

**PROPUESTA DE PLAN DE NEGOCIO PARA EL USO AGRÍCOLA DEL AGUA
DE PRODUCCIÓN PARA LOS CAMPOS PETROLEROS DE LA GERENCIA
REGIONAL ORIENTE DE ECOPETROL S.A.**

MIGUEL ANGEL CORTÉS ANGARITA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN GERENCIA DE NEGOCIOS
BUCARAMANGA**

2015

**PROPUESTA DE PLAN DE NEGOCIO PARA EL USO AGRÍCOLA DEL AGUA
DE PRODUCCIÓN PARA LOS CAMPOS PETROLEROS DE LA GERENCIA
REGIONAL ORIENTE DE ECOPETROL S.A.
MIGUEL ANGEL CORTÉS ANGARITA**

MIGUEL ANGEL CORTÉS ANGARITA

**Trabajo de grado para optar el título de
Magister en Gerencia de Negocios**

**Directora
Aura Pedraza Avella
Doctora en Ciencias Económicas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN GERENCIA DE NEGOCIOS
BUCARAMANGA**

2015

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	18
2. OBJETIVOS.....	21
2.1. OBJETIVO GENERAL	21
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3. ESTUDIO DE REGULACIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE LOS CAMPOS Y PARA PROYECTOS AGROINDUSTRIALES	23
3.1. NORMATIVIDAD ESPECÍFICA PARA EL RECIBO DE AGUA EN LOS DISTRITOS DE RIEGO	24
3.2. LICENCIAMIENTO AMBIENTAL QUE HABILITAN A LOS CAMPOS DE LA GRO ENTREGAR AGUA DE PRODUCCIÓN TRATADA A UN TERCERO.....	25
3.3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN Y CAUDALES AUTORIZADOS EN LOS CAMPOS DE LA GRO	26
3.4. ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL VIGENTE PARA REÚSO DE AGUA EN PROYECTOS AGROINDUSTRIALES.....	31
4. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES ESPECIES CON POSIBILIDAD DE DESARROLLARSE Y APROVECHARSE.	33
4.1. ANÁLISIS DE LOS USOS AGRICOLAS EN LA ALTILLANURA	33
4.2. ANÁLISIS DE ESPECIES A DESARROLLAR	35
4.3. ESTUDIO DE OFERTA Y DEMANDA DE LAS POSIBLES ESPECIES A DESARROLLAR	37

5 ANÁLISIS TÉCNICO Y FINANCIERO DE LA PUESTA EN MARCHA DE DISTritos DE RIEGO CON LAS ESPECIES SELECCIONADAS	39
5.1. ANALISIS TECNICO DE LA PUESTA EN MARCHA DE DISTritos DE RIEGO AGROINDUSTRIAL.....	39
5.1.1. Cultivos de Caucho.....	42
5.1.2. Cultivos de Caña.....	43
5.1.3. Cultivo de Palma de Aceite	44
5.1.4. Cultivos Forestales – Eucalipto.....	47
5.2. ANALISIS FINANCIERO DE LA PUESTA EN MARCHA DE DISTritos DE RIEGO – CULTIVOS AGROINDUSTRIALES	49
5.2.1. Análisis para Cultivos con Caña	50
5.2.2. Análisis para Cultivos con Palma de Aceite	53
5.2.3. Análisis para Cultivos con Forestales-Eucalipto.	56
6. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE RIESGOS E IMPACTOS ASOCIADOS AL DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	60
6.1. IDENTIFICACIÓN Y VALORACION DE RIESGOS	60
6.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	64
7. ESQUEMA ORGANIZATIVO PARA LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO	65
8. MODELO DE NEGOCIOS CANVAS	67
9. PLAN DE TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO AGROINDUSTRIAL.....	70
10. CONCLUSIONES	71
BIBLIOGRAFÍA.....	74
ANEXOS.....	75

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Marco Normativo para el proyecto agroindustrial.....	23
Tabla 2. Marco Normativo para la viabilidad del proyecto agroindustrial	24
Tabla 3. Licencias Ambientales para campos de la GRO	25
Tabla 4. Alternativas para la disposición de agua de producción en los campos de la GRO	27
Tabla 5. Parámetros establecidos para el vertimiento de agua de producción	28
Tabla 6. Parámetros físico-químicos establecidos en el Decreto 1594/84 para vertimiento de agua	28
Tabla 7. Parámetros establecidos en la Resolución 1207 de 2014 para riego de aguas industriales establecidos:	29
Tabla 8. Legislación soporte para reúso de agua	31
Tabla 9. Potencial Agrológico de la Altillanura.	34
Tabla 10. Especies preseleccionadas en taller de expertos	36
Tabla 11. Especies preseleccionadas para el presente trabajo de aplicación	37
Tabla 12. Metodología de Análisis de Decisión	62
Tabla 13. Modelo Canvas Distrito de Riego con Forestales – Eucalipto utilizando Agua de Producción.....	68

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Premisas, Flujo de Caja, Capex y Sensibilidad para la Caña	52
Cuadro 2. Premisas, Flujo de Caja, Capex y Sensibilidad para la Palma	54
Cuadro 3. Premisas, Flujo de Caja, Capex y Sensibilidad para Eucalipto	57

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Tierra con Potencial Agrológico de la Altillanura.....	34
Figura 2. Esquema de Etapas para el desarrollo de un Distrito Agroindustrial	39
Figura 3. Cultivo de Caucho en Colombia	42
Figura 4. Cultivo de Caña en Colombia	43
Figura 5. Cultivo de Palma de aceite en Colombia	44
Figura 6. Cultivo de Forestales en Colombia	47
Figura 7. Diagrama de Proceso de recibo de agua de producción, desarrollo del cultivo y generación de biomasa.....	59
Figura 8. Ciclo de Gestión del Riesgos definido por PMI	60
Figura 9. Estructura Organizacional Área Agroindustrial	65
Figura 10. Plan de Trabajo Distrito Agroindustrial con Eucalipto	70

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Distribución uso de agua fresca.	19

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Equipo de Expertos Aprovechamiento Agroindustrial Ecopetrol-ICP75

GLOSARIO

ALTERNATIVAS: Combinaciones de los estados posibles de las variables de decisión. Consideraciones empresariales.

BIOMASA: La biomasa es la utilización de la materia orgánica como fuente energética. Por su amplia definición, la biomasa abarca un amplio conjunto de materias orgánicas que se caracteriza por su heterogeneidad, tanto por su origen como por su naturaleza. En el contexto energético, la biomasa puede considerarse como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Estos recursos biomásicos pueden agruparse de forma general en agrícolas y forestales. También se considera biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), y otros residuos derivados de las industrias.

CRUDOS PESADOS: Es cualquier tipo de petróleo crudo que no fluye con facilidad. Crudo pesado se ha definido como cualquier licuado de petróleo con un índice Api inferior a 10°, lo que significa que su densidad relativa es superior a 0.933. Este resultado del petróleo crudo pesado es una degradación por estar expuesto a las bacterias, el agua o el aire, como consecuencia, la pérdida de sus fracciones más ligeras, dejando atrás sus fracciones más pesadas.

CORPOICA: Es una entidad pública descentralizada por servicios con régimen privado, encargada de generar conocimiento científico y soluciones tecnológicas a través de actividades de investigación, innovación, transferencia de tecnología y formación de investigadores, en beneficio del sector agropecuario colombiano.

CORMACARENA: Corporación autónoma regional para el desarrollo sostenible del Área de manejo especial La Macarena en el departamento del Meta.

DISTRITO DE RIEGO: Los Distritos de Riego son áreas geográficas con plantaciones en donde se proporciona el servicio de riego mediante obras de infraestructura hidroagrícola, como vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos.

ESCENARIOS: Situaciones externas al proyecto, en las cuales no se tiene control en el alcance.

GRO: Gerencia Regional Orinoquia de la Vicepresidencia de Producción y Desarrollo de Ecopetrol, la cual tiene sus campos en el departamento del Meta.

OPORTUNIDAD DE NEGOCIO: Para Ecopetrol es toda actividad donde como inversionista pueda tomar decisiones con respecto a la asignación de recursos (discrecionalidad, temporalidad), tanto de gasto (Opex) como de Inversión (Capex) y desinversión, con el propósito de obtener beneficios económicos de sus activos. Pueden apuntar a la conservación de los negocios actuales, al mejoramiento de los procesos asociados a los mismos, así como a la ampliación del espacio del negocio y a la incursión en nuevos negocios.

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA DE PLAN DE NEGOCIO PARA EL USO AGRÍCOLA DEL AGUA DE PRODUCCIÓN PARA LOS CAMPOS PETROLEROS DE LA GERENCIA REGIONAL ORIENTE DE ECOPETROL S.A.*

AUTOR: MIGUEL ANGEL CORTES ANGARITA **

PALABRAS CLAVES: Eco-eficiencia, Distrito de Riego, Biomasa

A partir de la problemática de limitantes en alternativas de disposición de agua de producción diferentes a inyección y vertimiento en los campos de la Gerencia Regional Oriente con altos volúmenes de agua, se propone en el presente trabajo de grado, la estructuración de un Plan de Negocio para un Distrito de Riego Agroindustrial a partir del reúso del agua de producción de los campos petroleros de la Gerencia Regional Oriente de Ecopetrol S.A., como una solución diferente, más económica, sostenible en el tiempo y con menor impacto al medio ambiente en la disposición del agua de producción, que aproveche las calidades actuales de estas aguas y la conviertan en un recurso indispensable para otros sectores como el agrícola.

