DE SUELOS		0,00%	11.645	0,80%
ACONDICIONADOR ORGANICO - MINERAL DE SUELOS	107.016	1,12%	52.457	4,80%
ADITIVO	89.700	0,67%		0,00%
COMPUESTOS NK	17.371.125	4,94%		0,00%
COMPUESTOS NP	335.655.585	10,11%		0,00%
COMPUESTOS NPK	209.372.880	17,98%		0,00%
COMPUESTOS PK	1.619.314	3,15%		0,00%
ENMIENDA INORGANICA	53.339.922	5,62%		0,00%
FERTIRRIEGO E HIDROPONIA	28.640	0,22%	3.924	0,80%
FOLIARES EN MEZCLA	1.071.018	5,62%	1.792.411	78,80%
FOLIARES SIMPLES	221.210	5,39%	206.673	13,60%
FUENTES DE FOSFORO	87.247.794	2,47%		0,00%
FUENTES DE NITROGENO	691.453.030	11,24%	3.040	0,80%
FUENTES DE POTASIO	582.956.145	19,78%		0,00%
HIDRORETENEDOR	3.000	0,22%	4.770	0,40%
OTROS	1.208	0,22%		0,00%
SIMPLE AZUFRE	1.745.000	0,90%		0,00%
SIMPLE BORO	7.490.494	5,84%		0,00%
SIMPLE CALCIO	1.603	0,45%		0,00%
SIMPLE HIERRO	6.900	0,22%		0,00%
SIMPLE MAGNESIO	5.240.480	1,35%		0,00%
SIMPLE MANGANESO	17.700	0,22%		0,00%
SIMPLE MOLIBDENO	1.500	0,45%		0,00%
SIMPLE ZINC	977.579	1,80%		0,00%
Total general	1.996.018.844	100,00%	2.074.920	100,00%

Fuente: ICA INTITUTO COLOMBIANO DE AGRICULTURA. En: comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelos año 2016 p.18.

5.4.3.1.2 Como combustible para generación eléctrica. El mercado del biochar puede llegar a intervenir en el mercado de los combustibles usados para la generación de energía eléctrica y la transformación de metales, ya que según la

Agencia nacional de minería⁸⁹ el carbón bituminoso utilizado en estas actividades cuenta con un poder calorífico de 24 a 35 MJ/kg mientras que el biochar objeto de estudio presenta un poder calorífico entre 24 a 25 MJ/kg⁹⁰ lo cual permitiría la producción y posterior comercialización de biochar como combustible en Colombia y el resto del mundo ya que como muestra la tabla 7 la demanda de carbón a nivel mundial ha sido constante en la última década y la proyección de demanda del mismo producto puede llegar a las 7000 millones de toneladas⁹¹ para el año 2022 como lo muestra la tabla 8.

Tabla 7: Demanda histórica de carbón térmico en el mundo, 2008-2017, (Mt), en esta tabla se observa la creciente necesidad de carbón en el planeta y a su vez se observan las cantidades en millones de toneladas de carbón térmico a ser remplazado por el biochar.



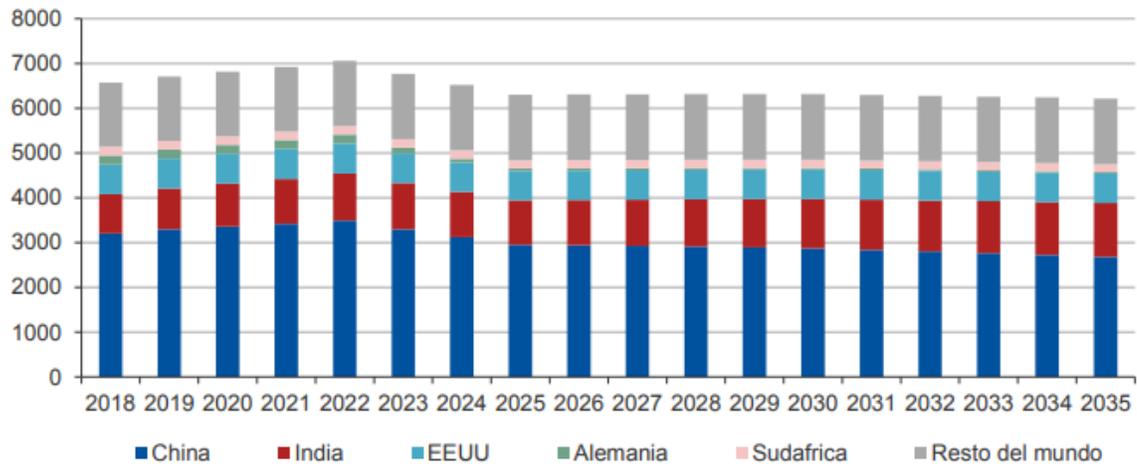
Fuente: UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA UPME, Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2018. p 17

⁸⁹ MINERIA. AN., CARBÓN p 5. 2016.

⁹⁰ Alonso-GÓMEZ L, CRUZ-DOMINGUEZ A, JIMÉNEZ-madrid D, et al, BIOCHAR COMO ENMIENDA EN UN OXISOL Y SU EFECTO BIOCHAR AS AN AMENDMENT IN AN OXISOL AND ITS. 2018 p: 341-349.

⁹¹ UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA UPME, Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2018. p 17

Tabla 8. Proyección de la demanda de car carbón térmico en el planeta, 2018-2035, (Mt)

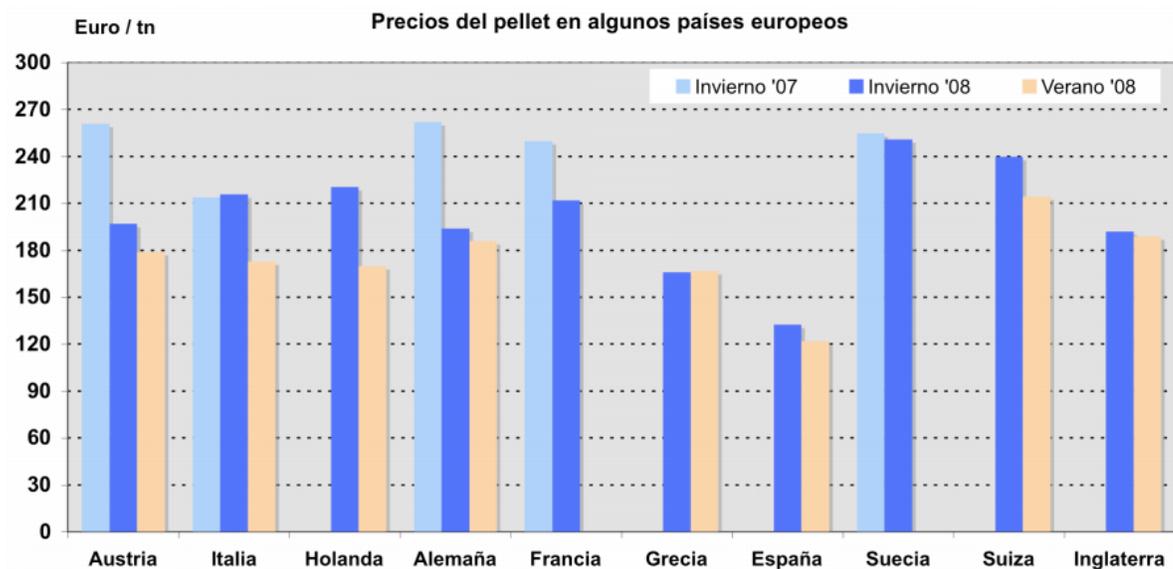


Fuente: UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA UPME, Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano, y largo plazo con vigencia al año 2018. p 17.

Como se observa en la figura10 los precios promedio por tonelada de biochar en los países productores e importadores de este producto, lo cual indica un precio promedio de venta del producto en Europa en 180 euros para el 2008 y una proyección de hasta 210 euros para el año 2019⁹².

Figura 10: Precios referencia en algunos países europeos para los períodos invierno

⁹² INFLACION.EU, En: "Inflación armonizada histórica Europa – IPCA", p.1, 2019.



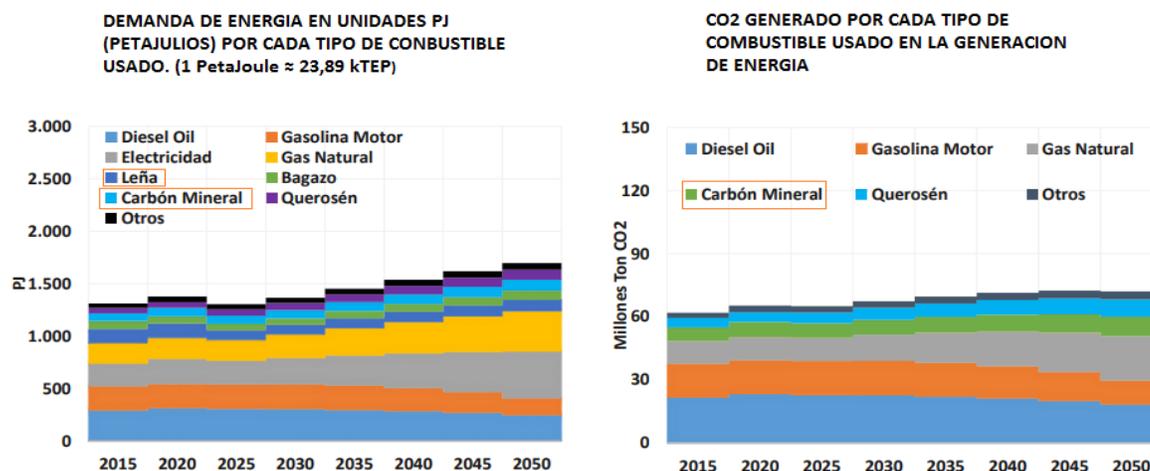
Fuente: NOJEK BARBIERI Juan Pablo, pellets de madera: una fuente de energía renovable, 2012, p 51

A nivel nacional se observa (figura 11) la demanda energética que tendrá Colombia en los últimos 30 años⁹³, dicha demanda energética implica el uso de combustibles como la leña y el carbón mineral, productos que en el mercado son competidores directos del biocarbón generado por la futura planta de HTC de biomasa residual de papa pero que a su vez tienen características de menor calidad que la del biochar como lo es el poder calorífico, el precio en el mercado y la generación de emisiones como el CO₂, esto indica que el mercado nacional también es propicio para la producción y comercialización del biocarbón como combustible sólido.

Figura 11. Demanda energética y producción de co2 en Colombia 2050.

⁹³ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA UPME., En: Mapa Energético de Colombia, 2019. p.1-4

PROYECCION DE DEMANDA DE ENERGIA Y
GENERACION DE CO2 EN COLOMBIA 2050.



Fuente: UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA UPME., En: Mapa Energético de Colombia, 2019. p.1-4

A nivel local se encuentra un cliente potencial dentro del departamento de Boyacá como es termo Paipa, esta termoeléctrica ubicada en el corazón del departamento de Boyacá cuenta con las unidades I, II y III que suman 177 megavatios y consumen 900.000⁹⁴ toneladas de carbón al año , a su vez se tiene previsto la construcción de una quinta unidad la cual se denominara Paipa V y tendrá una demanda de 460.000⁹⁵ toneladas año de carbón , lo anterior nos permite concluir que en términos de demanda de biochar como competidor directo en el mercado de los fertilizantes y en el mercado de los combustibles sólidos de combustión, el biochar podría ser un producto que atienda las necesidades de varios tipos de mercado aun insatisfecho en Colombia y el resto del planeta.

5.4.3.1.3 Como combustible para generación de calor a nivel doméstico. El pellet y las briquetas de biomasa tienen varios mercados bien diferenciados en los que se desarrolla, por un lado está el mercado doméstico y por el otro el industrial. A su vez cada uno de ellos tiene dos usos, nuevamente, bien marcados. En el mercado doméstico los usos son como combustible en estufas individuales que se

⁹⁴ La quinta unidad será el renacer de Termo Paipa. *D EL TIEMPO*. 2017 [En línea] MEDINA Harvey Yecid., [Citado el 30 de Septiembre de 2019] ,Disponible en :. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16791751>

⁹⁵.Ibip. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16791751>

utilizan para calefaccionar un ambiente, o bien como combustible en calderas para alimentar sistemas centralizados de calefacci3n. Dependiendo del tama1o, estos 6ltimos se pueden utilizar para pocos ambientes o bien para toda una casa o complejo inmobiliario. En cuanto al mercado industrial, sus usos son como combustible en hornos dentro de un proceso o bien para la combusti3n en la co-generaci3n el6ctrica.

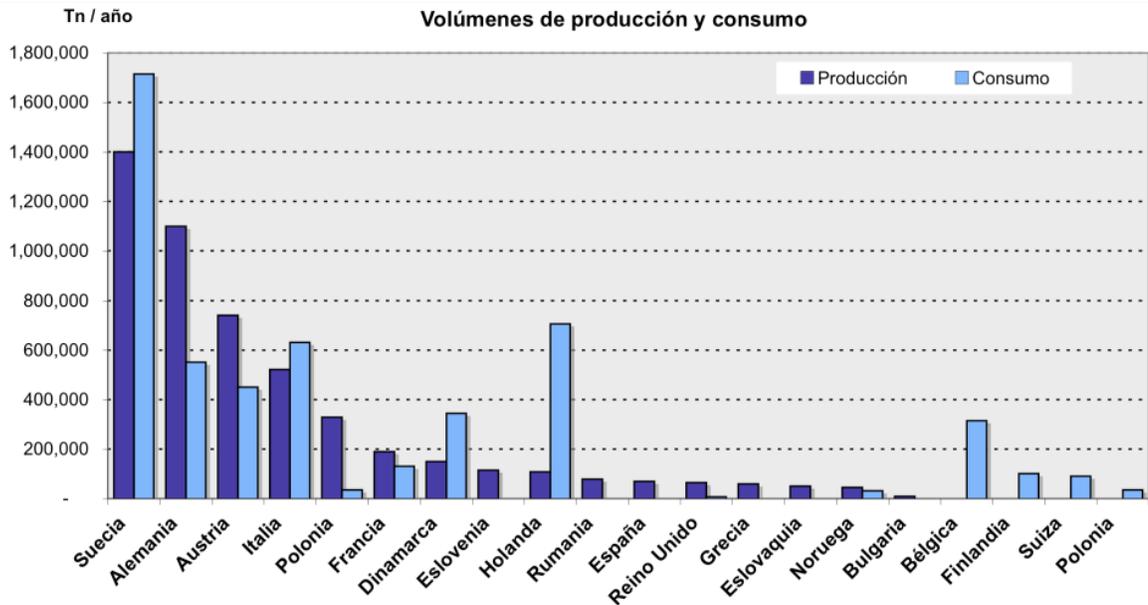
Figura 12: Esquema que muestra el pellet de biochar



Fuente: NOJEK BARBIERI Juan Pablo, pellets de madera: una fuente de energ3a renovable,2012,p 59

- **Mercado de pellets en Europa.** Los pellets de biomasa se utilizan tanto para la producci3n de electricidad como para la producci3n de calor y su aplicaci3n var3a de pa3s a pa3s. Su principal uso es en estufas hogare1as, calderas, asados o aplicaciones industriales, el cual depende en gran medida de las pol3ticas nacionales de energ3a renovable, las escalas de la industria maderera y los h6bitos de calefacci3n.(Figura 13)

Figura 13: Volúmenes de producción y consumo de pellets de madera en los principales países de la industria del pellet en Europa.



Fuente: NOJEK BARBIERI Juan Pablo, pellets de madera: una fuente de energía renovable, 2012, p 51

- Mercado de pellets en Colombia.** Según la UPME⁹⁶, en Colombia se producen 22000 de carbón de leña al año, de los cuales se exporta 14000 y se deja para el consumo interno 7000, Teniendo en cuenta la información anterior, el mercado potencial de las briquetas y pellets de biocarbon es de 22000 y el mercado objetivo es de 7000, el mercado objetivo es el de productos usados para BBQ o Asados, Chimeneas, Fogatas y Picnic.

En Colombia existen 2 empresas importantes que se dedican a la fabricación de briquetas:

A Industrias San Felipe SAS⁹⁷: es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos derivados de maderas sólidas, y productos BBQ. Tienen 17 años en el mercado ofreciendo productos para BBQ y están ubicados

⁹⁶ UPME OB cit: p.1-4.

⁹⁷catalogo pro Colombia”, [En línea] C.I. INDUSTRIAS SAN FELIPE S.A [Citado el 17 de agosto de 2019] ,Disponible en : <https://catalogo.procolombia.co/es/manufacturas-e-insumos/muebles-y-maderas/ci-industrias-san-felipe-sa.aspx>

en la ciudad de Manizales, comercializan diferentes productos entre ellos Briquetas de carbón Vegetal. Actualmente le distribuyen producto a almacenes de cadena como:

- Almacenes Éxito
- Carulla
- Supertiendas Olímpica.
- Sodimac Colombia s.a.
- homecenter.
- Homesentry.
- Makro supermayorista.
- Cencosud Colombia.

El precio promedio de venta en la empresa del producto empaquetado es de 3.3 kilogramos a un precio de \$9950 + IVA.

B GARCABAS: Es una empresa que se dedica a la fabricación y comercialización de briquetas para uso industrial y doméstico a base de residuos de café. El costo de venta por kilogramo de briqueta es de \$3.000 pesos, la empresa se ubica en Pereira y el precio no incluye transporte.

C Precios de venta biochar

- Precio de venta como fertilizante: \$20.000⁹⁸ kilogramo.
- Precio de venta para generación de energía eléctrica: \$775.000⁹⁹/1000kilogramos.
- Precio de venta combustible domestico: \$3.300¹⁰⁰ kilogramo.

5.4.3.1.4 Metodología para determinar la factibilidad de proyecto Como primera medida aplicada para definir la factibilidad del proyecto estuvo la valoraciones de las ventajas ambientales, legales y técnicas del mismo, en este último factor se describen las características técnicas y el valor de los equipos necesarios para el pretratamiento de la biomasa residual de la papa y las características generales de la planta de carbonización hidrotermal, es de destacar

⁹⁸, Wakefield Biochar Soil Conditioner -, [En línea] WAKEFIELD BIOCHAR [Citado el 19 de agosto de 2019] ,Disponible en : <https://www.amazon.com/Wakefield-Biochar-Soil-Conditioner-Certified>.

⁹⁹ J. PABLO and N. BARBERINI, En: "ingeniería industrial pellets de madera : UNA FUENTE DE ENERGIA RENOVABLE," p.1-102 2009.

¹⁰⁰ C.I. INDUSTRIAS SAN FELIPE S.A, Ob cit p.1

que dicha planta tiene un valor de construcción de aproximadamente \$ 3.755.000.000 incluyendo equipos de pretratamiento según datos suministrados por el fabricante.

Una vez descritas las características técnicas de la planta HTC, se hizo un análisis del mercado potencial nacional e internacional para el biochar que genera la planta y que son descritos como biochar para combustible, fertilizante y como pellet; en última instancia se simulan con la herramienta la hipotética construcción y puesta en marcha de una planta de carbonización hidrotermal de biomasa residual de papa, en la simulación se calcularon datos como la inversión inicial, financiación, gastos operativos, ventas, coste de ventas y estado de pérdidas y ganancias, en dicho análisis se simularon 2 escenarios, uno con la disponibilidad mínima de materia prima con la que se puede poner en marcha la planta HTC y otro con la transformación de 2100ton/año, utilizando los flujos de caja arrojados por las simulaciones se determinaron valores de la TIR y los periodos de recuperación de la inversión en ambos escenarios.