Es así como, no solo los campos de la Gerencia Regional Oriente de Ecopetrol S.A., sino además, la industria oil and gas en Colombia, se va a tener que resolver primeramente como de manera eco-eficiente le dará en el mediano y largo plazo el mejor manejo a estos altos volúmenes de agua de producción asociados a la extracción de crudos pesados, fundamentados en el reúso entre sectores y especialmente con el sector agroindustrial, con la premisa principal de que estos distritos de riego en donde se reúse el agua de producción puedan generar un impacto social positivo con fuentes de empleo diferentes a la del petróleo y generen desarrollo en las regiones.

* Trabajo de Grado

** Facultad De Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela De Estudios Industriales Y Empresariales. Maestría En Gerencia De Negocios. Directora. Aura Pedraza Avella

SUMMARY

TITLE: PROPOSED BUSINESS PLAN FOR AGRICULTURAL PRODUCTION WATER USE FOR OIL FIELDS EAST REGIONAL MANAGEMENT OF ECOPETROL SA*

AUTHOR: MIGUEL ANGEL CORTES ANGARITA**

KEYWORDS: Eco-efficiency Irrigation District, Biomass

From the issue of limitations on alternative water disposal different production injection and dumping in the fields of Regional Management East with high volumes of water, it is proposed in this paper grade, the structuring of a Business Plan for Irrigation District Agroindustrial from reuse of produced water from oil fields in the East Regional Management of Ecopetrol SA , as a more sustainable economic different solution , in time and with less impact to the environment in the provision of produced water , which take the current quality of these waters and become an indispensable resource for other sectors such as agriculture.

Thus, not only the fields of Regional Management East Ecopetrol SA, but also the oil and gas industry in Colombia, it will have to resolve first as eco-efficient way will give in the medium and long term better management of these high volumes of water associated with the extraction of heavy crude production, based on the reuse between sectors and especially in the agro-industrial sector, with the main premise that these irrigation districts where water can reuse production generating a positive social impact with different sources of employment in the oil and generate development in the regions.

* Grade work

** Faculty of Engineering physicomechanical. School of Industrial and Business Studies. Master of Business Management. Director. Aura Pedraza Avella

INTRODUCCIÓN

La producción de petróleo en Colombia siempre ha estado ligada a la producción de agua dado que todos los yacimientos tienen estos dos productos. No obstante la producción de petróleo del país está soportada en más del 50% en crudos medianos y livianos los cuales tienen menor agua asociada en la extracción que los crudos pesados; son estos últimos con sus altos volúmenes de agua los que soportarán en su mayor proporción la producción de crudos del país en el mediano y largo plazo y son la base del desarrollo de Ecopetrol y en especial de la Gerencia Regional Oriente de la Vicepresidencia de Producción.

Es así como la industria oil and gas y en especial la de Colombia, va a tener que resolver primeramente como de manera eco-eficiente se le da el mejor manejo a estos altos volúmenes de agua de producción asociados a la extracción de crudos pesados fundamentados en las políticas expansionistas del sector energético y de Ecopetrol, tanto para el tratamiento como para su disposición final en el marco de la legislación ambiental vigente, toda vez que esta disposición final de las aguas de producción ubicadas mayormente en vertimiento a cuerpos de agua y reinyección a los yacimientos, tiene problemas como el de políticas nacionales de eliminar a futuro los vertimientos y el de los altos costos de construcción, operación y mantenimiento para la reinyección.

Así las cosas esta propuesta de plan de negocios busca plantear alternativas para los constantes cuestionamientos que se hace actualmente la industria y en especial la Gerencia Regional Oriente y sus campos con altos volúmenes de agua de producción, relacionados por ejemplo con: ¿qué pasaría si las políticas nacionales de cero vertimiento se vuelven rápidamente normatividad y toca eliminar en un periodo corto de tiempo los vertimientos? ¿Qué pasaría si en el

corto tiempo la alternativa de reinyección se constituye en la única posibilidad de disposición del agua de producción conociendo de antemano los altos costos constructivos y operativos? ¿Será que ese panorama es rentable financieramente para los campos y en general para la industria petrolera en Colombia? ¿Qué están haciendo las unidades de investigación y tecnología de la industria petrolera con relación a poder volver un desecho como el agua de producción en un recurso?

Por todo lo anterior, se espera en este trabajo poder dar respuesta a algunos de los interrogantes planteados anteriormente, y otros dejarlos relacionados para futuros desarrollos tecnológicos. En últimas, se busca con este trabajo generar un entendimiento más claro sobre esta problemática y sobretodo dejar una propuesta que podría llegar a ser una solución de disposición a bajo costo como es la implementación de Distritos de Riego en el mediano y largo plazo como una alternativa para el uso del agua de producción de los campos de la Gerencia Regional Oriente de la Vicepresidencia de Producción de Ecopetrol.

Este trabajo de aplicación está enmarcada dentro de un proyecto sombrilla que se presentará con dos compañeros del MBA. El primero de ellos evaluará la viabilidad técnica, ambiental y financiera del pulimiento del agua (tratamiento nivel III), que servirá de insumo para la presente propuesta que como ya se dijo busca analizar la disposición de dicha agua en distritos de riego. A su vez, este trabajo servirá de insumo a la tercera parte del proyecto sombrilla que se encargará de plantear el aprovechamiento agroindustrial de lo cultivado en el distrito de riego, como alternativa eco-eficiente para los campos petroleros de la Gerencia Regional Oriente de Ecopetrol S.A.

1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Hoy los campos de producción de la Gerencia Regional Oriente de Ecopetrol (GRO) producen cerca de 3,3 millones de barriles de agua promedio día, que es comparable al agua que consumen todos los habitantes de Bogotá diariamente, resaltando con esto la dimensión en los volúmenes de producción de este recurso hídrico en los campos de la GRO ubicados en el departamento del Meta. Además, de acuerdo con los últimos análisis realizados por el área de yacimiento de la Vicepresidencia de Exploración y Producción de Ecopetrol, las proyecciones de producción de agua para los campos de la Gerencia Regional Oriente al 2016, estarán cercanos a los 8 millones de barriles por día, siendo un volumen mayor a los de consumo de todo el país en un día.

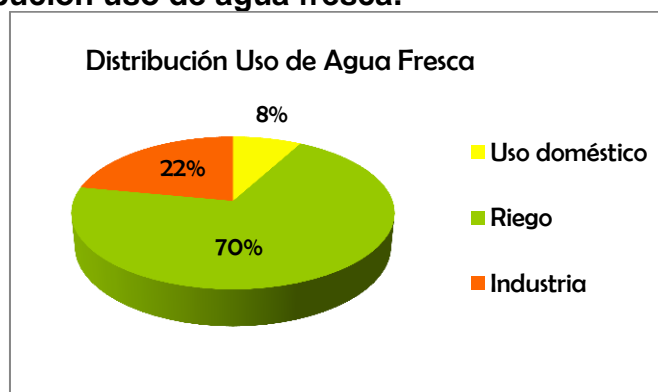
Actualmente, la disposición de esta agua de producción se está haciendo a través de vertimientos a afluentes de agua o reinyección a procesos de exploración petrolera. Este manejo le está costando a Ecopetrol S.A. cerca de 2 millones de dólares por día; pero este valor seguirá subiendo toda vez que de los dos sistemas de disposición, el más económico que es el vertimiento a cuerpos de agua está destinado a desaparecer, por cuanto las políticas tanto corporativas como de las autoridades ambientales ya están estructurando proyectos para esto. La reinyección, que es la alternativa más costosa, se constituiría en la única solución de disposición a futuro. Adicional a los altos costos y a los largos tiempos de licenciamiento ambiental que viabilizan esta actividad, ésta alternativa tiene un impacto ambiental claramente medido y cuantificado como lo son las emisiones atmosféricas que producen los moto-generadores que le dan la energía necesaria a la reinyección del agua de producción, toda vez que por la ubicación geográfica que tienen los campos de la GRO, estos no están interconectados a las líneas de

energía nacional y por ende tienen que autogenerar su propia energía quemando crudo producido en los mismos campos.

Lo anterior hasta que se cuente con una solución diferente, más económica, sostenible en el tiempo y con menor impacto al medio ambiente, que aproveche las calidades actuales de estas aguas y la conviertan en un recurso indispensable para otros sectores.

Es así como a partir de esta problemática, se propone analizar y plantear una alternativa diferente a la reinyección o el vertimiento para la disposición ecoeficiente del agua de producción de los campos de la Gerencia Regional Oriente de Ecopetrol S.A, a través de la implementación de Distritos de Riego que además de utilizar el agua de producción, genere subproductos agrícolas que sean requeridos y utilizados por la misma operación del campo. La justificación de esta iniciativa está soportada en que el uso del agua como un recurso a nivel mundial, se presenta en mayor proporción para el riego (ver Figura 1), lo cual posibilita grandes posibilidades de aprovechamiento del agua de producción en este tipo de propuestas:

Grafica 1. Distribución uso de agua fresca.



Fuente: TRUJILLO Gustavo. Presentación Foro de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia competitiva en aguas de producción: Tecnologías de tratamiento y casos de éxito de re-uso de aguas de producción.

Vale la pena mencionar que, dadas investigaciones fisicoquímicas que la empresa ha hecho sobre las mencionadas aguas, es difícil que estas puedan ser utilizadas para consumo humano.