6-RESULTADOS

6.1. Resultados de la encuesta: Estos resultados resumen el trabajo estadístico realizado para obtener la información necesaria sobre la materia prima a emplearse en la hipotética planta de carbonización hidrotermal

Los resultados mostrados a continuación reflejan los datos con más repercusión para la investigación, en estos se examinan simultáneamente los resultados de los 2 grupos de encuestados tanto para el grupo con muestra de 62 productores como para el grupo con muestra de 8 grandes productores.

Nota: El modelo de encuesta se encuentra en el anexo A. y los resultados generales de la encuesta para los 2 grupos se encuentran en el anexo H.

- En la figura 14 se muestra la proporción en la que se encuentran ubicados los cultivadores de papa, lo cual indica que los grandes cultivadores son los que producen más de 260 toneladas de papa al año y tienen una proporción de 6%, mientras que los que producen menos de 260 toneladas de papa al año y tienen una proporción de 94%.

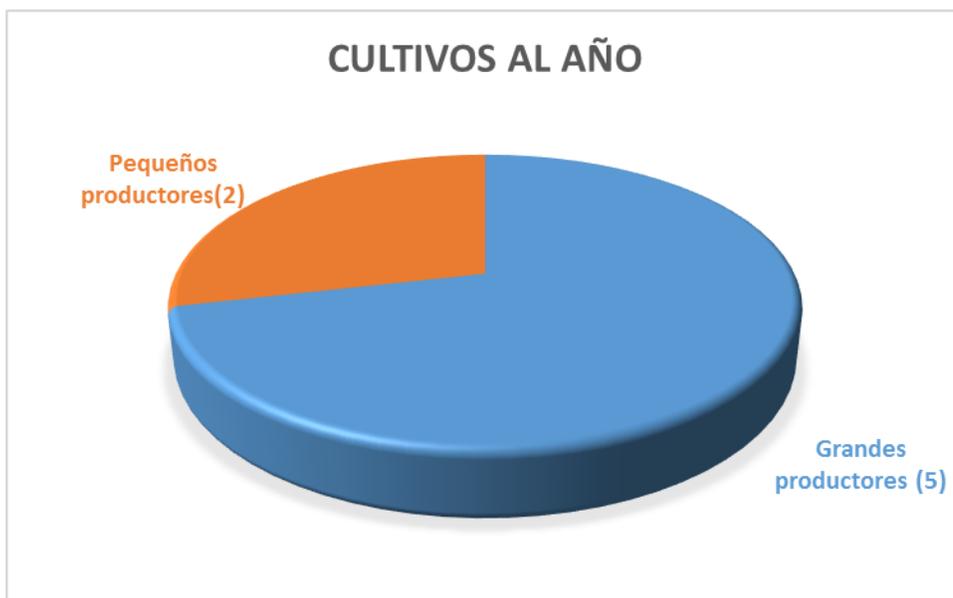
Figura 14: Tipos de productores.



Fuente: Elaboración propia.

- En la figura 15 podemos observar la periodicidad y el número de siembras que realizan en un año los pequeños y grandes productores de papa en la región, los pequeños productores siembran en 2 periodos generalmente a mitad y fin de año, mientras los grandes productores lo hacen 5 veces al año en intervalos de entre 2 a 3 meses lo que les permite cosechar el tubérculo y generar biomasa residual del mismo durante todo el año.

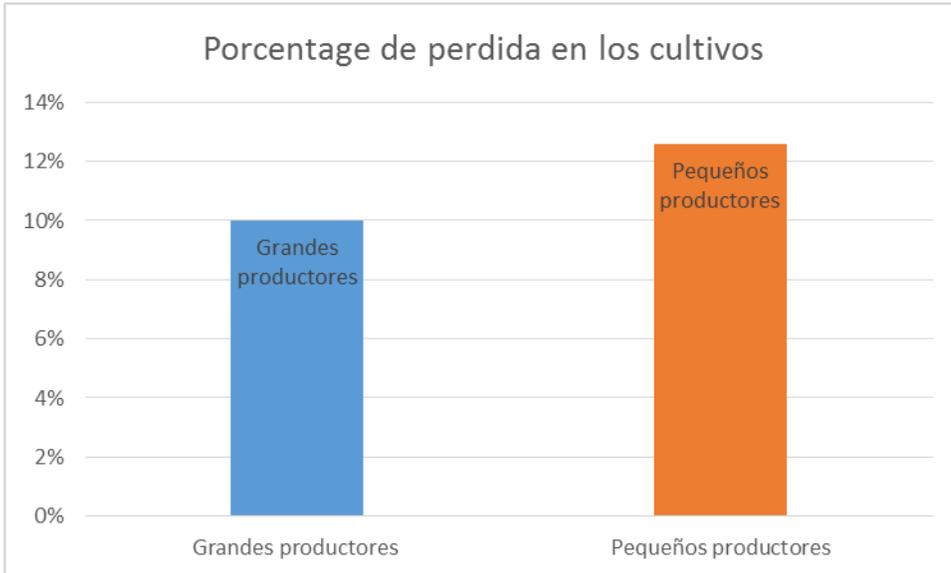
Figura 15: Periodicidad de la siembra de papa.



Fuente: Elaboración propia.

- En la figura 16 se muestra el porcentaje de pérdidas que tienen los pequeños productores que alcanzan unas pérdidas del 12,6% y los grandes productores que alcanzan un 10% en las pérdidas de cada cultivo.

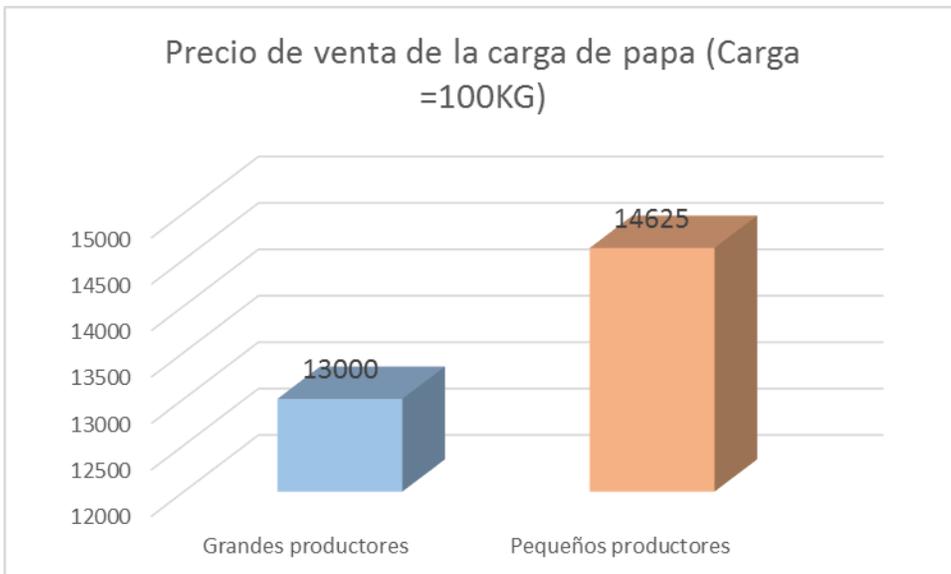
Figura 16: perdidas en el cultivo.



Fuente: Elaboración propia.

- En la figura 17 se ve reflejado el valor de venta que tiene cada uno de los grupos de productores de papa, en el caso de los pequeños productores el precio promedio de la carga de biomasa residual es de \$14625, mientras que en los grandes productores el precio promedio de la carga de biomasa residual es de \$13000.

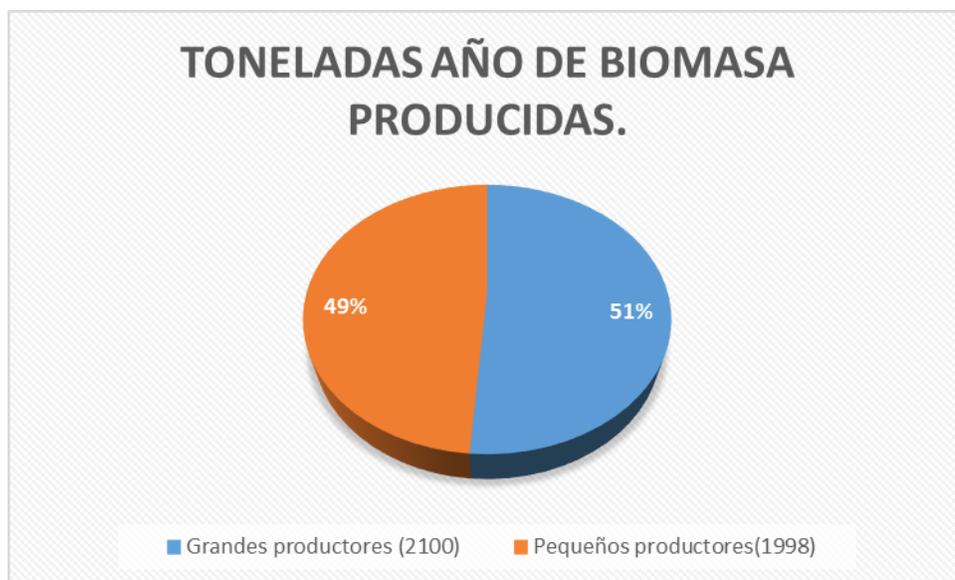
Figura 17: Precio de venta de la carga de papa según el tipo de productor.



Fuente: Elaboración propia.

- En la figura 18 se muestra el total de biomasa residual de papa producida por los 2 grupos de productores de papa durante el año, los grandes productores producen el 51% de la biomasa lo que equivale a 2100 ton/año de biomasa, mientras que los pequeños productores producen el 49% de la biomasa equivalente a 1998 ton/año de biomasa, esta biomasa producida por los pequeños productores no es tenida en cuenta para el estudio dado que en términos logísticos no es viable recorrer una a una las múltiples parcelas con bajas producciones de biomasa.

Figura 18: Toneladas de biomasa según el tipo de productor.



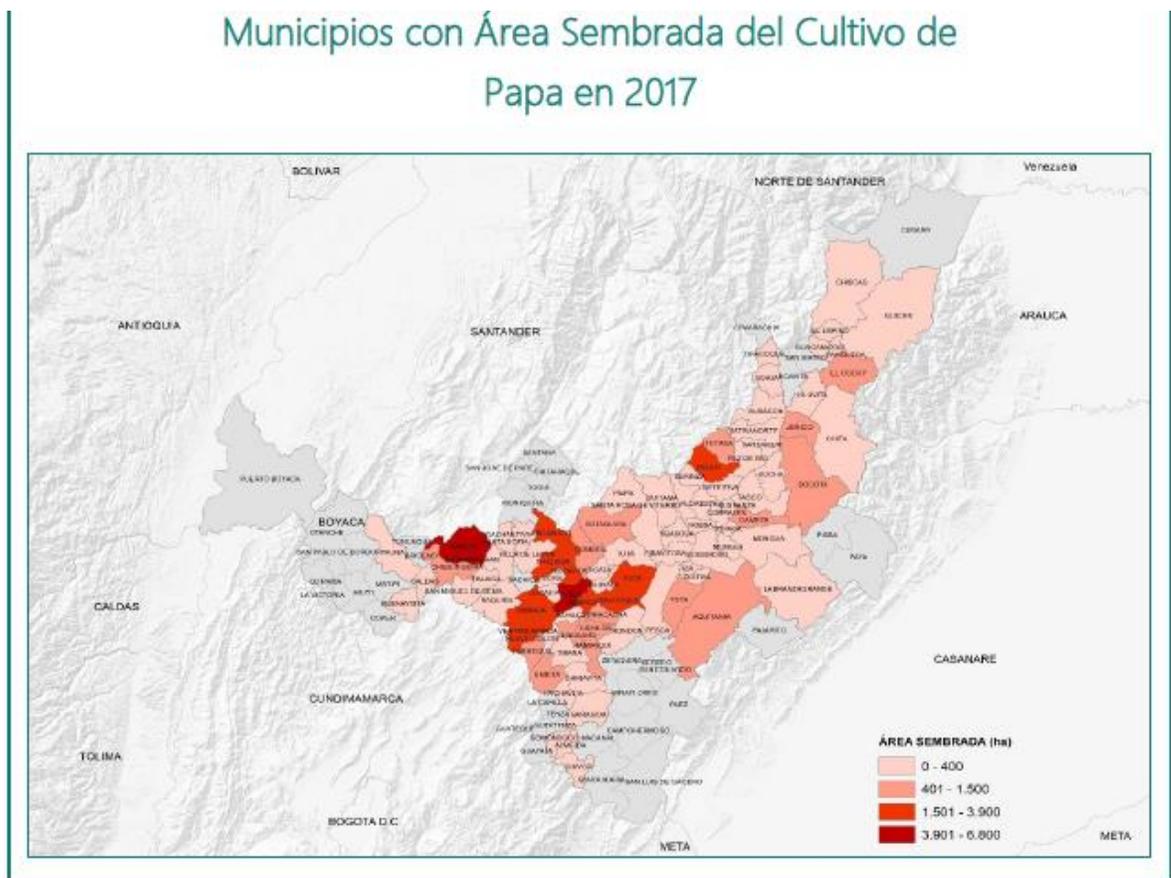
Fuente: Elaboración propia.

6.2 UBUCACION DE LA PLANTA HTC: Estos resultados muestran el análisis de diferentes factores que buscan encontrar una ubicación óptima para la construcción de la planta de carbonización hidrotermal

6.2.1 Factores que determinaron la ubicación. Los factores evaluados fueron la inclinación del terreno, acceso a materia prima, zona de paramos, vías, drenajes, presencia de acuíferos, y el uso de suelos del POT de la ciudad de Tunja.

6.2.1.1 Disponibilidad de materia prima: Según mapas generados por FEDEPAPA¹⁰¹, ver figura 19, como los municipios con mayor área de producción de papa se encuentran en color rojo y naranja, destacándose municipios como Tunja, Soracá y Siachoque, cual permite inferir que la zona aledaña a estos municipios es la que cuenta con mejor acceso a materia prima.

Figura 19: Provincia centro como mayor productor de papa en el departamento de Boyacá



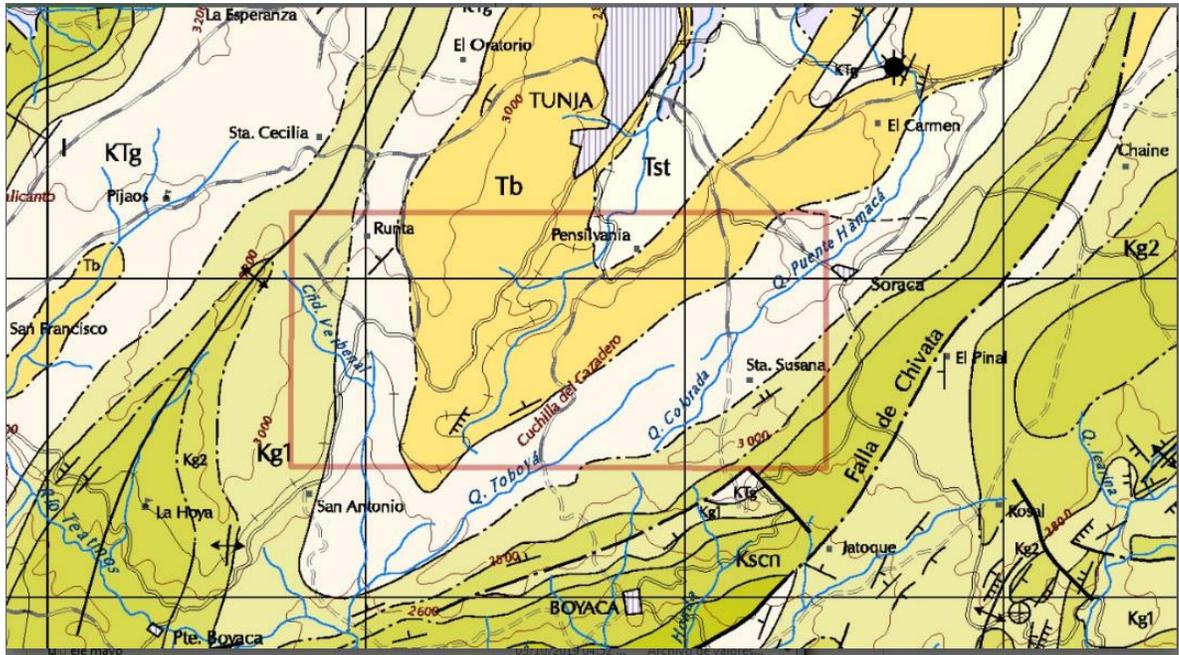
Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Principales cultivos de Boyacá.

6.2.1.2 Zona de estudio dentro de la provincia centro del departamento de Boyacá En la figura 20 se define la zona de estudio dentro de la jurisdicción de los municipios de Tunja, Soracá y Boyacá, en la figura se muestran las diferentes formaciones geológicas que favorecen o no la presencia de acuíferos, al igual que

¹⁰¹ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural . PRINCIPALES CULTIVOS DE BOYACA. 2017:p.1-4.

se muestran los centros poblados más próximos al área , la cercanía a centros poblados como la ciudad de Tunja , Soracá y Siachoque representa ventajas estratégicas en términos de acceso a vías, comunicación, acceso a servicios públicos, mercado objetivo y obtención de materia prima.

Figura 20. Zona de estudio (escala 1:35.000)

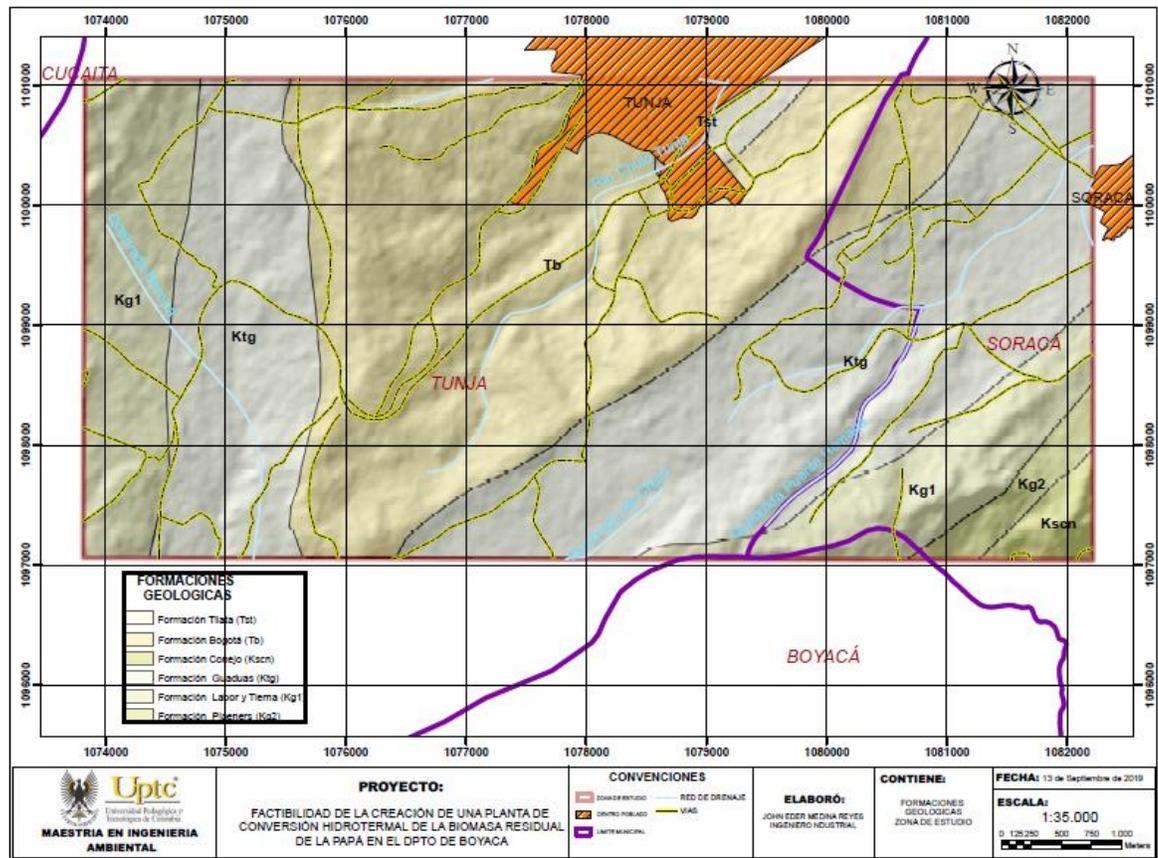


Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.3 Formaciones geológicas en la zona de estudio. En la figura 21 se puede ver las formaciones geológicas predominantes en la zona de estudio y dentro de la misma se destacan dos de ella, la Formación Bogotá (Tb) en color amarillo pálido y la Formación Guaduas (Ktg) con color azul claro, la primera de

ellas presenta suelos arenosos con presencia de acuíferos y la segunda con características arcillosas que retienen el agua en su superficie, esta zona en color amarillo pálido es importante para la extracción de agua subterránea que puede ser usada en el proceso de carbonización hidrotermal propio de la planta.