Así las cosas, esta propuesta además de integrar soluciones técnicas, ambientales y económicas, podría llegar a dar mayor sostenibilidad a la producción de los campos petroleros de la Gerencia Regional Oriente de Ecopetrol y posiblemente a otros campos petroleros colombianos. Sumado a los beneficios de un menor impacto ambiental, menores costos de disposición y el aprovechamiento de subproductos del Distrito de Riego, también se lograría impactar la generación de empleo y el desarrollo agrícola de la región.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Construir un Plan de negocio para el uso agrícola del agua de producción para los campos petroleros de la Gerencia Regional Oriente de Ecopetrol S.A.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio de las regulaciones ambientales vigentes para el desarrollo de proyectos Agro-industriales con aguas de producción en la industria petrolera.
- Realizar un análisis documental de las diferentes especies a desarrollar en Distritos de Riego en el Departamento del Meta para su aprovechamiento en el marco estratégico de Ecopetrol, teniendo en cuenta las características de las aguas de producción de la Gerencia Regional Oriente.
- Realizar el análisis técnico y financiero de la puesta en marcha del Distrito de Riego con las especies seleccionadas, para definir la alternativa agrícola más apropiada para las aguas de producción de la Gerencia Regional Oriente.
- Identificar y valorar los riesgos e impactos socio-ambientales de la alternativa de Distrito de Riego seleccionada para la Gerencia Regional Oriente.

- Diseñar un esquema organizativo para la operación del Distrito de Riego seleccionado en el marco estructural del organigrama de la Gerencia Regional Oriente.
- Definir el modelo de negocio del distrito de riego seleccionado para el uso agrícola del agua de producción de la Gerencia Regional Oriente.
- Desarrollar el plan de trabajo para la implementación del Distrito de Riego con agua de producción a escala piloto para los campos petroleros de la Gerencia Regional Oriente.

3. ESTUDIO DE REGULACIONES AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO DE LOS CAMPOS Y PARA PROYECTOS AGROINDUSTRIALES

El estudio a mencionar en el presente punto, tendrá en cuenta el marco jurídico ambiental de la legislación nacional vigente y la normatividad propia de los campos Rubiales, Quifa y Caño Sur, acogiéndose a los siguientes lineamientos normativos que soportan la viabilidad ambiental del proyecto agroindustrial:

Tabla 1. Marco Normativo para el proyecto agroindustrial

NORMA	ENTIDAD	REGLAMENTA
Decreto 2811 de 1974	Código de Recursos Naturales	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. En el cual se establecen muchas de las normas y regulaciones vigentes en Colombia, en relación con el medio ambiente.
Ley 9 de 1979	Código Sanitario Nacional - Congreso de Colombia	Por el cual se dictan medidas sanitarias, de protección del medio ambiente, que se consignan en éste código y cuya aplicabilidad para la expedición de permisos en cuanto a concesión de aguas, disposición de residuos líquidos y sólidos. En cuanto a los permisos de emisiones, el Ministerio de Ambiente, mediante la Ley 99 de 1993 le concede facultades a las corporaciones autónomas regionales para otorgar dicho permiso.
Ley 99 de 1993	Ministerio del Medio Ambiente	“Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA, y se dictan otras disposiciones”. Tiene como objeto la planificación de los proyectos, incluyendo criterios ambientales para el diseño, construcción y operación y proporcionar los términos de referencia para la elaboración de los estudios ambientales.

3.1. NORMATIVIDAD ESPECÍFICA PARA EL RECIBO DE AGUA EN LOS DISTRITOS DE RIEGO

En la tabla 2 se relaciona el marco normativo específico para disposición de aguas de producción.

Tabla 2. Marco Normativo para la viabilidad del proyecto agroindustrial

NORMA	ENTIDAD/ MINISTERIO	REGLAMENTA
Decreto 1594 de 1984	MAVDT	Usos del agua y residuos líquidos. Parámetros de Vertimiento.
Resolución No.273 de 1997	MAVDT	Por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).
Resolución No.372 de 1998	MAVDT	"Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones".
Decreto No.3100 de 2003	MAVDT	"Por medio del cual se reglamentan la tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones".
Decreto No.3440 de 2004	MAVDT	Modifica el Decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones.
Decreto No.3930 de 2010	MAVDT	Por lo cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI-Parte III- Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos.
Decreto No.2041 de 2014	MADS	Establece que tipo de obras Requieren Licencia Ambiental expedida por la ANLA y aquellas obras que deben ser autorizadas por las Corporaciones autónomas regionales.
Resolución No.1207 de 2014	MADS	Establece los usos establecidos para agua residual tratada (producto de la explotación de hidrocarburos)

Esta última Resolución 1207 del año 2014, da viabilidad directa a este tipo de proyectos agroindustriales a ser regados con agua de producción toda vez que lo que habilita es el reúso de este recurso hídrico entre sectores.

3.2. LICENCIAMIENTO AMBIENTAL QUE HABILITAN A LOS CAMPOS DE LA GRO ENTREGAR AGUA DE PRODUCCIÓN TRATADA A UN TERCERO.

El licenciamiento ambiental para los campos de la GRO, se encuentra enmarcado por el Decreto 2041 de 2014, según el cual la licencia ambiental hace parte del normativo para poder dar inicio a las actividades propias de la Industria de los hidrocarburos. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, la GRO cuenta actualmente con las siguientes licencias para la operación de los campos referidos:

Tabla 3. Licencias Ambientales para campos de la GRO

CAMPO	VIABILIDAD AMBIENTAL	OBSERVACIÓN
CAÑO SUR ESTE	Resolución 0175 de 07 de febrero de 2011.	Licencia Ambiental vigente para exploración en el APE Mago
	Resolución 0382 de 23 de abril de 2014	Modificación de Licencia Ambiental
	Resolución 0879 de 01 de agosto de 2014	Licencia Ambiental para el campo Mago. No autorizó la disposición para uso agrícola.
	Resolución 0602 de 11 de junio de 2014	Licencia Ambiental para el APE Mago Norte. No autorizó la disposición para uso agrícola.
CAMPO RUBIALES	Resolución 233 del 16 Marzo de 2001	Se otorga Licencia Ambiental al Campo Rubiales
	Resolución 1686 del 10 de Noviembre de 2005	Se amplía el Volumen de Vertimiento
	Resolución 2355 del 24 de Diciembre de 2007	Se amplía el Volumen de Vertimiento

CAMPO	VIABILIDAD AMBIENTAL	OBSERVACIÓN
	Resolución 1586 del 12 de Septiembre de 2008	Se autoriza la Inyección de 900.000 BWPD
	Resolución 1769 del 01 de Septiembre de 2011	Se autoriza la Inyección de 1.580.000 BWPD
	Resolución 617 del 08 de Agosto de 2012	Autoriza la Inyección de 1.980.000 BWPD
	Resolución 768 del 02 de Agosto de 2013	Autoriza la Inyección de 2.980.000 KBWPD
	Comunicado 4120-E2-28374	Autoriza la entrega de agua de producción a un receptor para uso agrícola.
CAMPO QUIFA	Resolución 2035 del 15 de Octubre de 2010.	Se otorga Licencia Ambiental para el campo Quifa. Autoriza reinyección de 925.000 BWPD
	Resolución 0987 del 30 de Mayo de 2011	Modificación de Licencia Ambiental
	Resolución 261 del 19 de Marzo de 2013	Modificación de Licencia Ambiental

3.3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN Y CAUDALES AUTORIZADOS EN LOS CAMPOS DE LA GRO

A continuación se describen las alternativas de disposición de agua de producción autorizadas por la Autoridad Ambiental en los campos de la Gerencia Regional Oriente, especificando los volúmenes máximos autorizados y la resolución respectiva

Tabla 4. Alternativas para la disposición de agua de producción en los campos de la GRO

Alternativas de disposición de agua de producción para la GRO Corte 31 - Diciembre - 2014	CAMPOS DE PRODUCCIÓN DE LA GRO						Total Volumen (BWPD)
	Rubiales		Quifa		Caño Sur		
	Volumen (Barriles de agua por día)	Resolución	Volumen (Barriles de agua por día)	Resolución	Volumen (Barriles de agua por día)	Resolución	
Inyección al subsuelo	2.980.000	Res.76 8/13	1.550.00 0	Res.203 5/10	150.00 0	-	4.680.000
Vertimiento a cuerpos de agua	300.000	Res.23 55/07	-	-	-	-	300.000
Entrega de agua a terceros para Riego	1.500.000	Auto.4 120/14	-	-	-	-	1.500.000
Total	4.780.000		1.550.00 0		150.00 0	-	6.480.000

Como se observa y resalta en la Tabla 4 “Alternativas para la disposición de agua de producción en los campos de la GRO”, a 31 de diciembre del año 2014, el campo Rubiales es el único que cuenta con la viabilidad ambiental para entregar agua de producción tratada a un tercero agroindustrial para su reúso en Distritos de Riego, otorgado por la Autoridad Ambiental a través de Auto No.4120 del año 2014.

A continuación se relacionan los parámetros físico-químicos establecidos por la Autoridad Ambiental a las alternativas de vertimiento y riego:

Tabla 5. Parámetros establecidos para el vertimiento de agua de producción

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR MAXIMO PERMITIDO
Hidrocarburos	mg/L	1
Cloruros	mg/L	250
DQO	mg/L	45
Oxígeno disuelto	mg/L	Mínimo 6.0
Dureza Total	mg/L	118
Coliformes Fecales	NMP/100mL	500
Coliformes Totales	NMP/100mL	1000

Adicional a los parámetros mencionados anteriormente, la Autoridad Ambiental Competente requirió el cumplimiento de los parámetros físico-químicos establecidos en el Decreto 1594/84; *artículo 72 “Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas”*, descrito a continuación:

Tabla 6. Parámetros físico-químicos establecidos en el Decreto 1594/84 para vertimiento de agua

Sustancia	Expresada	Concentración (mg/L)
Arsénico	As	0.5
Bario	Ba	5
Cadmio	Cd	0.1
Cobre	Cu	3
Cromo	Cr+6	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	0.2
Mercurio	Hg	0.02
Níquel	Ni	2
Plata	Ag	0.5
Plomo	Pb	0.5
Selenio	Se	0.5
Cianuro	CN-	1

Ahora bien, el análisis de los parámetros para vertimiento en el campo Rubiales se analiza en el presente trabajo a la luz de la resolución de Reúso, estableciendo cuáles serían las diferencias en parámetros entre las dos alternativas y definir si el reúso sería viable en el campo Rubiales.

Para riego en distritos o cultivos con agua de producción industrial, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible requirió el cumplimiento de los parámetros establecidos en la Resolución 1207 del año 2014, artículo 7 “El uso de agua residual tratada deberá cumplir previamente los siguientes criterios de calidad” para uso agrícola:

Tabla 7. Parámetros establecidos en la Resolución 1207 de 2014 para riego de aguas industriales establecidos:

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
FÍSICOS		
pH	Unidades de pH	6,0-9,0
Conductividad	μS/cm	1.500,0
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1,0*E(+5)
Enterococos Fecales	NMP/100 mL	1,0*E(2)
Helmintos Parásitos Humanos	Huevos y Larvas/L	1,0
Protozoos Parásitos Humanos	Quistes/L	1,0
<i>Salmonella sp</i>	NMP/100 mL	1,0
QUÍMICOS		
Fenoles Totales	mg/L	1,5
Hidrocarburos Totales	mg/L	1,0
Iones		
Cianuro Libre	mg CN ⁻ /L	0,2
Cloruros	mg Cl ⁻ /L	300,0
Fluoruros	mg F ⁻ /L	1,0
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	500,0
Metales		
Aluminio	mg Al/L	5,0
Berilio	mg Be/L	0,1
Cadmio	mg Cd/L	0,01
Cinc	mg Zn/L	3,0
Cobalto	mg Co/L	0,05
Cobre	mg Cu/L	1,0
Cromo	mg Cr/L	0,1
Hierro	mg Fe/L	5,0
Mercurio	mg Hg/L	0,002

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Litio	mg Li/L	2,5
Manganeso	mg Mn/L	0,2
Molibdeno	mg Mo/L	0,07
Níquel	mg Ni/L	0,2
Plomo	mg Pb/L	5,0
Sodio	mg Na/L	200,0
Vanadio	mg V/L	0,1
Metaloides		
Arsénico	mg As/L	0,1
Boro	mg B/L	0,4
No metales		
Selenio	mg Se/L	0,02
Otros parámetros		
Cloro Total Residual (con mínimo 30 minutos de contacto)	mg Cl ₂ /L	Menor a 1,0
Nitratos (NO ₃ ⁻ , N)	mg/L	5,0

De lo anterior, se puede concluir que comparando los parámetros fisicoquímicos para vertimiento con los requeridos para reúso en riego agroindustrial, se hace indispensable aplicar una alternativa o tecnología de pulimiento o tratamiento adicional del agua de producción de los campos Rubiales, Quifa y Caño Sur, principalmente por que se requiere bajar las concentraciones de sales y de hidrocarburos totales, los cuales son parámetros fundamentales para alcanzar los parámetros establecidos para riego, así como la relación de adsorción de sodio (RAS, en inglés SAR).

No obstante con las tecnologías a aplicar se puede llegar a cumplir el RAS, siendo indispensable para el cuidado de los suelos, para que éstos no se impermeabilicen, no se vayan a esterilizar con el tiempo y así dar tranquilidad a los proyectos agrícolas de largo plazo.

34. ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL VIGENTE PARA REÚSO DE AGUA EN PROYECTOS AGROINDUSTRIALES

Actualmente se cuenta con la Resolución 1207 del año 2014 “Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas” en donde se viabiliza el reúso del agua residual tratada para riego, se realizó un análisis de la legislación ambiental nacional que apalancaba la utilización de agua de producción en distritos de riego; análisis que se describe en la siguiente tabla:

Tabla 8. Legislación soporte para reúso de agua

NORMA	REGLAMENTA
Decreto 3930 de 2010 – Reglamenta los usos del agua y residuos líquidos	<p><u>Artículo 3.</u> - Definiciones Objetivo de Calidad: Conjunto de parámetros que se utilizan para definir la idoneidad del recurso hídrico para un determinado uso. Reúso del agua: Utilización de los efluentes líquidos previo cumplimiento del criterio de calidad.</p> <p><u>Artículo 19.</u> Criterios de calidad. Conjunto de parámetros y sus valores utilizados para la asignación de usos al recurso y como base de decisión para el Ordenamiento del Recurso Hídrico.</p>
Ley 373 DE 1997 – Programa para el uso eficiente y ahorro del agua	<p><u>Artículo 5o.</u> Reúso obligatorio del agua. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental.</p>

Como conclusión final, a pesar de que la normatividad ambiental vigente lo permite (Resolución 1207 de 2014), hasta la fecha sólo ha sido posible que la ANLA apruebe dentro de las licencias ambientales otorgadas a los campos de la GRO para exploración y explotación de hidrocarburos, la Actividad de disposición de aguas de producción para su uso actividades agrícolas para el campo Rubiales, por esta razón los análisis se centrarán en este campo.

Desde el punto legal ambiental, previa obtención de los permisos respectivos, se puede concluir que sí es posible reutilizar el agua de producción en actividades agrícolas siempre y cuando estas se encuentren enmarcadas en las actividades autorizadas en Resolución 1207 de 2014 y en las propias del Auto 4120 por el cual se viabiliza la entrega a terceros en el campo Rubiales.

4. ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES ESPECIES CON POSIBILIDAD DE DESARROLLARSE Y APROVECHARSE.

4.1. ANÁLISIS DE LOS USOS AGRICOLAS EN LA ALTILLANURA

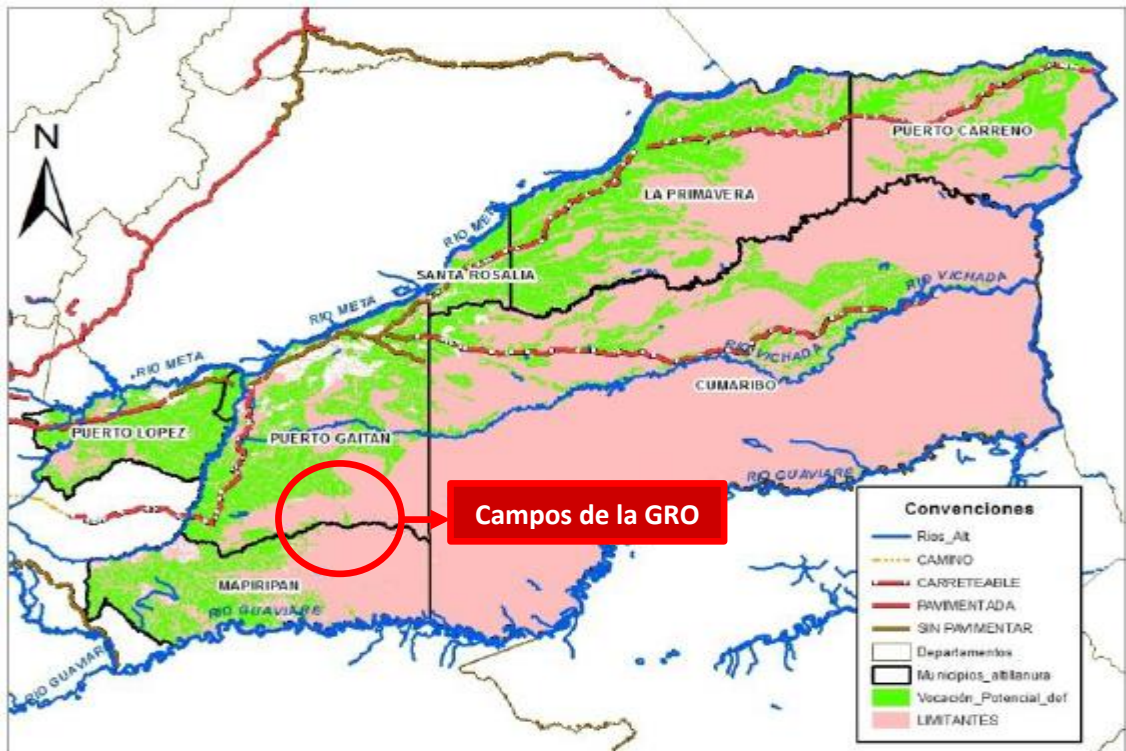
Para este capítulo se tomó como referencia el documento Conpes en preparación para “El Desarrollo Integral Sostenible de la Altillanura del Departamento Nacional de Planeación – DNP”, el cual define o desarrolla la proyección del desarrollo de la Altillanura en Colombia, con las premisas de los estudios de vocación, uso y conflicto de uso que elaboró el INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC y once instituciones más durante el 2011, y un conjunto de información de carácter ambiental, social y económica que permitieron a través del uso de herramientas de información geográfica, determinar el territorio o conjunto de tierras que son potenciales agrológicamente. Para lo anterior, se tuvieron en cuenta las diferentes limitantes de uso (por ejemplo: resguardo indígenas, títulos mineros, zonas prioritarias de conservación, bosques naturales, parques naturales nacionales, explotaciones de hidrocarburos, entre otros) y las tierras que actualmente se encuentran en algún uso compatible a su vocación. En la siguiente tabla y mapa se detalla el resultado de este ejercicio:

Tabla 9. Potencial Agrológico de la Atillanura.