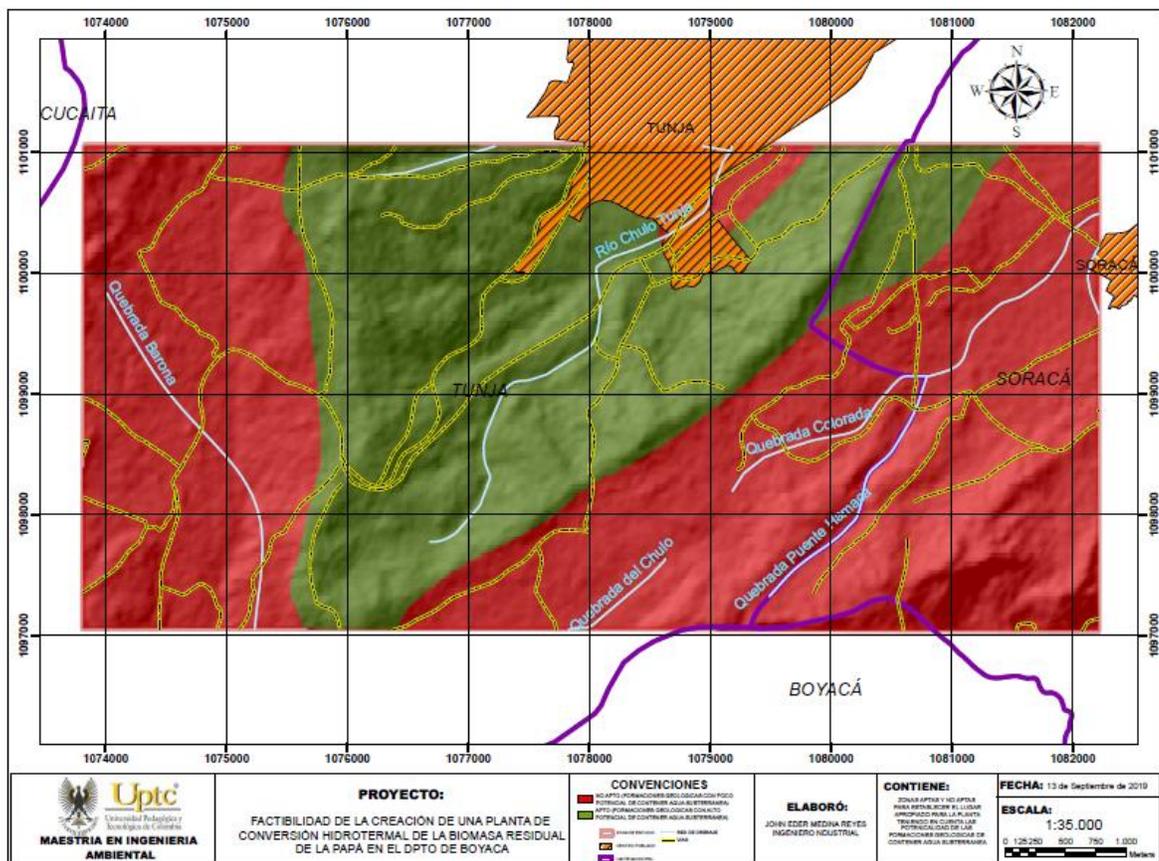
Figura 21. Formaciones geológicas presentes en la zona de estudio. (Escala 1:35.000)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.4 Disponibilidad de agua (acuíferos) Se identifica en la figura 22 en color rojo las zonas con suelos arcillosos que representan un pobre potencial de acuíferos en la zona de estudio mientras que en color verde están los suelos arenosos que presentan buen potencial para explotar los acuíferos cercanos a la superficie del suelo, esta agua presente en la zona de color verde puede llegar a ser muy importante para el proceso de carbonización hidrotermal de biomasa que necesita la planta para la producción de biochar.

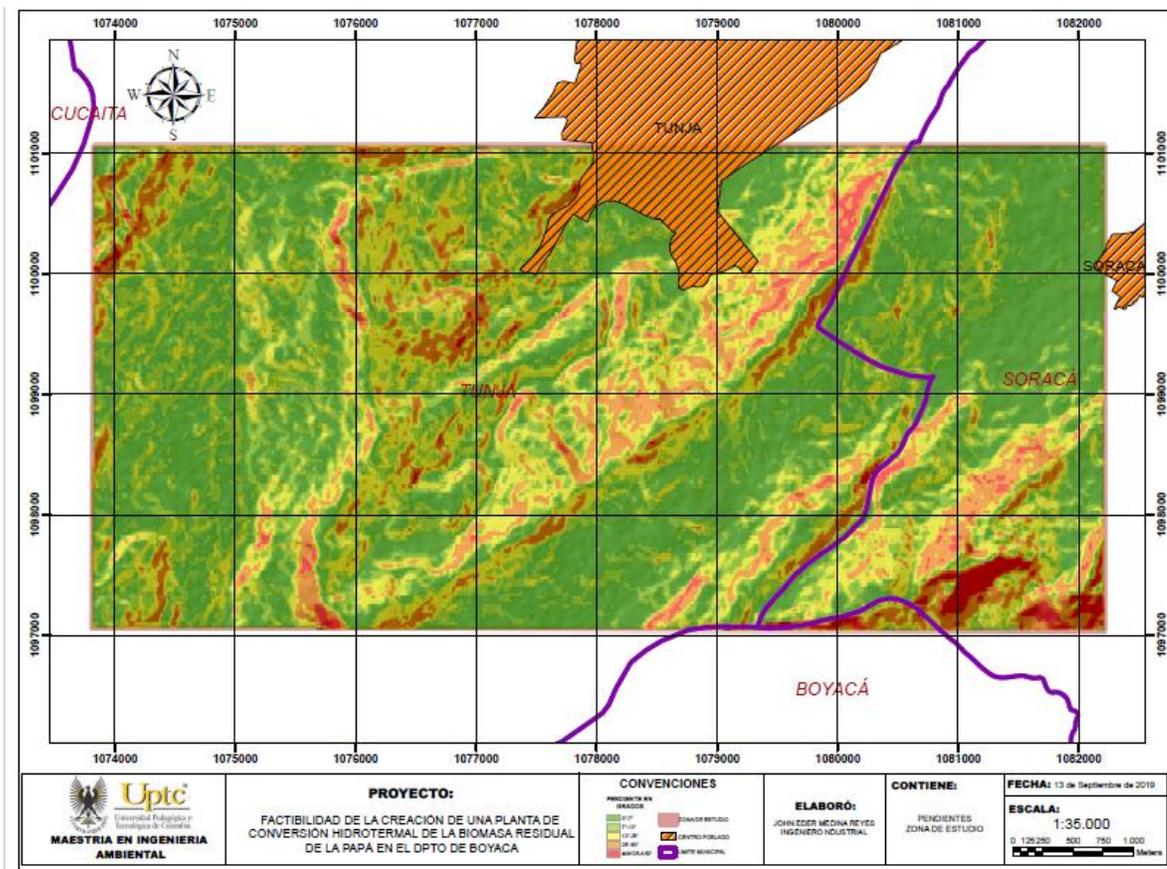
Figura 22. Formaciones geológicas con presencia de acuíferos. (escala 1:35.000)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.5 Pendientes de inclinación en la zona de estudio. En la figura 23 se identifican las diferentes pendientes presentes en la zona de estudio las cuales permiten evaluar la inclinación en los terrenos con potencial para la ubicación de la planta de transformación de papa, en la figura en color rojo están las áreas con inclinación mayor a 50 grados, en naranja zonas con inclinación entre 25 y 50 grados, en amarillo zonas con inclinación entre 12 y 25 grados, en verde claro zonas con inclinación entre 8 y 12 grados y por último zonas con inclinación óptima para la instalación de la planta en color verde oscuro y con inclinación entre 0 y 7 grados.

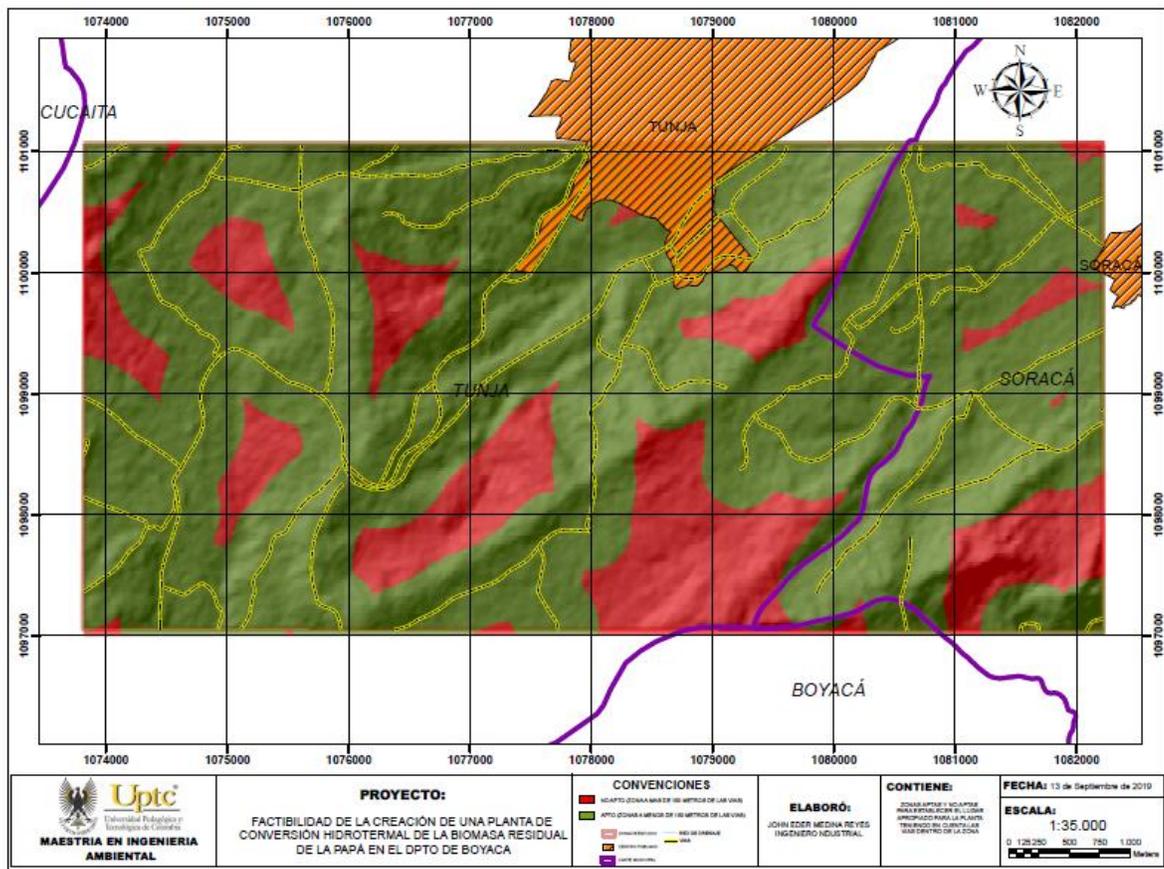
Figura 23: Inclinaciones presentes en la zona de estudio. (Escala 1:35.000)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.6 Vías presentes en la zona de estudio. En la figura 24 se visualizan dentro de la zona de estudio las diferentes vías presentes en el lugar, las cuales se identifican en color amarillo y ayudan a definir las zonas optimas ya que se representan en verde las zonas con distancia de 150 metros o menos de distancia a la vía más próxima y en color rojo las zonas no aptas por estar a más de 150 metros de la vía más cercana.

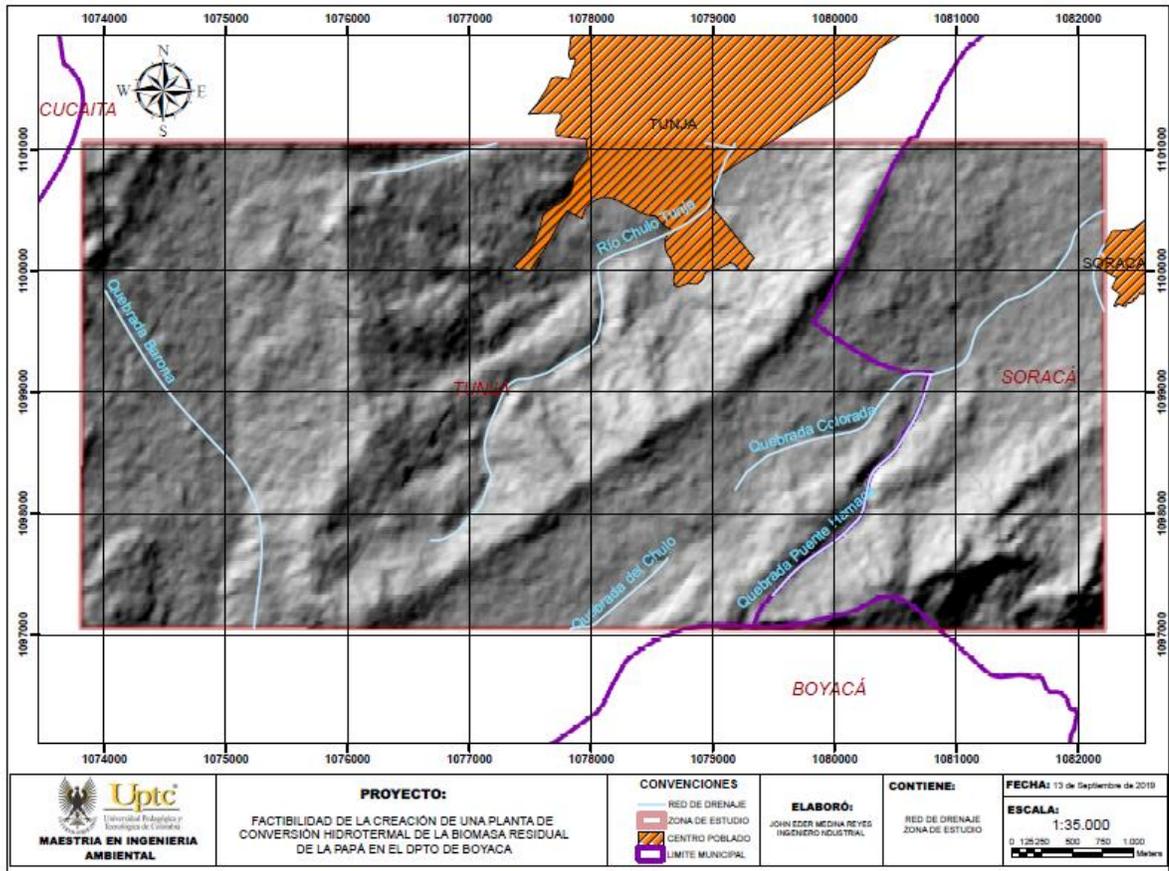
Figura 24. Vías presentes en la zona de estudio. (escala 1:35.000)



Fuente: Elaboración propia

6.2.1.7 Zonas de drenaje o presencia de corrientes de agua. En la figura 25 se muestran los principales ríos presentes en la zona de estudio que abarca jurisdicción de los municipios de Tunja, Boyacá, Cucaita y Soracá.

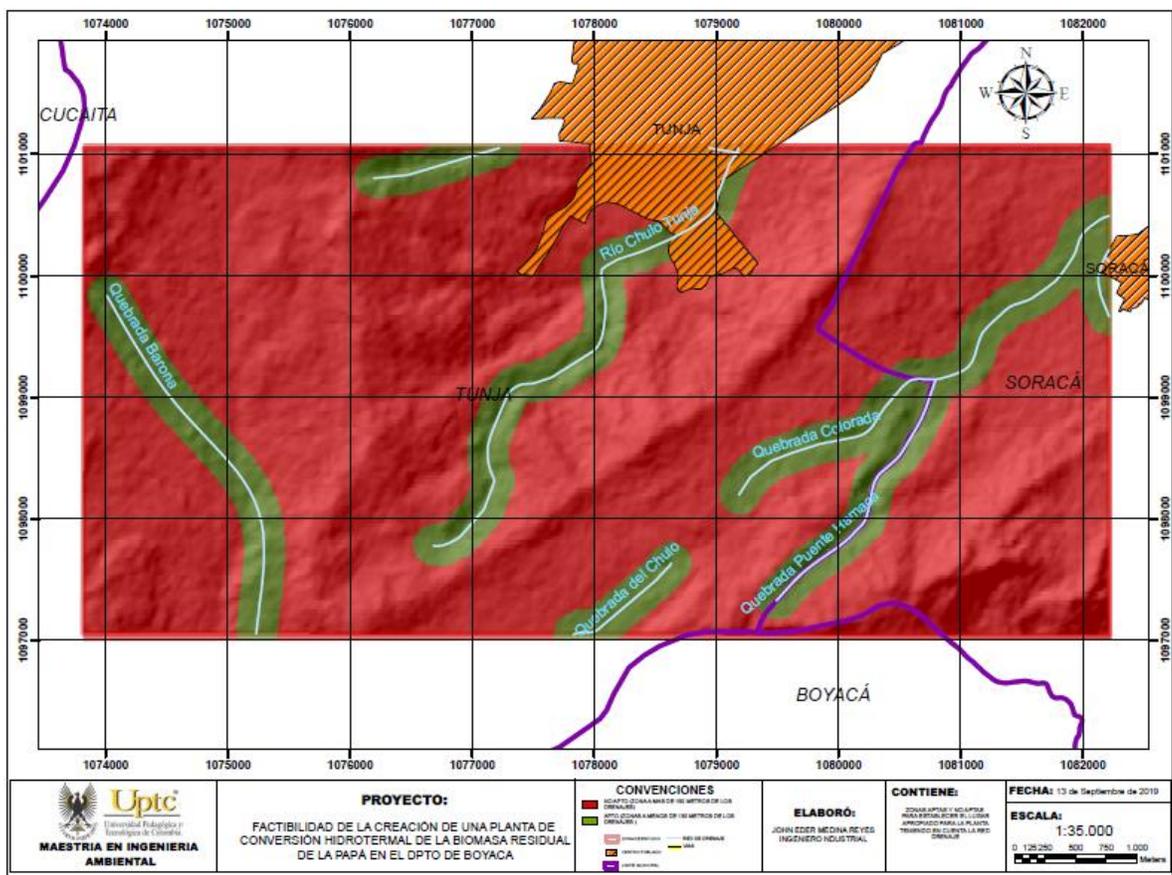
Figura 25. Ríos presentes en la zona de estudio. (Escala 1:35.000)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.8 Zonas de drenaje En la figura 26 se definen las zonas aledañas a los drenajes o ríos presentes en la zona de estudio pero con la condicional que identifica las zonas que quedan a menos de 150 metros de distancia, pero a más de 30 metros de dichos drenajes y graficados en con color verde, mientras que muestra en rojo las zonas con distancia mayor a 150 metros de distancia de los drenajes presentes en la zona.