Vocación	Uso Principal	Area Ha	Condición Productiva	Area Ha
Agrícola	Cultivos transitorios semi intensivos de clima cálido	1.102.186	Transitorio	1.116.079
Agroforestal	Agrosilvopastoril con cultivos transitorios	13.893		
Agroforestal	Agrosilvícola con cultivos permanentes	45.934	Permanente	83.855
Agroforestal	Agrosilvopastoril con cultivos permanentes	21.398		
Agrícola	Cultivos permanentes intensivos de clima cálido	16.128		
Agrícola	Cultivos permanentes semi intensivos de clima cálido	395		
Ganadera	Pastoreo extensivo de clima cálido	328.797	Pastoreo	557.298
Agroforestal	Silvopastoril	203.246		
Ganadera	Pastoreo semi intensivo de clima cálido	25.255	Forestal	1.110.970
Forestal	Forestal de producción de clima cálido	1.110.970		
		2.868.202		2.868.202

Fuente: Análisis de información de vocación, uso y conflicto del uso del suelo IGAC, 2011

Figura 1. Tierra con Potencial Agrológico de la Atillanura



Fuente: Análisis de información de vocación, uso y conflicto del uso del suelo IGAC, 2011

Del anterior análisis documental podemos concluir que, en las áreas de los campos Rubiales, Quifa y Caño Sur, los cuales hacen parte de la altillanura colombiana, existe suficiente tierra con vocación productiva para la realización de proyectos agroindustriales de gran magnitud que puedan reutilizar el agua de producción para su desarrollo.

4.2. ANÁLISIS DE ESPECIES A DESARROLLAR

Antes de iniciar con el desarrollo del presente capítulo, es importante precisar y recordar que los campos Rubiales, Quifa y Caño Sur que pertenecen a la GRO, están ubicados en la altillanura colombiana.

Para este capítulo se tomó como referencia el documento Plan Prospectivo Agropecuario Puerto Gaitán 2020, en donde se hace referencia a que la altillanura plana tiene 4.255.450 hectáreas de superficie, está en la margen derecha del río Meta hasta límites con los ríos Guaviare y Orinoco; ubicada en los departamentos de Meta, Casanare, Vichada y Arauca. Son suelos ácidos, en sabana nativa, de baja fertilidad, mecanizables, donde se está cultivando caucho, forestales, palma, arroz, maíz, soya, y hay ganadería extensiva y semi-intensiva, principalmente.

En la altillanura disectada o serranía hay cerca de 7.100.000 hectáreas, de las cuales el 95% está en pendientes mayores de 30% y el 5% restante son bajos. En esta zona hay mucho terreno y algunas áreas en ganadería extensiva. Con la debida tecnología, aún sin generar, estos suelos serán utilizables principalmente para forestales.

Esas condiciones particulares de la Altillanura, entre las que está su posición privilegiada en el trópico, le permiten tener alta capacidad de convertir la energía en biomasa, entre otras ventajas, que unidas a la tecnología generada por

instituciones de investigación como la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA, International Center for Tropical Agriculture – CIAT, Universidad Nacional, por un lado, y a los importantes procesos agropecuarios y agroindustriales que algunos empresarios emprendieron con cultivos como palma, caucho, caña para etanol, forestales, arroz, maíz y soya para producción de cerdos y aves, además de las explotaciones para ganadería de carne que cada día son más tecnificadas, la han colocado en la mira de todo el país, por las potencialidades que ofrece para ampliar la frontera agrícola de Colombia y ofertar al mundo alimentos y biocombustibles.

Tomando como referencia la revisión documental relacionada en este punto, y pensando en poder reutilizar el agua de producción de los campos con mayor corte de agua, se realizó en Ecopetrol un taller de expertos, los cuales se relacionan en el Anexo A de este trabajo de grado, con el fin de determinar una serie de alternativas de especies para un posible proyecto agroindustrial a desarrollarse en el área de la altillanura con el siguiente resultado:

Tabla 10. Especies preseleccionadas en taller de expertos

Alternativa	Nombre de la Alternativa de producto
A1	Cultivo de Caucho
A2	Cultivo de Caña: Miel de caña
A3	Cultivo de Palma: Palma
A4	Cultivo de Palma: Fruto de Palma
A5	Cultivos Forestales con alto rendimiento de Biomasa
A6	Plantación Forestal Industrial: Maderables
A7	Plantación Forestal Ambiental: Reducción emisiones de carbono

Fuente: Ecopetrol.

Teniendo en cuenta que en la actualidad ya existe normatividad ambiental nacional con relación al reúso de las aguas residuales industriales con fines agroindustriales y del No consumo humano y el No consumo animal, se puede concluir de este primer filtro que las posibles especies a desarrollar en este tipo de proyectos serían las relacionadas en la Tabla 11.

Tabla 11. Especies preseleccionadas para el presente trabajo de aplicación

Alternativa	Nombre de la Alternativa de producto
A1	Cultivo de Caucho
A2	Cultivo de Caña – Miel de caña
A4	Cultivo de Palma – Fruto de Palma
A5	Cultivos Forestales – Eucalipto

4.3. ESTUDIO DE OFERTA Y DEMANDA DE LAS POSIBLES ESPECIES A DESARROLLAR

Ya identificadas las posibles especies a desarrollar, se debe tener en cuenta un análisis documental de la oferta y demanda y viabilidad de desarrollar dichas especies para beneficio integral de Ecopetrol.

Así las cosas, se tomó como referencia el documento Plan Prospectivo Agropecuario Puerto Gaitán 2020, en donde se hace el siguiente análisis:

Los procesos agropecuarios, forestales y agroindustriales que ya iniciaron, han demostrado la viabilidad y rentabilidad de los mismos; amén de que el presente estudio pormenorizado que se hizo de sus suelos y demás condiciones para el establecimiento de cultivos permitió reiterar esas grandes fortalezas de esta zona para dichos desarrollos.

En síntesis, para manejar los suelos de la altillanura plana y controlar su degradación, se debe formar una capa arable productiva, que sea sostenible. Esta formación de la capa arable sostenible se da en la medida que haya un mejoramiento integral –físico-químico- de los suelos antes de iniciar el establecimiento de cultivos mediante siembra directa y que ella se mantenga en el tiempo.

5 ANÁLISIS TÉCNICO Y FINANCIERO DE LA PUESTA EN MARCHA DE DISTRITOS DE RIEGO CON LAS ESPECIES SELECCIONADAS

5.1. ANALISIS TECNICO DE LA PUESTA EN MARCHA DE DISTRITOS DE RIEGO AGROINDUSTRIAL

A continuación se muestra un esquema de las diferentes etapas que se deben tener en cuenta para un cultivo agroindustrial para cualquiera de las especies preseleccionadas en el punto anterior:

Figura 2. Esquema de Etapas para el desarrollo de un Distrito Agroindustrial



A continuación se detalla cada una de las etapas en un esquema productivo agroindustrial, siendo similares para todas las alternativas en evaluación:

Estudios: son todos los estudios técnicos como topográficos, climatológicos, de suelos, diseño de campo, capacidad productiva óptima y tecnologías de riego, los estudios de mercadeo y los estudios financieros necesarios para la elección y desarrollo de la mejor alternativa de especie y producto a implementar.

Pre-vivero: El Pre vivero corresponde al cultivo joven durante los 3 primeros meses; la plántula joven pasa por las siguientes etapas: La semilla germinada se siembra con plúmula y radícula diferenciadas. Las dos primeras hojas y las raíces adventicias se desarrollan durante el primer mes. Al mes aparece la primera hoja lanceolada, así como la raíz primaria. A los 3 meses, la plántula ya presenta 3 o 4 hojas, el sistema radicular está bien desarrollado con raíces primarias, secundarias y terciarias. Al finalizar el pre vivero, la plántula es totalmente autótrofa y está lista para ser trasplantada a vivero.

Vivero: un vivero es una instalación agronómica donde se cultivan, germinan y maduran todo tipo de plantas. Los viveros cuentan con diferentes clases de infraestructuras según su tamaño y características

Infraestructura: son las obras necesarias como surcos, drenajes, instalación de líneas de conducción de agua, aspersores, compensadores y/o protección contra inundaciones, para que el distrito de riego agroindustria opere adecuadamente.

Adecuación de tierras: Adecuación en términos simples significa acción o efecto de proporcionar o acomodar una cosa a otra; por extensión y a manera de ensayo de definición, adecuación de tierras agrícolas consiste en crear o proporcionar las condiciones necesarias para la eficiente explotación del campo. Entonces se puede pensar en una adecuación integral que signifique para una área determinada, protección contra las inundaciones, el drenaje de los campos, desmonte de los terrenos, nivelación de la superficie, suministro de agua para riego, construcción de vías para el manejo de los cultivos o las explotaciones pecuarias, centro de acopio.

Establecimiento o siembra: Siembra ó establecimiento es el proceso de colocar semillas o plántulas, con el objetivo de que germinen y se desarrollen plantas para

su aprovechamiento. Para que la siembra sea efectiva es importante seleccionar semillas o plántulas de buena calidad.

Mantenimientos: Las cubiertas vegetales requieren de un mínimo de mantenimiento una vez que están establecidas. Estas especies necesitan ser Irrigadas recién plantadas para que las raíces se establezcan. Así mismo, necesitan ser fumigadas la mayoría de ellas según la especie seleccionada. Una vez definida y establecida la especie, hay que definir un ciclo de riego, restitución y fumigación según sea el caso.