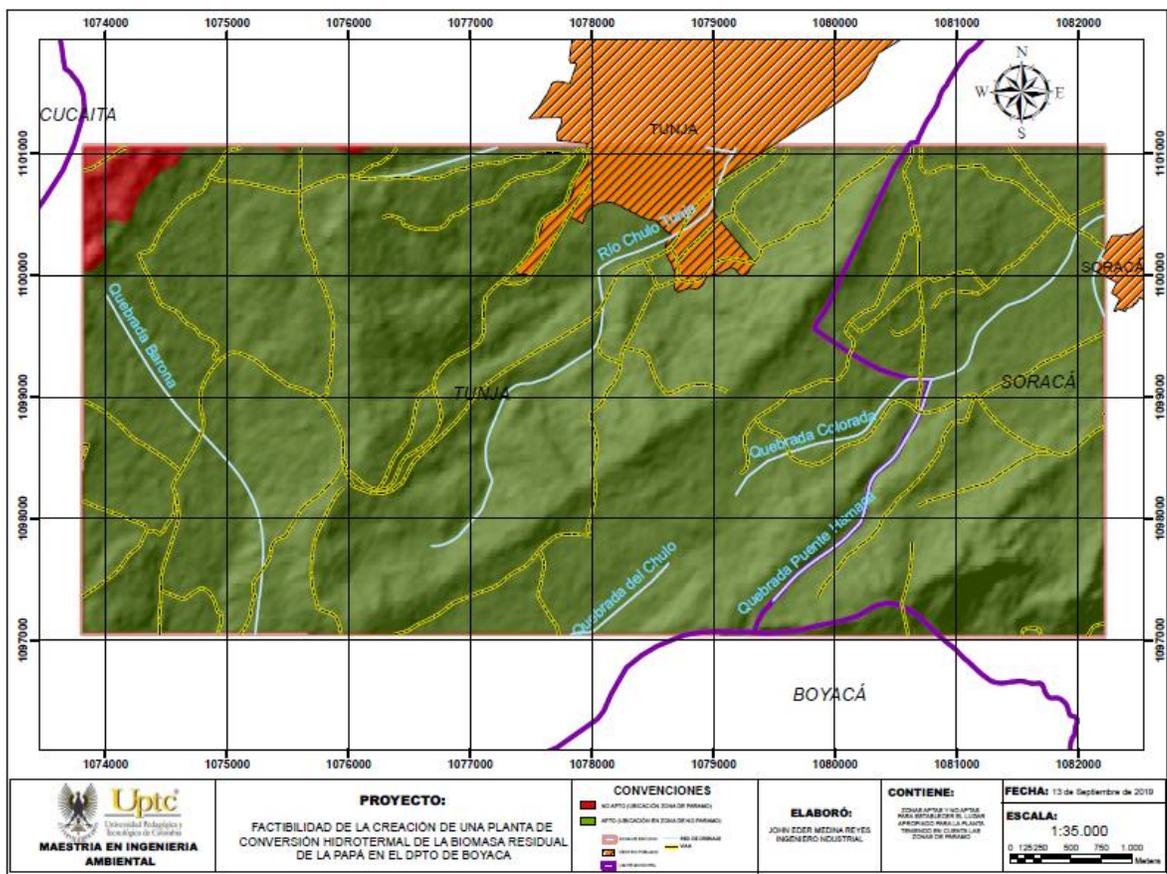
Figura 26: Zonas de drenaje. (Escala 1:35.000)



Fuente: Elaboración propia

6.2.1.9 Zona de páramo. En la figura 27 se diferencian las zonas de páramo y las de no páramo dentro de la zona de estudio para prevenir que se destine como ubicación de la planta de transformación de la biomasa residual de papa dentro de estas zonas, de esta forma se identifica en color rojo las áreas de páramo y en color verde las áreas óptimas para la instalación de la planta fuera de estas áreas de protección.

Figura 27 Áreas de páramo dentro de la zona de estudio. (Escala 1:35.000)

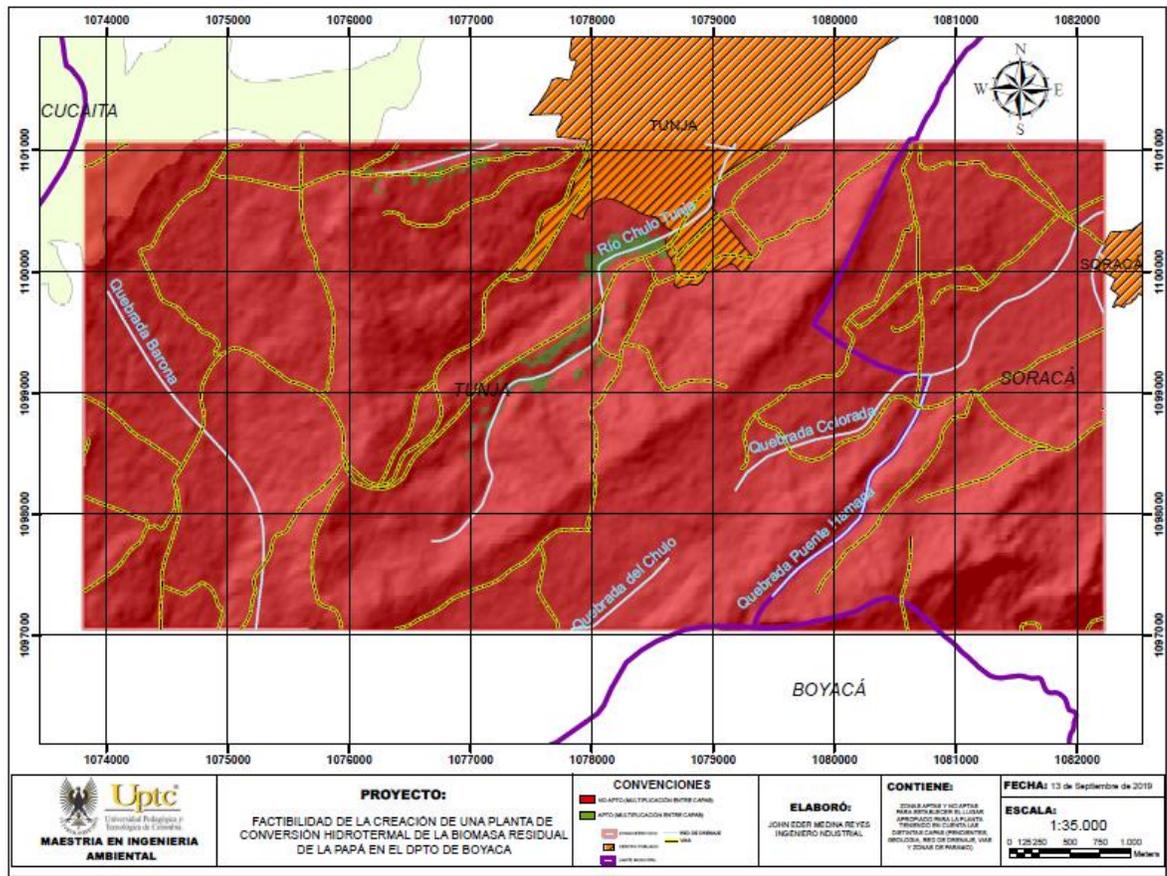


Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.10 Áreas óptimas para la ubicación de la planta en la zona de estudio.

Luego de realizar un filtro a través del uso de SIG con la herramienta ARCGIS en la zona de estudio con ítems como la inclinación del terreno, distancia de zonas de drenaje, acceso a vías, formaciones geológicas con potencial acuífero, zona de páramo y proximidad a proveedores de materia prima, se definieron 5 áreas con extensión mayor a 10.000 m² (1 hectárea) demarcadas en la figura 28 con color verde oscuro, mientras se muestra en color roja las zonas que no cumplieron con los ítems exigidos en el análisis.

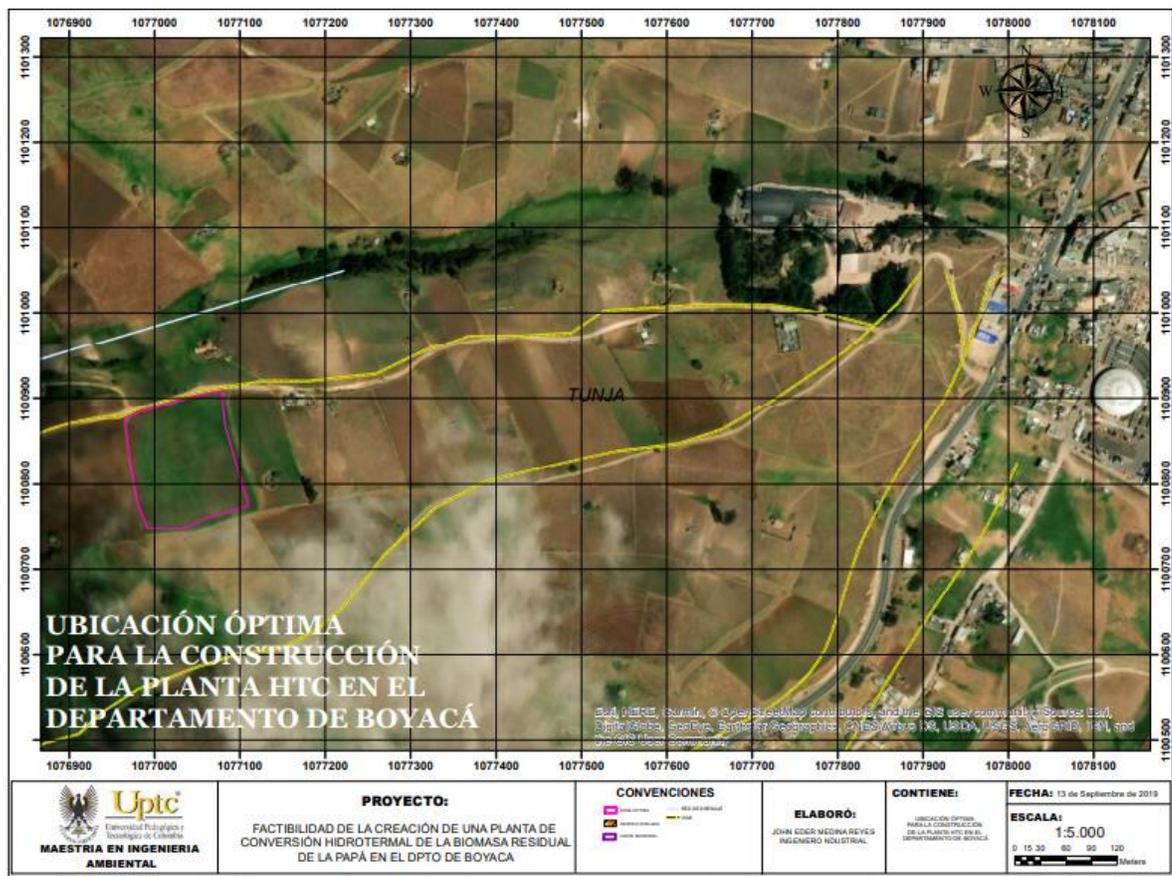
Figura 28 : Zonas optimas identificadas. (Escala 1:35.000)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.1.11 Zona definida. En la figura 29 se resalta en color fucsia el espacio geográfico que cumple con todas las especificaciones descritas previamente y se destaca como la mejor ubicación encontrada por medio del estudio realizado para la hipotética construcción y puesta en marcha de la planta de carbonización hidrotermal de biomasa residual de papa en Boyacá.

Figura 29: Ubicación definida para la construcción de la planta HTC. (Escala 1:5.000)



Fuente: Elaboración propia.

6.3 RESULTADOS PLAN DE VIBILIDAD.

Es necesario tener en cuenta que el ejercicio de viabilidad hecho a continuación contempla restricciones como la escasa información de las características físicas , funcionamiento, valores de compra y costos de producción entre otros de las plantas HTC debido a que estas presentan características modernas que no se han implementado en muchos países del mundo y sus características están patentadas por pocas empresas presentes en Europa y que hacen muy complicada la captura de información que permita hacer un ejercicio más cercano a la realidad, la base de este análisis usa información de las características generales de materia prima descrita en el numeral 6.2 (encuesta), el valor promedio (\$ 3.755.000.000) de la construcción de una planta de un reactor (capacidad 3 a 10 ton/año)¹⁰² totalmente terminada por parte de Ingelia s.l¹⁰³ y valores promedio de los potenciales productos a ser producidos y comercializados por la planta HTC de biomasa residual de papa en Boyacá como los descritos en el anterior numeral 5.4.3.1.3- C.

6.3.1 Inversión inicial del proyecto Inversión inicial y proyección de inversión a 5 años para la planta HTC.

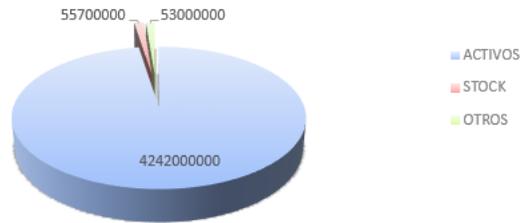
¹⁰² BIO PLANT SUSCHEM. Manual sobre Biorrefinerías en España. Ministerio de Economía. Septiembre 2017. p.1-92. ISBN: 9788415061595.

¹⁰³COMUNIDAD VALENCIANA, et al, Ampliación y Mejora de una Planta de Carbonización Hidrotermal (HTC)En: Proyecto INGELIA , S . L de Biomasa,, 2014.p. 3.

Figura 30: Inversión inicial y proyección de inversión a 5 años con un valor de maquinaria y equipos \$3755.000.000.

	inicial	2020	2021	2022	2023	2024	Total		
Inversión anual	4.311.700.000	2.000.000	5.000.000	11.000.000	10.000.000	11.000.000	4.350.700.000		
Inversiones (activos)	inicial	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Dep	
Predios y Adecuación de planta físic	300.000.000	0	3.000.000	3.000.000	3.000.000	8.000.000	317.000.000	5	
Mobiliario	15.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	3.000.000	26.000.000	5	
Maquinaria	3.755.000.000						3.755.000.000	10	
Equipos informáticos	6.000.000			6.000.000			12.000.000	20	
Vehículos	70.000.000						70.000.000	20	
Programas informáticos	5.000.000				5.000.000		10.000.000	10	
Patentes y marcas	2.000.000						2.000.000	5	
Fianzas y depósitos	50.000.000						50.000.000	4	
							0		
							0		
Total inversiones	4.203.000.000	2.000.000	5.000.000	11.000.000	10.000.000	11.000.000	4.242.000.000		
Gastos y provisiones inic.	inicial								
Stock inicial	55.700.000								
Provisiones tesorería	53.000.000								
Gastos legales constitución (PF)	3.000.000								
Otros g. establecimiento (PF)	5.000.000								
Gastos lanzamiento (PF)	15.000.000								
Fondo reserva imprevistos	30.000.000								
Total inversiones	108.700.000								
Inversión total prevista	4.350.700.000	< Inversión total (activos, gastos y provisiones) acumulada en los cinco años							

Página 1



Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Financiación inicial del proyecto

Figura 31: Financiación del proyecto con proyección a 5 años.

	inicial	2020	2021	2022	2023	2024	Total
Inversiones previstas	4.311.700.000	2.000.000	5.000.000	11.000.000	10.000.000	11.000.000	4.350.700.000
Financiación prevista	4.311.700.000	2.000.000	5.000.000	11.000.000	10.000.000	11.000.000	4.350.700.000
<i>Cobertura inversiones</i>	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	
Financiación	inicial	2020	2021	2022	2023	2024	Total
Aportaciones de los socios	3.880.530.000	2.000.000	5.000.000	11.000.000	10.000.000	11.000.000	3.919.530.000
Préstamos de terceros	431.170.000						431.170.000
Años	5						
Tipo de interés	10,00%						
Financiación total	4.311.700.000	2.000.000	5.000.000	11.000.000	10.000.000	11.000.000	4.350.700.000
% Cobertura inversiones							100,00%
				% Recursos Propios		90,09%	
				% Préstamos		9,91%	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32: Valores y proporciones de financiación del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

6.3.3 Gastos operativos. Descripción de la proyección de gastos corrientes y gastos de personal con la variación del índice de precios al consumidor IPC que es del 3,5% anual según proyecciones del banco de la república¹⁰⁴ y con el valor mensual de materia prima definido en el numeral 5.4.3.1.3.3

¹⁰⁴ B. R. DE COLOMBIA., “Índice de precios al consumidor (IPC),” 2019. . Disponible en internet: <http://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>.

Figura 33: Gastos de operación anuales

Mini Plan de Viabilidad			PASO 3: GASTOS OPERATIVOS					información
Total gastos anuales			2020	2021	2022	2023	2024	
			642.689.356	604.685.105	627.631.794	651.572.678	676.553.034	
Gastos corrientes	Mensual	Variac.	2020	2021	2022	2023	2024	
Alquileres	0,00	5,0%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
biomasa residual de papa.	22.750.000,00	5,0%	273.000.000,00	286.650.000,00	300.982.500,00	316.031.625,00	331.833.206,25	
Mantenimiento y limpieza	500.000,00	3,5%	6.000.000,00	6.210.000,00	6.427.350,00	6.652.307,25	6.885.138,00	
Publicidad y promoción	500.000,00	3,5%	6.000.000,00	6.210.000,00	6.427.350,00	6.652.307,25	6.885.138,00	
Telefonía	100.000,00	3,5%	1.200.000,00	1.242.000,00	1.285.470,00	1.330.461,45	1.377.027,60	
Electricidad, gas y agua	2.000.000,00	3,5%	24.000.000,00	24.840.000,00	25.709.400,00	26.609.229,00	27.540.552,02	
Material de oficina	300.000,00	3,5%	3.600.000,00	3.726.000,00	3.856.410,00	3.991.384,35	4.131.082,80	
Asesorías	500.000,00	3,5%	6.000.000,00	6.210.000,00	6.427.350,00	6.652.307,25	6.885.138,00	
Seguros	500.000,00	0,0%	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	6.000.000,00	
Viajes, dietas y alojamientos			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Tributos 30%	7.500.000,00	1,0%	90.000.000,00	90.900.000,00	91.809.000,00	92.727.090,00	93.654.360,90	
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Gastos establecimiento (finales)			60.000.000,00					
Total gastos			475.800.000	431.988.000	448.924.830	466.646.712	485.191.644	
Gastos de personal			2020	2021	2022	2023	2024	
Número empleados			9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	
Sueldo bruto mensual (medio)			1.545.271,81	1.599.047,27	1.654.694,12	1.712.277,47	1.771.864,73	
% Variación anual				3,5%	3,5%	3,5%	3,5%	
Nómina bruta			166.889.355,60	172.697.105,17	178.706.964,43	184.925.966,80	191.361.390,44	
% coste empresa	0,0%		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Gastos de personal			166.889.356	172.697.105	178.706.964	184.925.967	191.361.390	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34: Estructura del gasto.



Fuente: Elaboración propia

6.3.4 Ventas, costos de venta y ganancias en 2 escenarios. Teniendo en cuenta los valores arrojados por la encuesta que hace parte del estudio, en los que se determinó una producción en la zona de estudio de 2100 ton/año de biomasa residual de papa y un rendimiento medio de transformación de biomasa en biochar del 30%¹⁰⁵, se llega a tener una cantidad ideal de producción de biochar de 630 ton/año, las cuales se destruyen en forma equitativa en los 3 productos que se pretenden generar de la siguiente forma 210 ton/ año de combustible sólido para generación de energía , 210.000 kilogramo/ año de fertilizante y 210.000 kilogramos/ año briquetas o pellets, lo cual genera valores de ventas y márgenes brutos como se ve en la figura 35.

6.3.4.1 Escenario 1

ESCENARIO 1: Ventas, coste de venta, pérdidas y ganancias del biochar con transformación total de biomasa (2100 ton/año) y distribuida en los 3 productos referencia por igual.

¹⁰⁵ A. D. A. Luz and M. P, En: “Plan de negocios para la creación de una empresa fabricante y comercializadora de briquetas ambientalmente sostenibles”p.1-93. 2018.

Figura 35: Ventas y coste de venta Escenario 1, con una producción de biochar de 630000 kilogramos o 630 toneladas.

				2020	2021	2022	2023	2024
Total Ventas				5.051.550.000	5.497.976.925	5.984.267.773	6.514.038.129	7.091.239.029
Margen Bruto				76,00%	76,01%	76,03%	76,04%	76,06%
Coste de las ventas				24,00%	23,99%	23,97%	23,96%	23,94%
RESULTADO (BAI)				2.697.261.144	3.081.349.850	3.435.356.698	3.822.185.492	4.244.404.458
Previsión VENTAS				2020	2021	2022	2023	2024
Productos / Servicios	P.V.	% M.B.	% Var.	Previsión anual de ventas en unidades				
COMBUSTIBLE SOLIDO / KILO	755,00	85,0%	10,0%	210.000	231.000	254.100	279.510	307.461
FERTILIZANTE/ KILO	20.000,00	75,0%	5,0%	210.000	220.500	231.525	243.101	255.256
BRIQUETA O PELLET/ KILO	3.300,00	80,0%	5,0%	210.000	220.500	231.525	243.101	255.256
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
Total n° ventas				630.000	672.000	717.150	765.713	817.974
Variación Precio Venta					3,5%	3,5%	3,5%	3,5%
Total Ventas				5.051.550.000	5.497.976.925	5.984.267.773	6.514.038.129	7.091.239.029
Margen Bruto				3.839.167.500	4.179.189.499	4.549.674.335	4.953.398.441	5.393.397.634
				76,00%	76,01%	76,03%	76,04%	76,06%

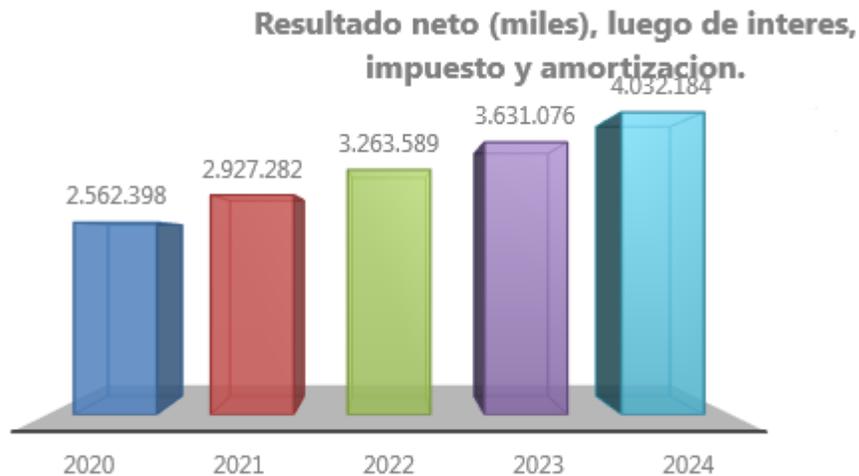
Fuente: Elaboración propia

Figura 36: Estado de pérdidas y ganancias escenario 1

PRESUPUESTO	2020	2021	2022	2023	2024
Coste de Ventas	1.212.382.500	1.318.787.426	1.434.593.438	1.560.639.688	1.697.841.394
Margen Bruto	3.839.167.500	4.179.189.499	4.549.674.335	4.953.398.441	5.393.397.634
Gastos de Personal	166.889.356	172.697.105	178.706.964	184.925.967	191.361.390
Gastos Corrientes	475.800.000	431.988.000	448.924.830	466.646.712	485.191.644
EBITDA	3.196.478.144	3.574.504.394	3.922.042.541	4.301.825.763	4.716.844.600
Amortizaciones	456.100.000	457.100.000	458.400.000	459.900.000	462.100.000
B.A.I.I. - EBIT	2.740.378.144	3.117.404.394	3.463.642.541	3.841.925.763	4.254.744.600
Gastos financieros (intereses)	43.117.000	36.054.544	28.285.842	19.740.271	10.340.142
Resultado Bruto - BAI	2.697.261.144	3.081.349.850	3.435.356.698	3.822.185.492	4.244.404.458
Impuesto sociedades 5,0%	134.863.057	154.067.492	171.767.835	191.109.275	212.220.223
RESULTADO Neto	2.562.398.087	2.927.282.357	3.263.588.863	3.631.076.218	4.032.184.236
% S/Ventas	50,72%	53,24%	54,54%	55,74%	56,86%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 37: Valores netos (perdidas vs ganancia) Escenario 1



Fuente: Elaboración propia.

6.3.4.2 Escenario 2

ESCENARIO 2: Ventas, coste de venta, pérdidas y ganancias del biochar con transformación de biomasa de 1095 ton/año teniendo en cuenta que es la capacidad mínima con la que trabaja la planta (3 ton/día)¹⁰⁶ con un rendimiento de 30% de producción de biochar equivalente a 330000 kilogramos o 330 toneladas de biochar y distribuida en los 3 productos referencia por igual.

Figura 33. Ventas y coste de venta escenario 2

¹⁰⁶ BIOPANT., SusChem., Ob cit, p. 1–92, 2017.

Figura 38 : Ventas y coste de venta escenario 2

	2020	2021	2022	2023	2024
Total Ventas	2.646.050.000	2.879.892.675	3.134.616.453	3.412.115.210	3.714.458.539
Margen Bruto	76,00%	76,01%	76,03%	76,04%	76,06%
Coste de las ventas	24,00%	23,99%	23,97%	23,96%	23,94%
RESULTADO (BAI)	999.742.144	1.228.448.412	1.412.893.350	1.614.674.982	1.834.933.055

Previsión VENTAS				2020	2021	2022	2023	2024
Productos / Servicios	P.V.	% M.B.	% Var.	Previsión anual de ventas en unidades				
COMBUSTIBLE SOLIDO / KILO	755,00	85,0%	10,0%	110.000	121.000	133.100	146.410	161.051
FERTILIZANTE/ KILO	20.000,00	75,0%	5,0%	110.000	115.500	121.275	127.339	133.706
BRIQUETA O PELLET/ KILO	3.300,00	80,0%	5,0%	110.000	115.500	121.275	127.339	133.706
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
				0	0	0	0	0
Total nº ventas				330.000	352.000	375.650	401.088	428.462
Variación Precio Venta					3,5%	3,5%	3,5%	3,5%

	2020	2021	2022	2023	2024
Total Ventas	2.646.050.000	2.879.892.675	3.134.616.453	3.412.115.210	3.714.458.539
Margen Bruto	2.010.992.500	2.189.099.261	2.383.162.747	2.594.637.279	2.825.113.047
	76,00%	76,01%	76,03%	76,04%	76,06%
Coste de las ventas	635.057.500	690.793.414	751.453.706	817.477.932	889.345.492
	24,00%	23,99%	23,97%	23,96%	23,94%

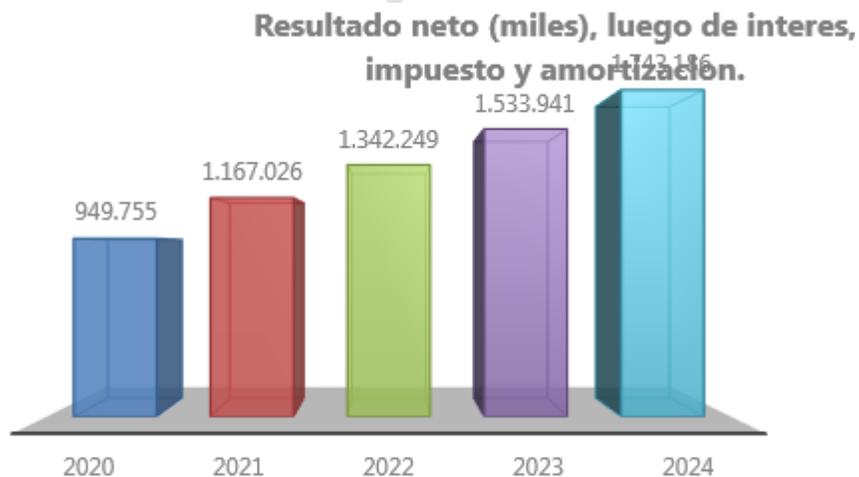
Fuente: Elaboración propia.

Figura 39 : Estado de pérdidas y ganancias Escenario 2

PRESUPUESTO	2020	2021	2022	2023	2024
Ventas	2.646.050.000	2.879.892.675	3.134.616.453	3.412.115.210	3.714.458.539
Coste de Ventas	635.057.500	690.793.414	751.453.706	817.477.932	889.345.492
Margen Bruto	2.010.992.500	2.189.099.261	2.383.162.747	2.594.637.279	2.825.113.047
Gastos de Personal	166.889.356	172.697.105	178.706.964	184.925.967	191.361.390
Gastos Corrientes	345.144.000	294.799.200	304.876.590	315.396.060	326.378.459
EBITDA	1.498.959.144	1.721.602.956	1.899.579.193	2.094.315.252	2.307.373.197
Amortizaciones	456.100.000	457.100.000	458.400.000	459.900.000	462.100.000
B.A.I.I. - EBIT	1.042.859.144	1.264.502.956	1.441.179.193	1.634.415.252	1.845.273.197
Gastos financieros (intereses)	43.117.000	36.054.544	28.285.842	19.740.271	10.340.142
Resultado Bruto - BAI	999.742.144	1.228.448.412	1.412.893.350	1.614.674.982	1.834.933.055
Impuesto sociedades 5,0%	49.987.107	61.422.421	70.644.668	80.733.749	91.746.653
RESULTADO Neto	949.755.037	1.167.025.991	1.342.248.683	1.533.941.233	1.743.186.403
% S/Ventas	35,89%	40,52%	42,82%	44,96%	46,93%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 40 : Valores netos (perdidas vs ganancia) Escenario 2.



Fuente: Elaboración propia.

6.3.5 Valor Actual Neto (VAN) Y Tasa Interna de Retorno (TIR).

El cálculo VAN (Figura 41) y TIR (Figura 42) son instrumentos financieros que le permiten a los emprendedores evaluar la rentabilidad de cada proyecto en el que invierten, es decir, determinan si el proyecto es viable o no.

La expresión algebraica que nos permite formular el VAN es la siguiente:

Figura 41: Formula del VAN.

$$VAN = \frac{f1}{(1+i)^{n1}} + \frac{f2}{(1+i)^{n2}} + \frac{f3}{(1+i)^{n3}} + \frac{f4}{(1+i)^{n4}} + \frac{f5}{(1+i)^{n5}} - I_0$$

Fuente: Elaboración propia.

En donde:

A es el valor del desembolso inicial de la inversión

f_1, f_2, \dots, f_n representa los cash-flows o flujos de caja.

n : representa el número de momentos temporales en que se divide el período global considerado de la duración del proyecto.

i : es la tasa de descuento.

La TIR o Tasa Interna de Retorno, es la tasa de interés o rentabilidad que genera un proyecto. Y se encarga de medir la rentabilidad de una inversión. Esto quiere decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá esta, para los montos que no hayan sido retirados del proyecto

La expresión algebraica que nos permite formular el TIR es la siguiente:

Figura 42: Formula de la TIR.

$$\begin{array}{c}
 \text{Inversión inicial} \quad \leftarrow \\
 \text{TIR} = \left[-I + \left[\frac{\text{FC}}{(1+X)^n} \right] \dots \right] = 0 \\
 \text{Tasa de descuento o incógnita} \quad \leftarrow \\
 \text{Flujo de Caja Neto} \quad \rightarrow \\
 \text{Periodo de tiempo} \quad \rightarrow
 \end{array}$$

Fuente: Elaboración propia.

6.3.5 1 Calculo del VAN, TIR y periodo de recuperación de inversión, para los 2 escenarios de producción en la planta HTC.

6.3.5 1.1 TIR Y VAN en los 2 escenarios.

Tabla 9. Cálculo de la TIR para los 2 es escenarios de estudio.

								TASA DE DESCUENTO 9%	
PROYECTO EN DIFERENTE ESCENARIO	inversion inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	VAN	TIR	
ESCENARIO 1) 2100 TON/Año de biomasa =630 ton/año de biochar	-4350700000	2429085705	2986020092	3279723451	3600684504	3951500077	5474456313,93	60,95%	
ESCENARIO 2) 1095 TON/Año de biomasa =329 ton/año de biochar	-4350700000	1127967919	1415097465	1565017673	1729064352	1908623130	308585749,56	21%	

Fuente: Elaboración propia

6.3.5.1.2 Periodo de recuperación de la inversión en los 2 escenarios.

Tabla 10 Periodo de recuperación de la inversión en los 2 escenarios

PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSIOS ESCENARIO 1	1,48 AÑOS
PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSIOS ESCENARIO 2	3,12 AÑOS

Fuente: Elaboración propia.

7 CONCLUSIONES.

- La biomasa residual de papa presente en la zona de estudio contempla niveles de producción acordes y suficientes con los requerimientos mínimos de transformación de biomasa que maneja la planta de carbonización hidrotermal ya que existe disponibilidad de biomasa de hasta 4000 ton/año y dentro de estos volúmenes existe una disponibilidad efectiva de 2100 ton /año.
- Dado que La capacidad de transformación mínima de biomasa residual de papa por parte de la planta de carbonización hidrotermal es de 1095 ton año de biomasa y 330 ton/ año de biochar, teniendo en cuenta esta información se ha determinado tanto una TIR positiva del 21% como un periodo de recuperación de la inversión de 3,12 años, lo cual permite deducir que con esta capacidad de producción mínima el proyecto es considerado factible.
- Dado que La cantidad de biomasa residual de papa disponible en la zona es de 2100 ton /año de biomasa y de 630 ton /año de biochar generado se ha calculado tanto una TIR positiva del 61% como un periodo de recuperación de la inversión de 1,48 años para este nivel de producción, lo cual permite deducir que con esta capacidad de producción máxima, el proyecto es considerado factible.
- La ubicación óptima para la planta de carbonización hidrotermal luego de evaluar los diferentes criterios contemplados se encuentra en la zona rural al sur de la ciudad de Tunja (ver figura 29).
- Dado el alto nivel de automatización y los bajos o nulos impactos ambientales que presenta la planta de carbonización hidrotermal patentada por INGELIA, la puesta en marcha se considera factible ambiental y ticamente.
- Una vez considerado el estado de neto de pérdidas y ganancia en el que previamente se ha considerado aspectos como la inversión, la financiación, costos de producción y los costos de venta simulados en los 2 escenarios

contemplados se deduce que una vez comercializado el biochar en sus diferentes presentaciones la puesta en marcha y el sostenimiento en el tiempo de la planta de carbonización hidrotermal es factible desde el punto de vista técnico, ambiental y económico.

RECOMENDACIONES

- Recolectar información más veras por parte de los municipios y departamento en lo que respecta hectáreas cosechadas de papa, rendimiento de los cultivos de papa y producción de papa en general.
- Fomentar en la región ideas y proyectos que le permitan generar un valor agregado a la biomasa residual de papa que se genera en la región.
- Adquirir por parte de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia los equipos necesarios para continuar con la investigación sobre la transformación de biomasa en biocombustibles.
- Seguir investigando el proceso de carbonización hidrotermal por medio de la transformación de otras biomosas con alta producción en el departamento de Boyacá.
- Apoyar desde la academia la posible creación de proyectos a nivel industrial de carbonización hidrotermal para la generación de biocombustibles en el departamento.
- Fomentar con el apoyo de las facultades de economía y administración estudios que permitan evaluar de manera más profunda la viabilidad de la implementación de biorrefinerías en la región.

Bibliografía.

ALCALDIA MUNICIPAL DE SORACÁ. En: EOT SORACÁ 2016.:p 1-21.

ANDERSEN, R. S., TOWER, W. y SMITH P. Assessing the potential for biomass energy to contribute to Scotland's renewable energy needs. En: Biomass and Bioenergy. 2005. p.73-82.

B. R. DE COLOMBIA., "Índice de precios al consumidor (IPC)," 2019. . Disponible en internet:

BALAT Mustafa, BALAT Mehmet y BALAT ElifKirta Main routes for the thermo-conversion of biomass into fuels and chemicals. Part 1: Pyrolysis systems. En: *Energy Conversion and Management*. 2009.P. 3147-3157

BIO PLANT SUSCHEM. Manual sobre Biorrefinerías en España. Ministerio de Economía. Septiembre 2017. p.1-92. ISBN: 9788415061595.

Biodiesel the New Fuel from Brazil. [En línea] NATIONAL BIODIESEL PRODUCTION & PROGRAM [Citado el 30 de septiembre de 2019] Disponible en http://www.biodiesel.gov.br/docs/cartilha_ingles.pdf Accesado 26 febrero. 2010. www.biodiesel.gov.br.

BLANCO-ROSETE, Sergio. y Webb Colin, Emerging biorefinery markets: global context and prospects for Latin America. En: *Biofuels, Bioprod Biorefining* 2. 2008:p331-342.

BOZEIL JJ. Materias primas para el futuro - Producción de biorefinería de productos químicos a partir de carbono renovable. En: Número Especial: Materias Primas Para El Futuro: Energías Renovables En Química Verde. ; 2008: P. 641-647.

BUDZIANOWSKI, Wojciech M. High-value low-volume bioproducts coupled to bioenergies with potential to enhance business development of sustainable biorefinerie. En: Renewable and Sustainable Energy Reviews. April 2017. Vol. 70. p. 793-804.

C. NACIONAL and S. REP, En: C o n p e s 3510. ,2008 pp. 1–44.

CARVALHEIRO F, DUARTE LC, y GIRIO FM. Hemicellulose biorefineries: A review on biomass pretreatments. En: J Sci Ind Res (India). 2008; 67(11):849-864.

CASTAÑEDA J mauricio.y MACÍAS FERNANDO, *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD. ESTUDIO DE CASO. En: Fabricación y venta de barras de cereal. 2016.P 36.*

CASTRO VEGA, Alejandro Amadeus; RODRIGUEZ VARELA, Luis Ignacio y DIAZ VELASQUEZ, José de Jesús. Conversión hidrotérmica subcrítica de residuos orgánicos y biomasa. Mecanismos de reacción. *En: Ingeniería e Investigación. 2007. vol 27 n.1. p. 41-50.*

CASTRO, J; RODRIGEZ, Alejandro A y DÍAZ, Luis José. Conversión hidrotérmica subcrítica de residuos orgánicos y biomasa. *En: Mecanismos de reacción Img Investigación. vol 27 n.1 Bogotá Universidad Nacional. 2017.*

Catalogo pro Colombia”, [En línea] C.I. INDUSTRIAS SAN FELIPE S.A [Citado el 17 de agosto de 2019], Disponible en: <https://catalogo.procolombia.co/es/manufacturas-e-insumos/muebles-y-maderas/ci-industrias-san-felipe-sa.aspx>

CHEN, Xinfei; MA, Xiaoqian; PENG, Xiaowei; LIN, Yousheng; WANG, Jingjing; Zheng, Chupeng. Effects of aqueous phase recirculation in

hydrothermal carbonization of sweet potato waste. En: Bioresource Technology. November 2018. vol. 267. p. 167-174.