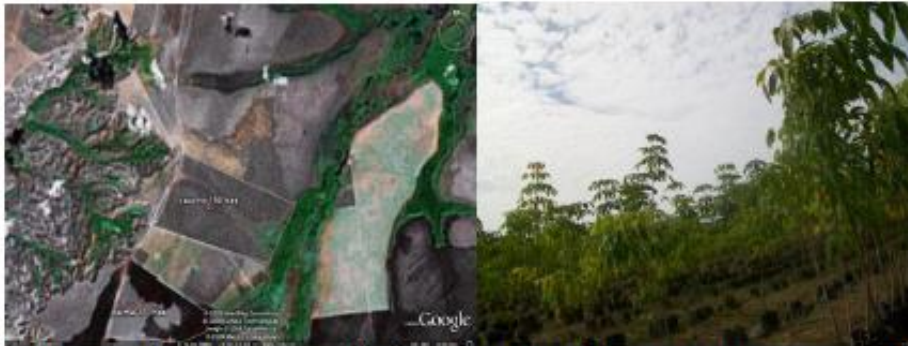
Cosecha y transporte: La importancia de la cosecha y transporte de los frutos hasta el empaque es generalmente subestimada. Sin embargo, el esfuerzo y costo para obtener una fruta de calidad puede perderse en gran medida, si esas operaciones se llevan a cabo de manera inadecuada. La cosecha es definida como la operación de separación del fruto del pedúnculo, que lo soporta o lo mantiene unido al árbol. Cualquiera sea el medio de transporte que se utilice para llevar la fruta de la quinta al empaque, se procurará evitar que el fruto sufra choques violentos durante el mismo.

Teniendo en cuenta: (i) la preselección de cultivos realizado por el taller de expertos de Ecopetrol relacionado en el punto anterior con prospección a desarrollarse en la altillanura, (ii) que el alcance de los proyectos agroindustriales es a desarrollarse alrededor de los campos Rubiales, Quifa y Caño Sur dado que su cercanía la viabilizaría como una alternativa adicional de disposición de agua de producción través del reúso en estos campos, y (iii) a que estos campos se encuentran ubicados en la altillanura colombiana, más específicamente en el municipio de Puerto Gaitán departamento del Meta, se tomó como base bibliográfica para analizar técnicamente si estas especies preseleccionadas se pueden desarrollar a gran escala, el estudio para el Plan Prospectivo Agropecuario

Puerto Gaitán 2020 formulado en el año 2009 y mencionado a continuación para cada una de las especies así:

5.1.1. Cultivos de Caucho.

Figura 3. Cultivo de Caucho en Colombia



Fuente: Google earth., César Calderón. 2009. Fotografía: Vivero en Puerto Gaitán, Amanda Herrera. 2009.

En Puerto Gaitán hay un auge en los últimos años, y se están iniciando varias plantaciones de Caucho, como en los predios Varsovia 1 y 2, donde se están sembrando 150 hectáreas; en la Esperanza ya hay 170 hectáreas sembradas entre 2008 y 2009; en Merecure hay 120 has sembradas en 2009; en el Pajuil, 120 has; en Agroforestal El Encanto, hay 250 hectáreas sembradas entre 2008 y 2009; y en el predio La Pensión, se sembraron 150 hectáreas; para un total de 1.110 hectáreas reportadas en este estudio para el Plan Prospectivo Agropecuario Puerto Gaitán 2020 mencionado al inicio de este capítulo, a abril de 2009.

Además de las condiciones favorables para el cultivo, está la demanda creciente del producto en el mundo, pues el consumo de látex está en aumento progresivo, mientras no sucede lo mismo con la producción de caucho, lo cual es una oportunidad para el desarrollo de este cultivo en la altillanura. En la zona hay casos exitosos como el de MAVALLE que llega ya a las 3.000 hectáreas sembradas, con proyección de seguir aumentando su producción.

La proyección de este cultivo, es grande; después de la palma es el cultivo de tardío rendimiento de mayor auge en el Municipio, propiciado por los inversionistas que ya cuentan con viveros certificados para seguir sembrando áreas importantes en los próximos años, hasta llegar a las 20.000 hectáreas en el 2020. Las ventajas comparativas del cultivo de cacho en el Municipio, de ser bien aprovechadas, posicionarán a Puerto Gaitán rápidamente entre los primeros lugares de la producción de cacho a nivel nacional.

5.1.2. Cultivos de Caña

Figura 4. Cultivo de Caña en Colombia



Colombia es, después de la India, el segundo productor de panela en el mundo. Según datos del 2001, el país asiático produjo un total de 1.670.607 toneladas, mientras en Colombia se produjeron 1.580.000 de toneladas en el 2007.

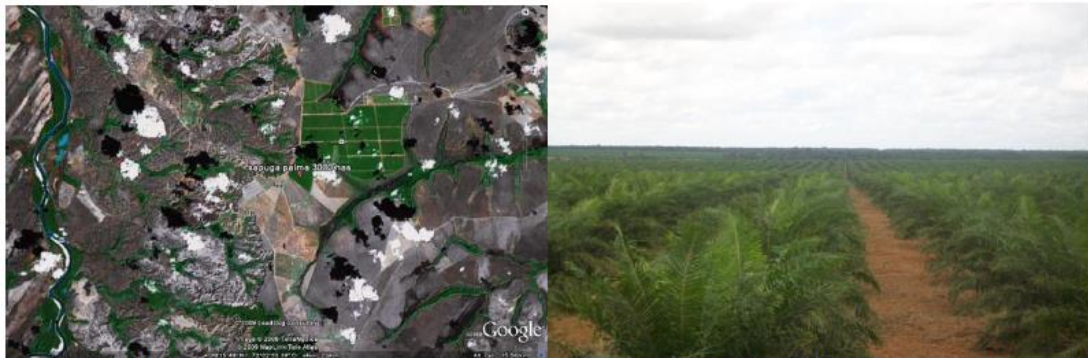
En nuestro país el área sembrada con caña es de 474.559 hectáreas (has), de las cuales se destinan 218.000 has para la producción de azúcar y 266.559 has para la producción de panela. Existen un total de 70.000 productores de panela, 13 ingenios productores de azúcar y 5 plantas productoras de Etanol.

El ICA desarrolla el proyecto de caña panelera en 16 Seccionales, haciendo visitas de vigilancia epidemiológica para detección de posibles plagas exóticas en el país. Al mismo tiempo realiza monitoreos de las principales plagas del cultivo como el

Barrenador, *Diatraea saccharalis*; Carbón, *Ustilago Scitaminea*; Hormiga Loca, *Paratrechina fulva*, y Salivazo, *Aeneolamia varia*, *Mahanarva bipars*, *Mahanarva trifisa*, entre otras.

5.1.3. Cultivo de Palma de Aceite

Figura 5. Cultivo de Palma de aceite en Colombia



Fuente: Google earth. 2009. Localización, César Calderón. Fotografía: Complejo SAPUGA. Amanda Herrera. 2009.

El cultivo de la palma inició en Puerto Gaitán con 89 hectáreas sembradas en palmeras SAPUGA S.A. en 1987, hacienda ubicada a 22 kms del casco Vía rubiales, luego entre los años entre los años 1990-1993 se sembraron 560 has, para reiniciar en el 2004 con 350 has, y continuar sembrando paulatinamente hasta llegar hoy a 3.000 hectáreas.

Una vez inició Palmeras SAPUGA comenzaron otros procesos como el de la finca LAS COROCORAS en 1992, Ubicada a 38 kms de Puerto Gaitán antigua vía a la Cristalina; hay 200 hectáreas y van a sembrar 2.400; Palmeras del Guarrojo, tiene 1.600 has sembradas en el 2008, y la proyección es sembrar alrededor de 5.000 has. en los próximos años 2009 - 2015; de la misma manera, entre PALMITEC (600 has), ITALCOL (2.000 has), AGROBENGALA (200 has), El Conuco (1.000 has), El Gran Chaparral (300 has), Miravalles y la Vencedora (350 has), Semillas del Pacífico (150 has); Neblinas (300 has); 400 has. en manos del Estado; y otras

600 has en la vereda Casetabla; para un total de palma sembrada en Puerto Gaitán cercana a las 10.900 hectáreas y una proyección para el 2010 de 3.000 has más y para los próximos tres años, es decir al 2015, otras 3.000 has.

El auge del cultivo de palma en la zona, está dado, según los empresarios por las características de los suelos y el clima que son aptos para el cultivo, porque los costos de producción que ellos están manejando, son inferiores a los del resto del país, lo que los hace competitivos frente al mercado nacional; amén de los buenos precios del mercado, por la demanda mundial no solo de aceite para consumo sino para biodiesel, y de las políticas de apoyo a los cultivos de tardío rendimiento por parte del gobierno nacional.

El gremio de palmicultores –FEDEPALMA- tiene como prioridades en su plan estratégico 2019 mejorar la competitividad del sector, mientras que el gobierno nacional, aunque apoya fuertemente el sector ha concentrado sus esfuerzos al aumento de las áreas en el país; posición que no comparte el gremio. Esta disyuntiva, ha generado diversas reacciones: —Por una parte, la ampliación del área es vista como una estrategia empresarial positiva para reducir costos, en la medida en que se traduzca en mayor aprovechamiento de las economías de escala de la actividad productiva. Por otra, puede ser vista con preocupación, por cuanto en las actuales condiciones de desarrollo y competitividad del cultivo, el crecimiento masivo tiende a traducirse en menores márgenes o en eventuales pérdidas para los productores, cuyas inversiones están atadas en la actividad y no pueden moverse fácilmente, debido a que se trata de un cultivo de tardío rendimiento.

La agricultura comercial del Meta tiene en la palma africana su producto líder, con significativas repercusiones en todas las áreas sociales y económicas del Departamento, generando más de 10.000 empleos directos y otros tantos indirectos.