CHEN, Xinfei; MA, Xiaoqian; PENG, Xiaowei; LIN, Yousheng; YAO, Zhongliang. Conversion of sweet potato waste to solid fuel via hydrothermal carbonization. En: Bioresource Technology. February 2018. vol. 249. p. 900-907.

CLARCK James H. Green chemistry for the second generationbiorefinery sustainable chemicalmanufacturing based on biomass. En: J Chem Technol Biotechnol. 2007:p.1-7.

COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. En: Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa. p.12

Cómo determinar el tamaño de una muestra?2019, [En línea] PSYMA, [Citado el 20 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>

COMUNIDAD VALENCIANA, et al, Ampliación y Mejora de una Planta de Carbonización Hidrotermal (HTC) En: Proyecto INGELIA, S. L de Biomasa, 2014.p. 3

CONGRESO DE COLOMBIA, En: Ley 1931 de 27 de julio de 2018, directrices para la gestión del cambio climático, p. 1-19, 2018.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA, En: Ley 1111 de 2006 -Estatuto tributario de los impuestos administrados por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. pp. 1-43, 2006.

D. A. Luz and M. P, En: “*Plan de negocios para la creación de una empresa fabricante y comercializadora de briquetas ambientalmente sostenibles*”p.1-93. 2018.

Debe apostar Mexico a la bioeconomía? 2007 [En línea] RECA A. [Citado el 10 de septiembre de 2019] Disponible en: <http://www.foroglobalagroalimentario.org.mx/ponen>.

Economía Circular. [En línea] FOUNDATION ELLEN MACARTHUR [Citado el 1 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>
ENERGY USD OF. EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY , [En línea] Integrated Biorefineries. 2014. Disponible en: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/about-bioenergy-technologies-office-growing-americas-energy-future>

FENG, Xu. Structure, Ultrastructure, and Chemical Composition. En: Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biomaterials and Biofuels. 2010. p. 9-47.

HEMICELULOSA. Ciclo de generación de biomasa, [en línea] BERSERKERBEN, L. [citado el 17 de agosto de 2019]. Disponible http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8964/CastanedaAlvarado_E%20-%20GalloVillacorta_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Historia de Ingelia., [En línea] INGELIA [Citado el 30 de septiembre de 2019] Disponible en: <https://ingelia.com/index.php/quienes-somos/historia-ingelia/>.

ICA INTITUTO COLOMBIANO DE AGRICULTURA. En: comercializacion de fertilizantes y acondicionadores de suelos año 2016 p.1-84

J. PABLO y N. BARBERINII, En: ingeniería industrial pellets de madera p.1-102 2009.

La bioeconomía a 2030: Designing a Policy Agenda. Principales conclusiones y conclusiones de la política. [En línea] OECD-ilibrary [Citado el 1 de septiembre

de 2019] Disponible en: En: https://read.oecd-ilibrary.org/economics/the-bioeconomy-to-2030_9789264056886-en#page1

Las papas, la nutrición y la alimentación [En línea PROKOP, Sylvana y ALBERT, Janice, et al, Las papas, la nutrición y la alimentación., [Citado 25 de agosto de 2019].. Disponible en internet: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html>.

Lavadora De Papa Ingemaq, INGEMAQ BELLO S.A.S, Et al, [En línea] INGEMAQ. [Citado el 30 de agosto de 2019] ,Disponible en : <http://ingemaqbello.com/lavadoras-de-papa/>.

LIBRA, Judy; RO, Kyoung S; KAMMANN, Claudia; FUNKE, Axel. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: A comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. En: Biofuels. January 2011. vol.2. n. 1. p.71-106.

M. LIEDER, FMA ASIF, Y A. RASHID, et al: Hacia la implementación de la economía circular en los sistemas de fabricación utilizando un enfoque de simulación de múltiples métodos para vincular el diseño y la estrategia empresarial. En: Perspectiva Económica Regional ;P.9 2018.

M.ANDERSON and MJA-JSLMCRT-RG. Pyrolytic sources of hydrocarbons from biomass. En: J Anal Appl Pyrolysis. 1985. April 1985, p. 291-303.

Malaysia to develop Asia's Largest Biorefinery complex in ECER. 2014. [En línea] CORPORATION BMB. [Citado el 30 de agosto de 2019] ,Disponible en www.biotechcorp.com.my.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, PRINCIPALES CULTIVOS DE BOYACA. 2017:p.1-4.

MINISTERIO DE AMBIENTE and D. TERRITORIAL, En: Resolución número (0909) 5 de Junio de 2008, p. 1-46, 2008.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, En: Resolución 40807 de 2018 cambio climático, pp. 1–43, 2018.

MUNICIPIO GDEL. En: corresponden al área rural y 18.5 H. p.:1-18.
O. ESPAÑA DE PATENTES. Y. MARCAS., En: “Solicitud de Patente Ingelia sl,” p. 4, 2008.

NOJEK BARBIERI Juan Pablo, pellets de madera: una fuente de energía renovable,2012, p 59.

OBADO G.A. Condiciones de diseño de un Reactor de Pirolisis a escala de laboratorio para la obtención de Biocarbón a partir de Residuos Orgánicos Sólidos (ROS). Tesis de Maestría. Manizales: Universidad de Manizales. 2015.

OSPINA PRADA, Ricardo. Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables. En: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa. [En línea]. Bogotá. Junio de 2012. p. 182. [citado el 10 de agosto de 2019]. Disponible. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100012>.

POGGI-VARALDO ,H.M.; VALDÉS, L; ESPARZA-GARCÍA, F. and FERNÁNDEZ-VILLAGÓMEZ, G. Solid Substrate Anaerobic Co-digestion of Paper Mill Sludge, Biosolids, and Municipal Solid Waste. En: Water Science Technology. 1997. vol. 35. p. 197-204.

R. LAL Y R LEMU. Cultivos de bioenergía y secuestro de carbono. En: Revista críticas en ciencias las plantas. 2017; vol.: 24. p 1-21.

Reactor de cristal de calefacción eléctrico de la escala experimental del laboratorio con el revolvimiento de la función.,” 2019.. [En línea] ZHENGZHOU.

E. C. Ltd, [Citado el 28 de agosto de 2019] Disponible en: <https://zzkeda.manufacturer.spanish.globalsources.com/si/6008840886132/pdtl/Chemical-reactor/1164812449/Pilot-Scale-Reactor.htm>

Reporte: Participación Departamental en la Producción y en el Área Cosechada. [En línea]. Agronet. Ministerio de Agricultura, 2019. [Citado el 25 de agosto de 2019] Disponible:<
<https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=2>>

RIVERO Sacramento-, J. C.; ROMERO, G.; CORTÉS-RODRÍGUEZ, et al, Optimización y desarrollo tecnológico de un sistema productivo para el cultivo masivo de microalgas, orientado a la obtención de productos de alto valor comercial, en el norte de Chile. En: Revista Mexicana de Ingeniería Química 2005.p.264-270

SACRAMENTO-RIVERO, J.C.; ROMERO, G.; E., CORTES-RODRÍGUEZ; PECH, E y BLANCO-ROSETE, S. Diagnóstico del desarrollo de biorrefinerías en México. En: Revista Mexicana de Ingeniería Química. Septiembre de 2010. vol.9. n.3.p. 261-283.

SMITH, Andrea, KLENK Nicole, y WOOD stepan, et al: Second Generation Biofuels and Bioinvasions: An Evolution of Invasive Risks and Policy Responses in the United States and Canada En: Renewable and Sustainable Energy Reviews., . 2013,P.30-42

Sustainable Biomass Processing [En línea] BIOREFINERY EMI. [Citado el 30 de agosto de 2019] Disponible en: www.eurobioref.org.

TERRITORIAL EDEO, Económico C. En Componente económico. p:1-57.

The Role of Bioenergy in the Bioeconomy. Chapter One-Nexus Bioenergy–Bioeconomy. [En línea]. LAGO, Carmen; HERRERA, Israel; CALDÉS, Natalia

and LECHÓN, Yolanda. 2019. [25 de agosto de 2019]. Disponible: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813056-8.00001-7>>

TOCA MDE., Esquema de ordenamiento territorial municipio de Toca Boyacá. En Plan de desarrollo 2004;p.17.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA UPME., En: Mapa Energético de Colombia,, 2019. P.1-4

URIEN PINEDO Andrea, Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Química Módulo: Química Analítica BIOCMBUSTIBLES MEDIANTE. En: PIRÓLISIS DE BIOMASA RESIDUAL” 2013.P 3-27.

USO DE SUELO DEL COMPONENTE RURAL En: decreto 241 de 2014,2014, p 97

VALENCIANA C. PROYECTO INGELIA, S. L Ampliación y Mejora de una Planta de Carbonización Hidrotermal (HTC) de Biomasa. En: 2014.p 1-9

VILLAR, Juan Carlos, et al. “Biorrefinerías anti CO2 con casi cualquier tipo de residuo orgánico,” En: *EFE Verde*, 2013, p. 3.-15

Wakefield Biochar Soil Conditioner -, [En línea] WAKEFIELD BIOCHAR [Citado el 19 de agosto de 2019] ,Disponible en : <https://www.amazon.com/Wakefield-Biochar-Soil-Conditioner-Certified>.

ANEXOS

ANEXO B. Modelo de encuesta.

ENCUESTA

Encuesta sobre el manejo de los residuos sólidos orgánicos producto de la papa en la provincia centro del departamento de Boyacá- Con fines académicos
Maestría en ingeniería ambiental – Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Propietario: _____ Edad: _____ genero:
F___M___

Municipio_____ Vereda_____ Predio

Marque con una X su respuesta o escriba su respuesta si es necesario.

1. Qué tipo de producto siembra en su parcela? (Puede elegir más de una opción)

a) Papa de año ___ b) Papa criolla___ c) Maíz___ d) Zanahoria___ e) Arveja ___f)
Avena ___ Otra?_____

Si dentro de la respuesta anterior se encuentra la “papa de año”, continúe con la encuesta.

2. ¿Cuántas siembras de “papa de año” realiza al año en su parcela?

- a) 1__ al año_____ b) 2__ al año c) 3__ al año d) 4__ al año
Otra?_____

3. Qué variedad de papa siembra en su parcela? (Puede elegir más de una opción)

- a) R 12__ b) Betina__ c) Pastusa superior__ d) Pastusa parda__ e) Tocarreña__
b) Otra cual?_____

4. ¿Qué número de hectáreas en promedio cultiva con papa en su parcela durante cada periodo de siembra?

- a) 3 a 5 hectáreas__ b) 6 a 8 hectáreas__ c) 9 a 12 hectáreas __ otra cuál?_____

5. ¿En que meses del año cultiva o saca papa en sus parcelas?

- a) 2(voces)__ meses_____ y _____
b) 3(voces)__ meses_____, _____ y _____
c) 4(voces)__ meses_____, _____, _____ y _____
d) 5(voces)__ _____ meses _____
_____, _____, _____ y _____

6. ¿Qué método usa para cosechar la papa en su parcela? (Puede elegir más de una opción)

- a) Cosecha Manual __ b) Tractor cosechador__ c) Cosechadora industrial__
Otra cuál?_____

7. ¿Qué cantidad de cargas de papa suele cosechar en promedio en cada siembra?

- a) Entre 600 y 1300 cargas__ b) Entre 1301 y 2000 cargas__ c) entre 2001y 3000 cargas __ Otra: ¿Cuál?:_____
- b)

8. En función de su respuesta anterior, en promedio ¿Qué porcentaje % de las cargas de papa recolectadas se considera como residuo?

a) 10%___ b) 20% ___ c) 30%___ Otra: ¿Cuál?:_____

9. De los siguientes factores que generan pérdidas, ¿Qué porcentaje % del total de pérdidas en el cultivo se deben a:

a) *Por heladas:* :_____ %
b) *Por sequía:* :_____ %
c) *Por exceso de lluvia:* :_____ %
d) *Por plaga o enfermedad:* :_____ %
e) *Por sobreproducción:* :_____ %

10. ¿Qué tipo de disposición hace usted con los residuos de la papa que se generan en su cultivo?

a) Alimenta animales___ b) Las arroja sobre el suelo de su parcela.___ c) La vende _____.

d) La deja dentro de la tierra ___ Otra: ¿Cuál?:_____

11. ¿Usted considera que los residuos de la papa deberían ser reutilizados?

Si___ No___ ¿De qué manera?_____

12. ¿Usted vendería los residuos provenientes de su cultivo de papa, para transformarlos y generar valor agregado?

Si___ No___ Por cuánto dinero?_____ Carga.

13. ¿Qué valor en pesos considera usted deja de ganar por cada carga de papa perdida en su cultivo?

a) \$10.000 a \$30.000___ b) \$31.000 a \$70.000___ c) \$71.000 a 100.000___
d) Otra cuánto? _____

14. ¿Considera oportuna la instalación de una planta de transformación de residuos de papa en su vereda o municipio?

Si___ No___ PORQUE?_____

15. ¿A quien considera usted que debe pertenecer la planta de transformación de residuos de papa?

- a) Una asociación de agricultores___ b) Al municipio___ c) privados___
b) d) junta de A. Comunal___ d) otra cuál?_____

16. ¿Usted compraría productos como etanol, el carbón, diésel o aceites sabiendo que provienen del residuo de papa transformado?

Si___ No___ PORQUE?_____

ANEXO B Proyección de gastos de personal mensuales.

Se calcula la necesidad de una planta de personal basado en el número de personal de empresas¹⁰⁷ de tamaño y sector económico similar, los valores predio de los sueldos mensuales de los trabajadores se basan en valores tomados de páginas web¹⁰⁸ especializadas en el mercado laboral.

¹⁰⁷ A. D. A. Luz and M. P, En: *“Plan de negocios para la creación de una empresa fabricante y comercializadora de briquetas ambientalmente sostenibles”* p.1-93. 2018.

¹⁰⁸ INDEED.COM, “Salarios de Gerente comercial en Colombia.,” 2019. Disponible en internet: <https://co.indeed.com/>.

GASTOS DE PERSONAL						
PERSONAL	CANTIDAD	REMUNERACION	PRESTACIONES SOCIALES	TURNO: 48 HORAS SEMANA	TURNO EXTRA: 8 HORAS SEMANA.	TOTAL COSTO
MANO DE OBRA DIRECTA						
OPERADOR 1	1	\$ 828.116	244600	\$ 1.072.716	55207,76	\$ 1.127.924
OPERADOR 2	1	\$ 828.116	244600	\$ 1.072.716	55207,76	\$ 1.127.924
OPERADOR 3	1	\$ 828.116	244600	\$ 1.072.716	0	\$ 1.072.716
TOTAL MANO DE OBRA DIRECTA						\$ 3.328.564
MANO DE OBRA INDIRECTA						
ADMINISTRADOR	1	\$ 3.110.415	\$ 639.190	\$ 3.749.605	0	\$ 3.749.605
VENDEDOR	1	\$ 1.016.373	\$ 208.865	\$ 1.225.238	0	\$ 1.225.238
CONTADOR	1	\$ 1.979.172	\$ 406.720	\$ 2.385.892	0	\$ 2.385.892
ASEADORA	1	\$ 828.116	244600	\$ 1.072.716	0	\$ 1.072.716
GUARDIA SEGURIDAD 1	1	\$ 828.116	244600	\$ 1.072.716	0	\$ 1.072.716
GUARDIA SEGURIDAD 2	1	\$ 828.116	244600	\$ 1.072.716	0	\$ 1.072.716
total	9	\$ 11.074.656	\$ 2.722.375	\$ 13.797.031	\$ 110.416	
TOTAL MANO DE OBRA INDIRECTA						\$ 10.578.883
TOTAL MANO DE OBRA						\$ 13.907.446

ANEXO C Formulario de solicitud de Concesión de Aguas (FGP-88)

 Corpoboyaca <small>Corporación Autónoma Regional de Boyacá</small>		CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ		PROYECTOS AMBIENTALES	
		SISTEMA INTEGRADO GESTIÓN DE LA CALIDAD		FORMATO DE REGISTRO	
		FOP-88		Página 1 de 2	
		Versión 3		27/12/2018	
FORMULARIO DE SOLICITUD DE CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS					
A. DATOS DEL SOLICITANTE			2. EXPEDIENTE NUMERO		
1. RENOVACIÓN CONCESIÓN					
3. Tipo de Usuario					
4. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:					
5. C. C., C. E. o NIT No.:					
6. DIRECCIÓN DE CORRESPONDENCIA:					
8. TELÉFONO:			9. FAX:		7. CIUDAD:
11. AUTORIZA A SER NOTIFICADO A TRAVÉS DE CORREO ELECTRÓNICO:			10. E-MAIL:		
12. REPRESENTANTE LEGAL:					
13. C. C., C. E. o NIT No.:			14. DIRECCIÓN DE CORRESPONDENCIA:		
16. TELÉFONO:			17. FAX:		15. CIUDAD:
19. APODERADO (ABOGADO):			18. E-MAIL:		
20. TARJETA PROFESIONAL No.:					
21. DIRECCIÓN DE CORRESPONDENCIA:					
23. TELÉFONO:			24. FAX:		22. CIUDAD:
11. AUTORIZA A SER NOTIFICADO A TRAVÉS DE CORREO ELECTRÓNICO:			25. E-MAIL:		
B. INFORMACIÓN GENERAL DEL PREDIO A BENEFICIAR					
27. DIRECCIÓN					
28. ÁREA EN HECTÁREAS:					
29. UBICACIÓN					
30. DEPARTAMENTO					
31. MUNICIPIO					
32. VEREDA					
33. ACTIVIDAD EJECUTADA EN EL PREDIO					
34. CÓDIGO CATASTRAL:					
35. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DEL PREDIO					
ALTIMETRIA:		ALTITUD:			
LATITUD GRADOS:		MINUTOS:		SEGUNDOS:	
LONGITUD GRADOS:		MINUTOS:		SEGUNDOS:	
36. DERECHO SOBRE EL INMUEBLE					
C. INFORMACIÓN ESPECÍFICA POZO SUBTERRÁNEO					
38. DIRECCIÓN					
39. NOMBRE PROPIETARIO O POSEEDOR					
40. ÁREA EN HECTÁREAS:					
41. UBICACIÓN					
42. DEPARTAMENTO					
43. MUNICIPIO					
44. VEREDA					
45. USO ACTUAL DEL PREDIO					
46. EMPRESA PERFORADORA DEL POZO					
47. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LA OBRA					
ALTIMETRIA:		ALTITUD:			
LATITUD GRADOS:		MINUTOS:		SEGUNDOS:	
LONGITUD GRADOS:		MINUTOS:		SEGUNDOS:	
48. REFERENCIA PLANCHA IGAC					
49. PERMISO DE EXPLORACION No.:					
50. PRUEBA DE BOMBEO					
FECHA DE REALIZACIÓN:		PROFUNDIDAD:		FORMACIÓN ACUÍFERA:	
51. CAUDAL DEL POZO LITROS/SG.:					
D. DEMANDA USO Y COSTOS					
INDIVIDUAL <input type="checkbox"/>		No. USUARIOS		No. USUARIOS PERMANENTES	
COLECTIVO <input type="checkbox"/>		No. SUSCRITORES		No. USUARIOS TRANSITORIOS	
CAUDAL L.P.S.		TIPO			
52. USO DOMESTICO <input type="checkbox"/>		Tipo Abreviador		Nº ANIMALES	
53. USO PECUARIO <input type="checkbox"/>		Tipo Abreviador		Nº ANIMALES	
54. AGRICOLA <input type="checkbox"/>		Tipo Abreviador		Nº ANIMALES	
55. INDUSTRIAL <input type="checkbox"/>		Tipo Abreviador		Nº ANIMALES	
56. PISCICOLA <input type="checkbox"/>		Tipo Abreviador		Nº ANIMALES	
57. RECREATIVO <input type="checkbox"/>		Tipo Abreviador		Nº ANIMALES	
58. CAUDAL TOTAL L.P.S.		HECTÁREAS		TIPO DE RIEGO	
59. SUSCRITORES PROYECTADOS		HECTÁREAS		TIPO DE RIEGO	
60. TIPO		HECTÁREAS		TIPO DE RIEGO	
61. TIEMPO POR EL CUAL SE SOLICITA LA CONCESIÓN:		HECTÁREAS		TIPO DE RIEGO	
62. COSTO DEL PROYECTO		HECTÁREAS		TIPO DE RIEGO	
63. FIRMA SOLICITANTE		HECTÁREAS		TIPO DE RIEGO	
INVERSIÓN		OPERACIÓN		TOTAL	
				S 0.000	

 Corpoboyaca <small>Corporación Autónoma Regional de Boyacá</small>		CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ		PROYECTOS AMBIENTALES	
		SISTEMA INTEGRADO GESTIÓN DE LA CALIDAD		FORMATO DE REGISTRO	
		FOP-88		Página 2 de 2	
		Versión 3		27/12/2018	
REQUISITOS A ANEXAR GENERALES					
PERSONA NATURAL COPIA CÉDULA DE CIUDADANÍA					
PERSONA JURÍDICA CERTIFICADO DE EXISTENCIA Y REPRESENTACIÓN LEGAL EXPEDICIÓN NO SUPERIOR A 3 MESES					
REGISTRO ÚNICO TRIBUTARIO (RUT)					
CERTIFICADO DE TRADICIÓN Y LIBERTAD EXPEDICIÓN NO SUPERIOR A DOS MESES					
DECLARACIÓN EXTRA JUDICIAL					
AUTORIZACIÓN PROPIETARIO Y CERTIFICADO DE TRADICIÓN Y LIBERTAD PROPIETARIO.					
COPIA ESCRITURA PÚBLICA DE CONSTITUCIÓN DE LA SERVIDUMBRE					
AUTORIZACIÓN DEL PROPIETARIO O POSEEDOR DEL PREDIO Y CERTIFICADO DE TRADICIÓN Y LIBERTAD DEL PREDIO O DECLARACIÓN EXTRA JUDICIAL					
UNICAMENTE PARA CAUDALES MENORES O IGUALES A 0,5 L.P.S EN USOS DOMÉSTICO, PECUARIO Y/O AGRICOLA.					
CONSULTAR TÉRMINOS DE REFERENCIA EN EL SIGUIENTE LINK: http://www.corpoboyaca.gov.co/proyectos/manejo-integral-del-recurso-hidrologico/gestion-integrada-de-oferta-hidrologica/					
PARA CAUDALES MAYORES A 0,5 L.P.S EN USOS DOMÉSTICO, PECUARIO Y/O AGRICOLA.					
CONSULTAR TÉRMINOS DE REFERENCIA EN EL SIGUIENTE LINK: http://www.corpoboyaca.gov.co/proyectos/manejo-integral-del-recurso-hidrologico/gestion-integrada-de-oferta-hidrologica/					
MUNICIPIO CERTIFICADO DE EJERCICIO DEL CARGO Y ACTA DE POSESIÓN DEL ALCALDE					
JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL DE EXISTENCIA EXPEDIDA POR LA GOBERNACIÓN					
DISTRITO DE RIEGO DE EXISTENCIA EXPEDIDA POR EL MINISTERIO DE AGRICULTURA					
DERECHO SOBRE EL INMUEBLE A BENEFICIAR PROPIETARIO CERTIFICADO DE TRADICIÓN Y LIBERTAD EXPEDICIÓN NO SUPERIOR A DOS MESES					
POSEEDOR DECLARACIÓN EXTRA JUDICIAL					
SERVIDUMBRE DE AGUA IMPUESTA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA DE CAPTACIÓN Y/O CONTROL DE CAUDAL. NO AUTORIZACIÓN DEL PROPIETARIO O POSEEDOR DEL PREDIO Y CERTIFICADO DE TRADICIÓN Y LIBERTAD DEL PREDIO O DECLARACIÓN EXTRA JUDICIAL					
PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA. DOCUMENTO UNICAMENTE PARA CAUDALES MENORES O IGUALES A 0,5 L.P.S EN USOS DOMÉSTICO, PECUARIO Y/O AGRICOLA. PARA USOS INDUSTRIALES, RECREATIVOS Y PROYECTOS PISCICOLAS. CONSULTAR TÉRMINOS DE REFERENCIA EN EL SIGUIENTE LINK: http://www.corpoboyaca.gov.co/proyectos/manejo-integral-del-recurso-hidrologico/gestion-integrada-de-oferta-hidrologica/					
PODER OTORGADO CUANDO SE ACTÚE A TRAVÉS DE ABOGADO, CON PRESENTACIÓN PERSONAL ANTE NOTARÍA					
CUANDO LA SOLICITUD CONTEMPLE EL CONSUMO HUMANO DEBERÁ ALEGARSE AUTORIZACIÓN SANITARIA FAVORABLE EXPEDIDA POR SECRETARÍA DE SALUD DEPARTAMENTAL					
LISTADO DE SUSCRITORES DEBIDAMENTE DILIGENCIADO, FORMATO DE REGISTRO FOP-77, APLICA UNICAMENTE PARA PERSONAS JURÍDICAS.					
COPIA DE RECIBO DE CONSIGNACIÓN O FACTURA DE PAGO POR SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL A FAVOR DE CORPOBOYACA.					
FORMULARIO DE SOLICITUD DE CONCESIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS ESPECÍFICAS					
ACUEDUCTOS (ASOCIACIONES, JUNTAS) PROYECTO PRESENTADO CUMPLIENDO LOS PARÁMETROS PREVISTOS EN EL FORMATO FOP-82					
RIEGO PROYECTO PRESENTADO CUMPLIENDO LOS PARÁMETROS PREVISTOS EN EL FORMATO FOP-83 PARA DISTRITO DE RIEGO					
PISCICULTURA CERTIFICADO DE USO DEL SUELO EXPEDIDO POR LA OFICINA DE PLANEACIÓN MUNICIPAL DE CADA UNA DE LAS ÁREAS A IRRIGAR					
INDUSTRIA PROYECTO PRESENTADO CUMPLIENDO LOS PARÁMETROS PREVISTOS EN EL FORMATO FOP-85					
HOTELERÍA CERTIFICADO DE USO DEL SUELO EXPEDIDO POR LA OFICINA DE PLANEACIÓN MUNICIPAL DEL ÁREA DEL PROYECTO.					
RECREATIVO PROYECTO PRESENTADO CUMPLIENDO LOS PARÁMETROS PREVISTOS EN EL FORMATO FOP-86					
DISEÑO DEFINITIVO DEL POZO CERTIFICADO DE USO DEL SUELO EXPEDIDO POR LA OFICINA DE PLANEACIÓN MUNICIPAL DEL ÁREA DEL PROYECTO.					
INFORME QUE CONTENGA:					
1. Ubicación del pozo perforado y de otros que existan dentro del área de exploración o próximos a ésta. La ubicación se hará por coordenadas geográficas y siempre que sea posible con base en cartas del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".					
2. Descripción de la perforación y copia de los estudios geológicos, si se hubieren hecho.					
3. Profundidad y método de perforación.					
4. Perfil estratigráfico de todos los pozos perforados, tengan o no agua; descripción y análisis de las formaciones geológicas, espesor, composición, permeabilidad, almacenamiento y rendimiento real del pozo, si fuere productivo, y técnicas empleadas en las distintas fases. El titular del permiso deberá entregar, cuando la entidad lo solicite, muestras de cada formación geológica atravesada, indicando la cota del nivel superior e inferior a que corresponde.					
5. Nivelación de cota del pozo con relación a las bases altimétricas establecidas por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", niveles estáticos del agua, niveles durante la prueba de bombeo, elementos utilizados en la medición, e información sobre los niveles del agua contemporáneos a la prueba en la red de pozos de observación, y en los demás parámetros hidráulicos debidamente calculados.					
6. Calidad de las aguas; análisis físico-químico y bacteriológico.					
SEÑOR USUARIO LOS FORMATOS DEBEN DILIGENCIARSE EN MICROSOFT EXCEL 2010 Y TAMAÑO DE PAPEL OFICIO 8,5X13. LUEGO PROCEDER A					

*CORPOBOYACA garantiza la confidencialidad de los datos personales diligenciados por los usuarios a través del presente formulario y su tratamiento de acuerdo con la legislación sobre protección de datos de carácter personal; siendo de uso exclusivo de la entidad y trasladados a terceros con autorización previa del usuario, conforme a la Ley 1981 de 2012 y las demás normas que la regulan. Para conocer nuestras políticas de privacidad y condiciones de uso puede ingresar a <http://corpoboyaca.gov.co/index.php/en/politicas-de-privacidad-y-condiciones-de-uso>.

ANEXO D Formulario FGP-86 Información de Proyecto Industrial.

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ	PROYECTOS AMBIENTALES		
	SISTEMA INTEGRADO GESTIÓN DE LA CALIDAD	FORMATO DE REGISTRO		
		FGP-86	Página 1 de 2	
		Versión 1	27/12/2018	
INFORMACIÓN PROYECTO INDUSTRIAL				

Razón Social:		
Nit:		
Nombre del Representante Legal :		
Cédula de ciudadanía :		
Dirección para correspondencia:		
Teléfono(s):		
E -mail:		
Municipio:		
Vereda:		

INFORMACIÓN DE LA ACTIVIDAD

<p>1. Actividad economica de la industria: _____</p> <p>2. Mediante un flujograma describa cada uno de los procesos y subprocesos que se realizan en la industria, identificando la cantidad de agua requerida para cada uno (señalando los estados del agua) Anexo.</p> <p>3. Presentar una descripción detallada del sistema empleado para el uso del agua desde la captación hasta la distribución, que incluya: análisis técnico, georeferenciación, diseños, capacidad, dimensiones, diámetros, longitudes y materiales; de la misma manera incluir el sistema de drenaje empleado con detalles.</p> <p>4. Al final de los procesos el agua es:</p> <p style="text-align: right;">Recirculada: _____ %</p> <p style="text-align: right;">Evaporada: _____ %</p> <p style="text-align: right;">Vertida: _____ %</p>	
---	--

5. Utilizan aguas
 Iluvias : _____ Volumen (m³): _____

5.1 Tipo de
 Almacenamiento: _____ Otro, cual?: _____

6. Utiliza dispositivos de bajo consumo en algunas de las actividades.
 R/: _____

6.1 Si la respuesta es afirmativa, debe describirse el sistema empleado.

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ	PROYECTOS AMBIENTALES	
	SISTEMA INTEGRADO GESTIÓN DE LA CALIDAD	FORMATO DE REGISTRO	
		FGP-86	Página 2 de 2
		Versión 1	27/12/2018
INFORMACIÓN PROYECTO INDUSTRIAL			

VERTIMIENTOS						
N°	Tipo Fuente Receptora	Nombre fuente receptora (si aplica)	Coordenadas (G/M/S)			Caudal (l.p.s)
1			Latitud			
			Longitud			
2			Latitud			
			Longitud			

3			Latitud				
			Longitud				
4			Latitud				
			Longitud				
(Si es necesario especificar más puntos, crear un anexo con la información requerida en la tabla)							
7. Existe sistema de tratamiento de aguas residuales?			R/:				

ANEXO E Formulario de Solicitud de permiso de Vertimientos (FGP-70)

 CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ	PROYECTOS AMBIENTALES	
	FORMATO DE REGISTRO	
SISTEMA INTEGRADO GESTIÓN DE LA CALIDAD	FGP-70	Página 1 de 2
	Versión 0	01/10/2015

FORMULARIO DE SOLICITUD DE PERMISO DE VERTIMIENTO

DATOS DEL SOLICITANTE	
1. Persona Natural <input type="checkbox"/>	Persona Jurídica <input type="checkbox"/> Pública <input type="checkbox"/> Privada <input type="checkbox"/>
2. Nombre o Razón Social: _____	
C.C. <input type="checkbox"/> NIT <input type="checkbox"/>	No. _____ de _____
Dirección: _____ Ciudad: _____	
Teléfono (s): _____ Fax: _____ E-mail: _____	
Representante Legal: _____	
C.C. No. _____ de _____	
Dirección: _____ Ciudad: _____	
Teléfono (s): _____ Fax: _____ E-mail: _____	
3. Apoderado (si tiene): _____ T.P.: _____	
C.C. No. _____ de _____	
Dirección: _____ Ciudad: _____	
Teléfono (s): _____ Fax: _____ E-mail: _____	
4. Calidad en que actúa: Propietario <input type="checkbox"/> Arrendatario <input type="checkbox"/> Poseedor <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Cual <input type="checkbox"/>	

INFORMACIÓN GENERAL	
1. Nombre del predio: _____	Área: _____ Ha <input type="checkbox"/> m ² <input type="checkbox"/>
2. Localización del predio: _____ Urbano <input type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/>	
3. Departamento: _____ Municipio: _____ Vereda y/o Corregimiento: _____	
4. Sector: _____ Actividad que genera el vertimiento: _____	
5. Cédula Catastral No. <input type="checkbox"/>	
6. Nombre del propietario del predio: _____	

INFORMACIÓN TIPO DE VERTIMIENTO	
1. Residual doméstico <input type="checkbox"/>	Residual Industrial <input type="checkbox"/> Municipal / ESP <input type="checkbox"/>
2. Caudal (l/s): _____ Tiempo de descarga (h/día): _____ Frecuencia (días/sem): _____	
3. Forma de descarga: Flujo continuo <input type="checkbox"/> Flujo intermitente <input type="checkbox"/>	
4. Fuente de abastecimiento: _____ Cuenca: _____	
5. Nombre fuente receptora: _____ Cuenca: _____	
6. Sistema de Tratamiento y estado final previsto para el vertimiento: _____	
7. Sistema de aforo: _____	
8. Localización de punto(s) de descarga: Coordenadas geográficas:	
1. _____° N - _____° O, 2. _____° N - _____° O	
3. _____° N - _____° O, 4. _____° N - _____° O	

CARACTERIZACIÓN Y USO DE LA FUENTE RECEPTORA		
PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD
Sólidos suspendidos		mg/l
DBO ₅		mg/l
DQO		mg/l
Caudal		l/s

CARACTERIZACIÓN VERTIMIENTO		
PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD
Sólidos suspendidos		mg/l
DBO ₅		mg/l
DQO		mg/l
Caudal		l/s

Nota: La autoridad ambiental establecerá parámetros de interés sanitario a monitorear dependiendo de la actividad. Artículo 2.2.3.3.5. y Resolución 0831 del 17 de Marzo de 2015, de acuerdo al régimen de transición previsto en el artículo 2.2.3.3.11.1 del Decreto 1075 del 26 de Mayo de 2015.

 Corporación Autónoma Regional de Boyacá SISTEMA INTEGRADO GESTIÓN DE LA CALIDAD	PROYECTOS AMBIENTALES	
	FORMATO DE REGISTRO	
	EGR- 70	Página 2 de 2
	Versión 0	01/10/2015

FORMULARIO DE SOLICITUD DE PERMISO DE VERTIMIENTO

Los documentos a anexar para la solicitud del permiso de vertimientos se relacionan al respaldo

DOCUMENTACIÓN QUE DEBE ANEXAR A LA SOLICITUD

1. Para persona natural: Fotocopia de la cédula de ciudadanía. Para persona jurídica: Fotocopia del RUT.
2. Documentos que acrediten la personería jurídica del solicitante. **Sociedades:** Certificado de existencia y representación legal (expedición no superior a 3 meses).
3. Poder debidamente otorgado cuando se actúe por medio de apoderado.
 - Propietario del inmueble:** Certificado de libertad y tradición (expedición no superior a 3 meses).
 - Tenedor:** Prueba adecuada que lo acredite como tal y autorización del propietario.
 - Poseedor:** Prueba adecuada que lo acredite como tal.
4. Formato FGR-89 diligenciado (Costos de Inversión y Operación Parte A y B)
5. Características de las actividades que generan el vertimiento
6. Plano donde se identifique origen, cantidad y localización georeferenciada de las descargas al cuerpo de agua o al suelo. Formato análogo tamaño 100 cm x 70 cm y copia digital de los mismos.
7. Caracterización actual del vertimiento existente o estado final previsto para el vertimiento proyectado de conformidad con la norma de vertimientos vigente.
8. Ubicación, descripción de la operación del sistema, memorias técnicas y diseños de Ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de tratamiento y condiciones de eficiencia del sistema de vertimientos que se adoptara.
9. Concepto sobre el uso del suelo expedido por la autoridad municipal competente.
10. Evaluación Ambiental del Vertimiento.
11. Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo del Vertimiento
12. Plan de Contingencia para la Prevención y Control de Derrames, cuando a ello hubiere lugar.
13. Copia de recibo de consignación o factura de pago por servicio de evaluación ambiental, a favor de CORPOBOYACÁ.

NOTA: Los documentos anexos a la solicitud cuyo volumen supere los cincuenta (50) folios, deben ingresar a la Corporación: paginados en forma consecutiva o follada con lápiz de mina negra, numerando desde uno en adelante en la esquina superior derecha de cada hoja, solamente se debe anotar un número por folio y solo a los documentos que registren información. Los soportes magnéticos deben rotularse identificando el trámite solicitado, nombre del usuario, título del documento; esto para el control de la documentación, al interior de la corporación.

PROCESO PARA EL TRAMITE DEL PERMISO DE VERTIMIENTOS

1. Entrega de documentación para verificación de asuntos ambientales (certificado de uso del suelo expedido por la autoridad municipal competente, Certificado de tradición y libertad del predio con fecha de expedición no mayor a treinta (30) días, polígono georeferenciado del predio y punto(s) de vertimiento(s) en coordenadas geográficas).
2. Si la verificación de asuntos ambientales establece como viable el desarrollo del proyecto y/o actividad se procede a radicar el presente formulario debidamente diligenciado junto con los anexos que correspondan.
3. CORPOBOYACÁ procede a admitir el trámite y programa visita técnica al predio y punto(s) de vertimiento(s).
4. Revisión y evaluación de la información entregada y recopilada en la visita técnica para generación de concepto técnico.
5. Generación y notificación del acto administrativo que acoge el concepto técnico.

ANEXO F- Formato licencia de construcción.

	<p style="margin: 0;">CURADURÍA URBANA N° 1 - TUNJA</p> <p style="margin: 0; font-size: small;">ARZ. MARTHA BONILLA CARRERA Curadora Urbana</p>	
DOCUMENTOS SOLICITUD DE LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN		

DOCUMENTOS	
✓	Formulario Único Nacional para la solicitud de licencias totalmente diligenciado y firmado
✓	Copia Certificado de Libertad y Tradición del inmueble objeto de la solicitud no superior de expedición no superior a un (1) mes.
✓	Copia del Recibo de Impuesto predial del último año, con la nomenclatura alfanumérica o identificación del predio objeto de solicitud.
✓	Relación de los vecinos colindantes
✓	Copia documento de identidad del solicitante (Persona Natural) o certificado de existencia y representación legal (persona jurídica)
✓	Poder debidamente otorgado cuando se actué mediante apoderado
✓	Copia de la Escritura del predio objeto de solicitud.
✓	Copia de la Tarjeta Profesional de arquitecto (s) y/o ingeniero (s) que intervienen.
✓	Dos copias en medio impreso del proyecto arquitectónico y estructural (un juego al momento de la radicación) debidamente rotulados y firmados.
✓	Memorial de responsabilidad del diseño Estructural
✓	Anteproyecto aprobado por el Ministerio de Cultura a la entidad competente, si es bien de interés Cultural.
✓	Copia del acta del órgano competente de administración de la Propiedad Horizontal autorizando la ejecución de las obras (de inmuebles sometidas al Régimen De Propiedad Horizontal).

CODIGO: QR-FOR-03	VERSION: 01	VICENCIA: 2010/04
-------------------	-------------	-------------------

(*) DOCUMENTOS ADICIONALES	
✓	Certificado de parámetros y afectaciones vial expedido por la oficina Asesora de planeación (si se requiere)
✓	Certificado de uso del suelo (si se requiere)
✓	Licencias anteriores y planos cuando la solicitud se presenta ante autoridad distinta a la que otorgó la licencia original, excepto para obra nueva.

(*) PLANOS:	
1.	PROYECTO ARQUITECTÓNICO: Plano de localización (debe contener sección vial, nomenclatura vial, linderos del predio, norte y Cotas de nivel).
2.	Cuadro de áreas e índices de ocupación y construcción.
3.	Plantas arquitectónicas por piso (planta primer piso debe estar relacionado con el espacio público), todas las plantas deben indicar cotas generales y parciales), ejes estructurales en orden alfanumérico, usos, niveles e indicar cortes, <u>planta de cubierta</u> (debe indicar el material de la cubierta, pendientes, placa de tanques y el sentido del agua) en escalas de fácil lectura.
4.	Cortes longitudinales y transversales de la edificación relacionada con la vía pública o privada, indicando niveles de pisos, ejes estructurales en orden alfanumérico; cotas en escala adecuada y de fácil lectura .Cuando el proyecto esté localizado en suelo inclinado, los cortes deberán indicar la inclinación real del terreno.
5.	PROYECTO ESTRUCTURAL: Fachadas Técnicas: indicando cotas, niveles de piso.
6.	Proyecto Estructural: rotulado, y en cumplimiento de la NSR-10.
7.	Categoría III y IV: <ul style="list-style-type: none"> • memorias de cálculo, Estudio de Suelos, Diseño de elementos no estructurales.

respectivamente para ambos grupos. Que se encuentran ubicados los cultivadores de papa

PREGUNTA Nº 1:

Producto sembrado en la parcela.

1. Qué tipo de producto siembra en su parcela? (Puede elegir más de una opción)			
OPCIONES	Nº DE ENCUESTADOS QUE ELIGIERON LA OPCION	VALOR EN % DE CADA OPCION.	OBSERVACION
papa blanca y maíz	24	39%	EL 100% DE LOS ENCUESTADOS TIENEN LA PAPA DE AÑO O BLANCA COMO SU PRINCIPAL CULTIVO A SEMBRAR.
papa blanca y arveja	22	35,48%	
papa blanca y criolla	8	12,90%	
papa blanca y cebolla	4	6,45%	
papa blanca, maíz y arveja	4	6,45%	
TOTAL	62	100%	

Fuente: Elaboración propia.

PREGUNTA Nº 2 Y 5:

Número de siembras de papa al año y periodos de cultivo.

2. ¿Cuántas siembras de "papa de año" realiza al año en su parcela? y 5. ¿En que meses del año cultiva o saca papa en sus parcelas?			
OPCIONES	Nº DE ENCUESTADOS QUE ELIGIERON LA OPCION	VALOR EN % DE CADA OPCION.	OBSERVACION
2 VECES	45	68,75%	EL 68,75% SIEMBRAN EN JUNIO Y DICIEMBRE
3 VECES	16	25%	EL 68,75% SIEMBRAN EN ENERO, JUNIO Y NOVIEMBRE
5 VECES O MAS	1	6,25%	EL ACCESO A AGUA PERMITE SEMBRAR DURANTE TODO EL AÑO
TOTAL	62	100%	

El valor de 4 siembras al año no fue respondido por ningún encuestado.

Fuente: Elaboración propia

PREGUNTA Nº 3:

Variedades papa más sembradas.

3. Qué variedad de papa siembra en su parcela? (Puede elegir más de una opción)			
OPCIONES	Nº DE ENCUESTADOS QUE ELIGIERON LA OPCION	VALOR EN % DE CADA OPCION.	OBSERVACION
R 12	9	14%	AUNQUE LA VARIEDAD R12 ES LA MENOS COMUN A LA HORA DE SER SEMBRADA , TAMBIEN ES LA QUE UNA VES ES SEMBRADA SE HACE EN MAYOR CANTIDAD.
Betina	20	31,81%	
Pastusa superior	17	27,27%	
RUBY	16	27,27%	
TOTAL	62	100%	

Fuente: Elaboración propia

PREGUNTA Nº 4:

Hectáreas sembradas

4. ¿Qué número de hectáreas en promedio cultiva con papa en su parcela durante cada periodo de siembra?			
OPCIONES	Nº DE ENCUESTADOS QUE ELIGIERON LA OPCION	VALOR EN % DE CADA OPCION.	OBSERVACION
MENOS DE 3 HECTAREAS	8	12,50%	EL 85 % DE LAS AREAS DE SIEMBRA DE PAPA SON PEQUEÑAS ESTENSIONES DE TIERRA CON MENOS DE 5 HECTAREAS.
DE 3 A 5 HECTARES	40	62,50%	
DE 6 A 8 HECTAREAS	12	18,75%	
MAS DE 8 HECTAREAS	2	6,25%	
TOTAL	62	100%	

Fuente: Elaboración propia

PREGUNTA Nº 6:

La totalidad de los encuestados usan la cosecha manual como único método para la extracción de la papa en sus parcelas.

PREGUNTA Nº 7:

. Numero de cargas cosechadas (carga=100 kilogramos)

7. ¿Qué cantidad de cargas de papa suele cosechar en promedio en cada siembra? (se tabulan valores anuales)			
OPCIONES	Nº DE ENCUESTADOS QUE ELIGIERON LA OPCION	VALOR EN % DE CADA OPCION.	OBSERVACION
menos de 1200 cargas/ año	29	43,75%	EL 94 % DE LOS PRODUCTORES DE PAPA SE CONSIDERAN PEQUEÑOS PRODUCTORES.
entre 1200 y 2600 cargas/ año	32	50%	
entre 2601 y 4000 cargas/ año	0	0	
mas de 4000 cargas/ año	1	6,25%	
TOTAL	62	100%	

Fuente: Elaboración propia

PREGUNTA Nº 8:

. Número de cargas cosechadas (carga=100 kilogramos)

8. En función de su respuesta anterior, en promedio ¿Qué porcentaje % de las cargas de papa recolectadas se considera como residuo?			
OPCIONES	Nº DE ENCUESTADOS QUE ELIGIERON LA OPCION	VALOR EN % DE CADA OPCION.	OBSERVACION
5%	8	12,50%	EL % DE PERDIDAS O DE BIOMASA RESIDUAL PARA LA MUESTRA ES DE <u>12,6%</u>
10%	24	38%	
15%	8	12,5	
MAS DE 15%	22	37,00%	
TOTAL	62	100%	

Fuente: Elaboración propia

PREGUNTA Nº 9:

Factores que generan perdida

9. De los siguientes factores que generan pérdidas, ¿Qué porcentaje % del total de pérdidas en el cultivo se deben a:			
OPCIONES	Nº DE ENCUESTADOS QUE ELIGIERON LA OPCION	VALOR EN % DE CADA OPCION.	OBSERVACION
POR PLAGAS	56	58,30%	EL PRINCIPAL FACTOR DE PERDIDA EN EL CULTIVO DE LA PAPA SON LAS PLAGAS, FACTOR QUE SE PRESENTA EN TODA LA ZONA DE ESTUDIO, MIENTRAS QUE LA SEQUIA ES UN FACTOR DETERMINANTE EN MOTAVITA.
POR SEQUIAS	8	8,3%	
POR MERCADO	16	16,60%	
POR HELADAS	16	16,60%	
TOTAL	96	100%	

Fuente: Elaboración propia

PREGUNTA Nº 10:

Disposición de los residuos.

10. ¿Qué tipo de disposición hace usted con los residuos de la papa que se generan en su cultivo?			
OPCIONES	ELIGIERON LA OPCION	OPCION.	OBSERVACION
LA VENDE	56	62,90%	EL 63 % DE LOS ENCUESTADOS ESTAN DISPUESTOS A VENDER EL RESIDUO DE PAPA PRODUCTO DE SUS CULTIVO.
ALIMENTA LOS ANIMALES	6	37,1%	
TOTAL	62	100%	

Fuente: Elaboración propia

PREGUNTA N° 11:

La totalidad de los encuestados determinaron que el residuo de papa es totalmente reutilizable para ser transformado, comercializado o usado para alimentar animales.

PREGUNTA N° 12:

Valor de venta de biomasa residual.

12. ¿Usted vendería los residuos provenientes de su cultivo de papa, para transformarlos y generar valor agregado? POR QUÉ VALOR?			
OPCIONES	Nº DE ENCUESTADOS QUE ELIGIERON LA OPCION	VALOR EN % DE CADA OPCION.	OBSERVACION
Valor de venta (0)	4	6,45%	EL VALOR PROMEDIO DE VENTA DE LA CARGA DE BIOMASA RESIDUAL DE PAPA ES DE \$ <u>14.625</u>
Valor de venta (\$10.000)	8	12,90%	
Valor de venta (\$12.000)	8	12,9%	
Valor de venta (\$15.000)	32	51,61%	
Valor de venta (\$20.000)	8	12,90%	
Valor de venta (\$30.000)	2	3,22%	
TOTAL	62	100%	

Fuente: Elaboración propia

PREGUNTA N° 13:

Valor de pérdida por carga (carga=100 kilogramos).

13. ¿Qué valor en pesos considera usted deja de ganar por cada carga de papa perdida en su cultivo?			
OPCIONES	Nº DE ENCUESTADOS QUE ELIGIERON LA OPCION	VALOR EN % DE CADA OPCION.	OBSERVACION
entre 10.000 y 30.000	60	93,75%	DADO QUE EL PRECIO PROMEDIO DE LA CARGA DE PAPA EN EL MERCADO, Y SEGÚN LA ENCUESTA EL 94% DE LOS ENCUESTADOS PIERDE APROXIMADAMENTE 60 MIL PESOSO POR CADA CARGA DE RESIDUO QUE GENERA EN SU COSECHA.
entre 30.000 y 70.000	2	6,3%	
TOTAL	62	100%	

Fuente: Elaboración propia

PREGUNTA № 14:

La totalidad de los encuestados consideran buena la opción de instalar una planta de transformación de biomasa residual en su municipio.

PREGUNTA № 15:

. Propietario de la planta htc

15. ¿A quien considera usted que debe pertenecer la planta de transformación de residuos de papa?			
OPCIONES	Nº DE ENCUESTADOS QUE ELIGIERON LA OPCION	VALOR EN % DE CADA OPCION.	OBSERVACION
ASOCIACION AGRICULTORES	27	43,54%	LOS AGRICULTORES CONSIDERAN IMPORTANTE PARA EL GREMIO DE PAPIADORES PARTICIPAR EN ESTE TIPO DE PROYECTOS.
PRIVADOS	20	32,3%	
MUNICIPIO	15	24,19%	
TOTAL	62	100%	

Fuente: Elaboración propia.

PREGUNTA № 16:

La totalidad de los encuestados se mostraron dispuestos a consumir productos hechos a base de papa, para conservar el medio ambiente y promover la producción de papa.

Resultados de la encuesta para muestra de 8 grandes productores.

Edad de los entrevistados. Por grupos de edad fue la siguiente: 38 años (31), 42 años (1), 52 años (2), 58 años (1), 62 años (1), 65 años (1), 68 años (1) Y 71 años (1).

Sexo de los entrevistados. La encuesta la responden en su totalidad hombres (100%).

Análisis de resultados encuesta a 8 productores

ANÁLISIS GENERAL DE LA ENCUESTA A GRANDES PRODUCTORES		
Nº PREGUNTA EN ENCUESTA	PREGUNTAS (8) GRANDES PRODUCTORES	
PREGUNTA 1	1. Qué tipo de producto siembra en su parcela? (Puede elegir más de una opción)	OBSERVACIONES
RESPUESTA	LA TOTALIDAD DE LOS ENCUESTADOS SIEMBRAN PAPA COMO CULTIVO PRINCIPAL .	EL 75% SIEMBRA SOLO PAPA Y EL 25% SIEMBRA PAPA Y CEBOLLA.
PREGUNTA 2	2. ¿Cuántas siembras de “papa de año” realiza al año en su parcela?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	LA TOTALIDAD DE LOS ENCUESTADOS SIEMBRAN 5 O MAS VECES AL AÑO.	EL ACCESO A REGADIOS PERMITE LA SIEMBRA CONSTANTE.
PREGUNTA 3	3. Qué variedad de papa siembra en su parcela? (Puede elegir más de una opción)	OBSERVACIONES
RESPUESTA	EL 50% DE LOS PRODUCTORES SIEMBRAN VARIEDAD R12 , EL 25% BETINA Y EL 25% PASTUSA SUPERIOR.	LA MAYORIA DE LOS GRANDES PRODUCTORES SIEMBRAN PAPA INDUSTRIAL TIPO R12
PREGUNTA 4	4. ¿Qué número de hectáreas en promedio cultiva con papa en su parcela durante cada periodo de siembra?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	LA TOTALIDAD DE LOS PRODUCTORES CULTIVAN EN AREAS SUPERIORES A 50 HECTAREAS	EL CULTIVO SE SIEMBRA EN VARIAS PARCELAS.
PREGUNTA 5	5. ¿En que meses del año cultiva o saca papa en sus parcelas?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	LA TOTALIDAD DE LOS PRODUCTORES CULTIVAN CADA 2 O 3 MESES.	SE SIEMBRA EN ENERO ,MARZO,JULIO, SEPTIEMBRE Y NOVIEMBRE
PREGUNTA 6	6. ¿Qué método usa para cosechar la papa en su parcela? (Puede elegir más de una opción)	OBSERVACIONES
RESPUESTA	EL METODO PARA COSECHAR ES MANUAL PARA TODOS LOS PRODUCTORES	
PREGUNTA 7	7. ¿Qué cantidad de cargas de papa suele cosechar en promedio en cada siembra? (se tabulan valores anuales)	OBSERVACIONES
RESPUESTA	45.000 CARGAS PRODUCIDAS AL AÑO	4.500 CARGAS/AÑO DE RESIDUO
	45.000 CARGAS PRODUCIDAS AL AÑO	4.500 CARGAS/AÑO DE RESIDUO
	20.000 CARGAS PRODUCIDAS AL AÑO	2.000 CARGAS/AÑO DE RESIDUO
	19.000 CARGAS PRODUCIDAS AL AÑO	1.900 CARGAS/AÑO DE RESIDUO
	19.000 CARGAS PRODUCIDAS AL AÑO	1.900 CARGAS/AÑO DE RESIDUO
	20.000 CARGAS PRODUCIDAS AL AÑO	2.000 CARGAS/AÑO DE RESIDUO
	18.000 CARGAS PRODUCIDAS AL AÑO	1.800 CARGAS/AÑO DE RESIDUO
	15.000 CARGAS PRODUCIDAS AL AÑO	1.500 CARGAS/AÑO DE RESIDUO
PREGUNTA 8	8. En función de su respuesta anterior, en promedio ¿Qué porcentaje % de las cargas de papa recolectadas se considera como residuo?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	LA TOTALIDAD DE LOS PRODUCTORES DICEN TENER PERDIDAS DE HASTA EL 10%	EL 10% DE LOS RESIDUOS DE ESTOS 8 GRANDES PRODUCTORES ES DE 21.000 CARGAS DE 100 KG CADA UNA

Continuación tabla..

PREGUNTA 9	9. De los siguientes factores que generan pérdidas, ¿Qué porcentaje % del total de pérdidas en el cultivo se deben a:	OBSERVACIONES
RESPUESTA	EL 70% DE LAS PERDIDAS EN EL CULTIVO LO GENERAN LAS PLAGAS Y EL 30% POR FACTORES COMO LAS HELADAS.	EL 80% DE LAS PERDIDAS ES PAPA RICHÍ
PREGUNTA 10	10. ¿Qué tipo de disposición hace usted con los residuos de la papa que se generan en su cultivo?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	LA TOTALIDAD DE LOS GRANDES PRODUCTORES DICEN VENDER EL RESIDUO DE PAPA QUE GENERAN SUS CULTIVOS	LOS UNICOS COMPRADORES DEL RESIDUO DE PAPA SON QUIENES LO DISPONEN PARA ALIMENTAR ANIMALES.
PREGUNTA 11	11. ¿Usted considera que los residuos de la papa deberían ser reutilizados?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	LA TOTALIDAD DE LOS GRANDES PRODUCTORES CONSIDERAN QUE EL RESIDUO DE PAPA DEBE Y PUEDE SER REUTILIZADO.	EL 62,5% DE LOS PRODUCTORES CONSIDERAN QUE SE DEBE USAR PARA ALIMENTAR ANIMALES Y EL 37,5% CREEN QUE SE DEBE TRANSFORMAR EN OTRO TIPO DE PRODUCTOS.
PREGUNTA 12	12. ¿Usted vendería los residuos provenientes de su cultivo de papa, para transformarlos y generar valor agregado? POR QUÉ VALOR?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	valor de venta del residuo según los productores: \$10.000 (2) productores, \$12.000 (1) productor, \$13.000 (2) productores y \$15.000 (3) productores.	El valor promedio de venta del residuo de papa es de \$13.000.
PREGUNTA 13	13. ¿Qué valor en pesos considera usted deja de ganar por cada carga de papa perdida en su cultivo?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	LA TOTALIDAD DE PRODUCTORES CONSIDERAN QUE LAS PERDIDAS O CARGA DE PAPA QUE SE CONSIDERA RESIDUO ESTAN ENTRE LOS \$30.000 Y \$70.000.	ES CLARO QUE LA VENTA DEL RESIDUO DE PAPA LE PERMITE RECUPERAR UNA FRACCION DE LO QUE SE INVIRTIÓ EN EL
PREGUNTA 14	14. ¿Considera oportuna la instalación de una planta de transformación de residuos de papa en su vereda o municipio?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	LA TOTALIDAD DE LOS PRODUCTORES AFIRMAN ESTAR DE ACUERDO CON LA INSTALACION DE LA PLANTA DE TRANSFORMACION DE PAPA EN EL MUNICIPIO DONDE PRODUCE.	LOS PRODUCTORES VEN LA PLANTA COMO UNA ALTERNATIVA ECONOMICA A LAS PERDIDAS QUE GENERA SU
PREGUNTA 15	15. ¿A quien considera usted que debe pertenecer la planta de transformación de residuos de papa?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	EL 75% DE LOS ENTREVISTADOS CONSIDERAN QUE LA PLANTA DEBE SER ADMINISTRADA POR PRIVADOS Y EL 25% CONSIDERA QUE LA DEBE ADMINISTRAR UNA ASOCIACION DE AGRICULTORES.	LA MAYORIA CONSIDERA MAS EFICIENTE LA ADMINISTRACION PRIVADA DE LA PLANTA.
PREGUNTA 16	16. ¿Usted compraría productos como etanol, el carbón, diésel o aceites sabiendo que provienen del residuo de papa transformado?	OBSERVACIONES
RESPUESTA	LA TOTALIDAD DE PRODUCTORES AFIRMAN QUE COMPRARIAN Y USARIAN BIOCOMBUSTIBLES PROVENIENTES DE LA TRANSFORMACION DE LA PAPA.	LOS ACEITES Y DIESEL SON PRODUCTOS UTILIZADOS CONSTANTEMENTE POR ESTOS PRODUCTORES.

Fuente: Elaboración propia.