El departamento del Meta cuenta con 18 plantas extractoras con una capacidad instalada de 212 toneladas /fruto/hora y una capacidad de almacenamiento de 20.800 toneladas; que están ubicadas en San Carlos de Guaroa (7), Acacías (5), Cumaral (2), Barranca de Upía, Cabuyaro, Puerto Gaitán y San Martín.

El volumen de producción incide en la economía del transporte. Anualmente salen del Meta por vía terrestre 425.523 galones de aceite de palma.

Macroproyectos como la recuperación de la navegabilidad del río Meta tendrán una gran importancia para la exportación de este producto, al establecer un canal directo con los mercados del Atlántico y Venezuela, teniendo en cuenta que este es uno de los países con los que el departamento del Meta comercializa amplios volúmenes de aceite de palma.

Se prevé que para el año 2020 el área sembrada en palma en Puerto Gaitán se habrá duplicado. La generación de empleo y la seguridad y permanencia de los trabajadores de este cultivo, permiten mejorar las condiciones de vida de los empleados de estas agroindustrias, que en general son de mano de obra no calificada.

El incremento de áreas de siembra para los próximos cinco años en el Meta se proyecta en 35.000 hectáreas, dentro de las cuales Puerto Gaitán aportará por lo menos 10.000 hectáreas; las proyecciones de los empresarios de la región, permiten predecir que al año 2020 habrá cerca de 50.000 hectáreas sembradas en Puerto Gaitán.

5.1.4. Cultivos Forestales – Eucalipto

Figura 6. Cultivo de Forestales en Colombia



Fuente: Google earth., César Calderón. 2009. Fotografías: César Calderón - Amanda Herrera. 2009.

Dentro de los cultivos forestales a establecer con muchas posibilidades de éxito está la acacia mangium, el eucalipto pellita, el pino caribeño y la gmelina arbórea.

Las áreas para establecimiento de forestales en el territorio de Puerto Gaitán ascienden a 729.686 hectáreas para acacia mangium, 367.583 hectáreas para eucalipto pellita, 365.212 hectáreas para pino caribeño y 729.686 para gmelina arbórea; lo cual denota la gran vocación de estas tierras para estos cultivos. Esto como resultado del estudio realizado para el Plan Prospectivo Agropecuario Puerto Gaitán 2020.

El eucalipto es una especie con condiciones para repoblar sabanas improductivas, marginales de terrenos pobres, donde otras especies harían un crecimiento lento; el pino caribeño ha sido el de mayor utilización en el desarrollo de proyectos de producción forestal y forma parte de aproximadamente el 80% de las plantaciones a nivel mundial y en Vichada está la mayor explotación comercial de esta especie en Colombia; la acacia mangium presenta mejor crecimiento en suelos pobres que el mismo eucalipto pellita; mientras que la Gmelina arbórea presenta mejor desarrollo en las partes bajas de los terrenos, donde por lo general tienen mayor disponibilidad de agua y nutrientes, los sitios con buenos contenidos de calcio y magnesio y los ubicados en áreas con uso anterior productivo.

Estas cuatro especies tienen un paquete tecnológico para la zona, probado por CORPOÍCA en el marco de los estudios para el Plan Prospectivo Agropecuario Puerto Gaitán 2020, lo cual acrecienta las posibilidades de éxito de las mismas; además las características edafoclimáticas de Puerto Gaitán ofrecen condiciones muy favorables para su desarrollo.

A estas ventajas comparativas hay que anexarle la demanda cada vez mayor de estos forestales por la necesidad creciente de maderas en el mundo; las posibilidades de establecer proyectos industriales de esta índole de gran envergadura, las facilidades cada vez mayores de transporte, y el interés y la necesidad de grandes inversionistas de establecer este tipo de cultivos en la zona, por las ventajas ya mencionadas.

El área sembrada de la que se tiene reporte asciende a cerca de 3.000 hectáreas de forestales en el Municipio; pero con una gran proyección dado el interés manifiesto de parte de empresarios del país y del extranjero, por las ventajas ya mencionadas de estos cultivos en la zona, lo que permite vislumbrar que el desarrollo de forestales de aquí al 2020 arribará por lo menos a 30.000 hectáreas sembradas, lo que significará 3.000 empleos directos en el Municipio, por cuenta de estos cultivos.

Finalmente se puede concluir con este análisis técnico documental, que de las especies preseleccionadas por el grupo de expertos de Ecopetrol, es decir, Caña, Caucho, Palma y Eucalipto, todas son favorables a desarrollarse en la altillanura colombiana y especialmente en el municipio de Puerto Gaitán, de acuerdo con el resultado del Estudio para el Plan Prospectivo Agropecuario Puerto Gaitán 2020 mencionado en este capítulo, toda vez que con cada una de estas especies, se han desarrollado proyectos agroindustriales exitosos en dichas áreas, lo que infiere que serían especies con alta prospectividad en proyectos a gran escala con riego de agua de producción tratada para tal fin.

No obstante las cuatro especies analizadas en este punto son favorables a desarrollarse en el municipio de Puerto Gaitán, se analizó, con la información relacionada en este capítulo para cada una de estas especies en donde se observó las áreas desarrolladas, la cadena de valor más fuerte y sumado al juicio de los expertos indicados en el Anexo A de este trabajo de grado, cuáles de éstas cuatro especies tienen la mayor vocación para un proyecto agroindustrial a grade escala en el área de la altillanura, quedando como resultado el siguiente escalafón: (i) Forestales con Eucalipto, (ii) Caña y (iii) Palma de aceite. Estas tres especies serán a las que se les realice el análisis financiero a desarrollarse en el punto siguiente.

5.2. ANALISIS FINANCIERO DE LA PUESTA EN MARCHA DE DISTRITOS DE RIEGO – CULTIVOS AGROINDUSTRIALES

Teniendo en cuenta los aspectos técnicos de las especies preseleccionadas, se definió una evaluación financiera para cada alternativa propuesta, con la finalidad de conocer mediante un análisis determinístico (Escenario más Probable) cual cultivo agrícola es la más rentable, teniendo como premisa principal la disponibilidad de agua tratada (en condiciones de riego) que le da el campo de producción Rubiales con 1,5 millón de barriles diarios de agua a los distritos agrícolas para su desarrollo y producción. Esta premisa volumétrica es fundamental en el siguiente análisis financiero, toda vez que, dependiendo de la especie analizada, estas tienen su propio espaciamiento para recibir el volumen de agua en mención, y por lo tanto el área requerida para cada especie va a variar (aumentar o disminuir) y así mismo los valores de Capex estimados de adquisición de estas tierras donde se desarrollaría el distrito de riego agroindustrial.

MODELO DETERMINÍSTICO:

El modelo determinístico se realizó bajo el escenario denominado más probable, teniendo en cuenta la mejor información en el mercado de las variables más relevantes de este proyecto, entre las que se encuentran las inversiones, costos operativos y recibo de agua del campo Rubiales, a través de una tarifa para su posterior disposición y reúso en el Distrito de Riego a Desarrollar.

Adicional a la premisa de analizar financieramente un proyecto agroindustrial que reciba 1,5 millón de barriles de agua por día, este análisis se desarrolla con otra premisa muy importante y es que, una vez estimadas las inversiones (áreas y preparación de tierras que requeriría dependiendo de la especie seleccionada) los costos y gastos de operación del distrito de riego, se determinará en este ejercicio, una tarifa a cobrar a la operación del campo Rubiales por recibir el agua y un valor presente de costos y no un valor presente neto, toda vez que los beneficios de la comercialización y obtención del producto que resulte de la especies seleccionadas (miel de caña, fruto de palma y biomasa del eucalipto) será evaluado y desarrollado por el trabajo de grado que integra este proyecto sombrilla de aprovechamiento eco-eficiente del agua de producción a través de distritos de riego.

A continuación se detallan los resultados encontrados:

5.2.1. Análisis para Cultivos con Caña

Para esta alternativa se tomaron los siguientes supuestos:

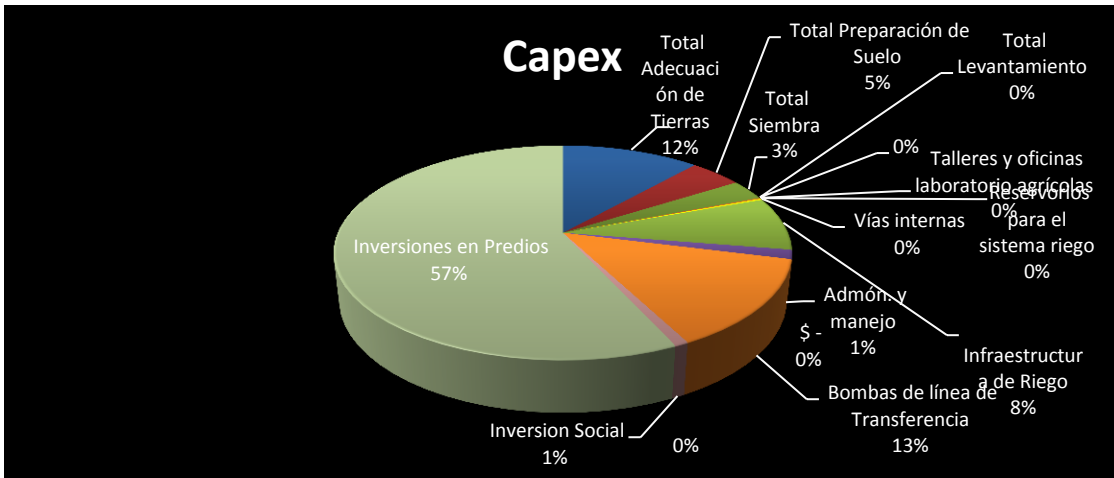
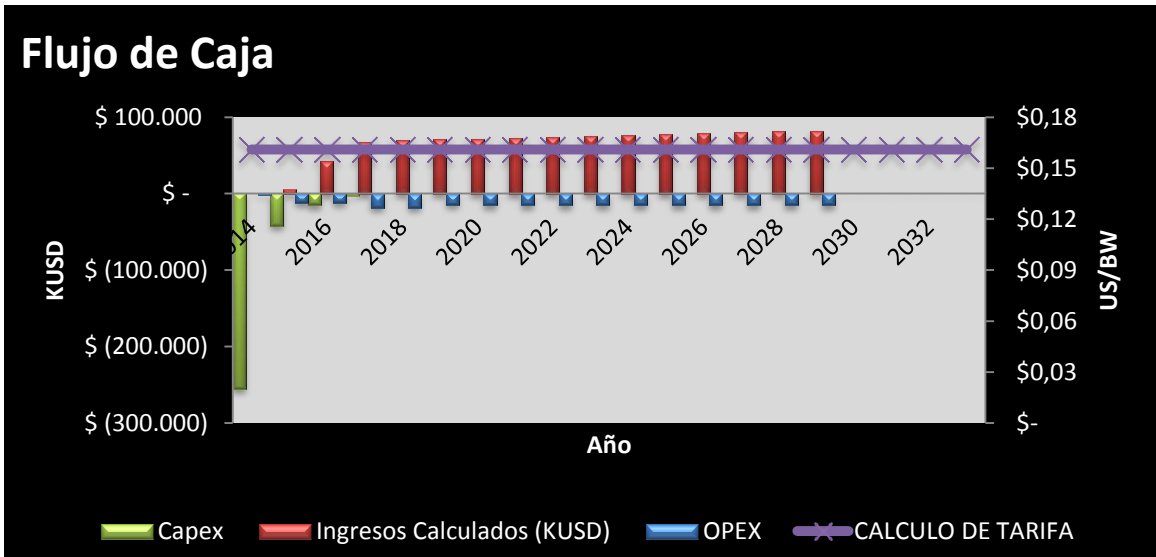
- Volumen de agua tratada a recibir diariamente: 1,5 millón de barriles

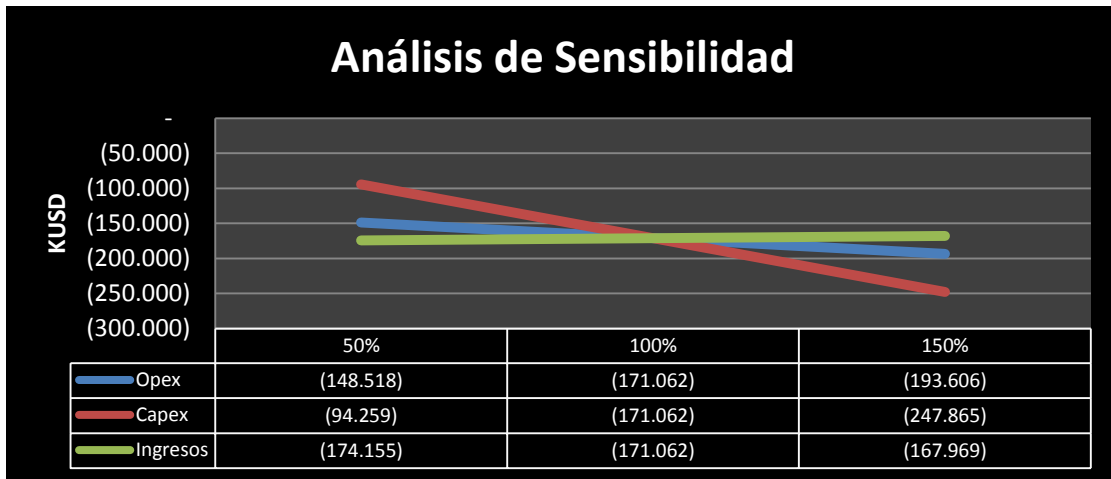
- Unas inversiones de 314.241 KUSD, producto de calcular el área requerida cuando la especie es Caña, con un valor por hectárea de 4,5 millones de pesos, más las inversiones de líneas de conducción y diseño de campo.
- Así mismo una premisa de costos de operación de 0,04 USD/BI. Estas premisas y estimados se obtuvieron a través de, para el caso de costos de operación, del proyecto agroindustrial de Bioenergy, y para el caso de inversiones de los expertos de Ecopetrol en el tema agrícola (ICP).y en el área inmobiliaria.
- Un Valor Presente Neto – VPN de cero (0), buscando una tarifa en USD por Barril de agua recibido.
- Una tasa de descuento del 11,1% tomando como referencia las tasas de descuento de Ecopetrol.
- Una TRM de 1.800 pesos, toda vez que este ejercicio se realizó tomando como referencia la TRM implementada por Ecopetrol a inicios del año 2014.
- Un horizonte de tiempo de 19 años, por cuanto los ciclos de siembra mantenimiento y cosecha son de 6 años para el caso de la Caña más 1 año de establecimiento. Para este caso se estimaron obtener hasta 3 ciclos en un mismo distrito, toda vez que en este periodo no se requerirían mayores inversiones adicionales. Lo anterior de acuerdo al juicio de expertos de Ecopetrol (ICP).
- A través de un flujo de caja libre, un Valor Presente de Costos del Distrito de Riego Agroindustrial seleccionado.

Teniendo en cuenta las premisas mencionadas anteriormente, a continuación se va a presentar en el Cuadro 1, el resultado de los flujos de caja, la tarifa a cobrar al campo por recibir el agua y el valor presente de Costos para un distrito de riego agroindustrial con Caña:

Cuadro 1. Premisas, Flujo de Caja, Capex y Sensibilidad para la Caña

Modulo	Distrito para Recibir 1,5 MBWPD		Operador	Ecopetrol	
Alternativa	Cultivo de Caña		Tecnología	Distrito de Riego	
Fecha Inicio	11/2014	mm/aaaa	Capex	\$ (314.241)	KUSD
Fecha Fin	12/2033	mm/aaaa	Opex (Promedio)	\$ 0,04	USD/BL
Tasa dto.	11,1%	%	TIR	N.A.	
TRM	\$ 1.800	COP/USD	VP. Costos	\$ (439.766) KUSD	
Función Objetivo					
Variable	VPN		0		
Es igual a	0				
Tarifa 2014	\$ 0,1610		US/BW		
TIR	0,12				





En este escenario de cultivo de **Caña** se puede concluir que teniendo en cuenta las variables macroeconómicas, el Capex, el Opex y flujo de caja al año 2033, con un VPN de cero, la tarifa por recibir el agua de producción tratada sería de 0,16 USD/Barril y el Valor Presente de Costo sería de 439.766 KUSD.

5.2.2. Análisis para Cultivos con Palma de Aceite. Para esta alternativa se tomaron los siguientes supuestos:

- Volumen de agua tratada a recibir diariamente: 1,5 millón de barriles
- Unas inversiones de 182.828 KUSD, producto de calcular el área requerida cuando la especie es Palma, con un valor por hectárea de 4,5 millones de pesos, más las inversiones de líneas de conducción y diseño de campo.
- Así mismo una premisa de costos de operación de 0,02 USD/BI. Estas premisas y estimados se obtuvieron a través de, para el caso de costos de operación, del proyecto del plan estratégico 2019 de FEDEPALMA, y para el caso de inversiones de los expertos de Ecopetrol en el tema agrícola (ICP).y en el área inmobiliaria.
- Un Valor Presente Neto – VPN de cero (0), buscando una tarifa en USD por Barril de agua recibido.

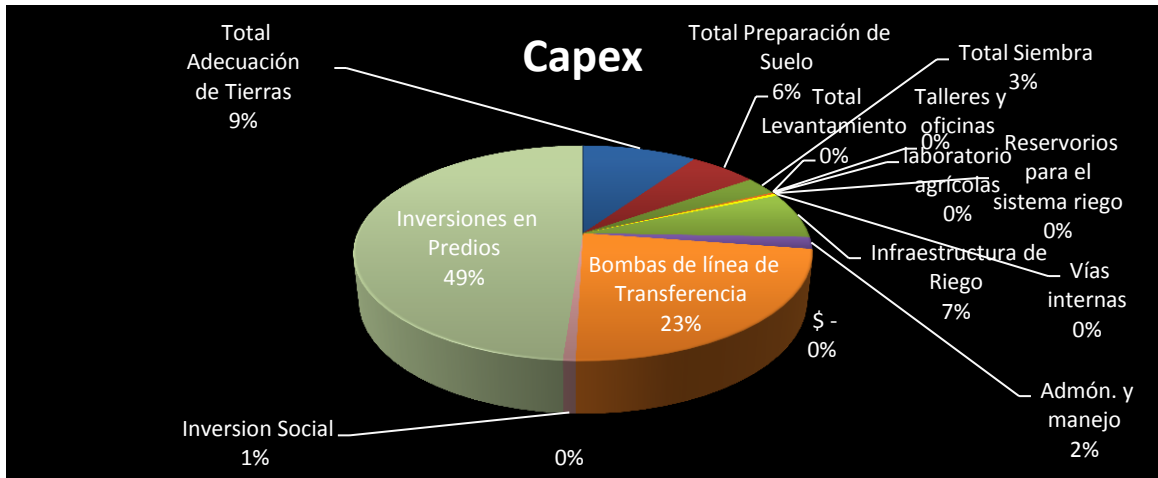
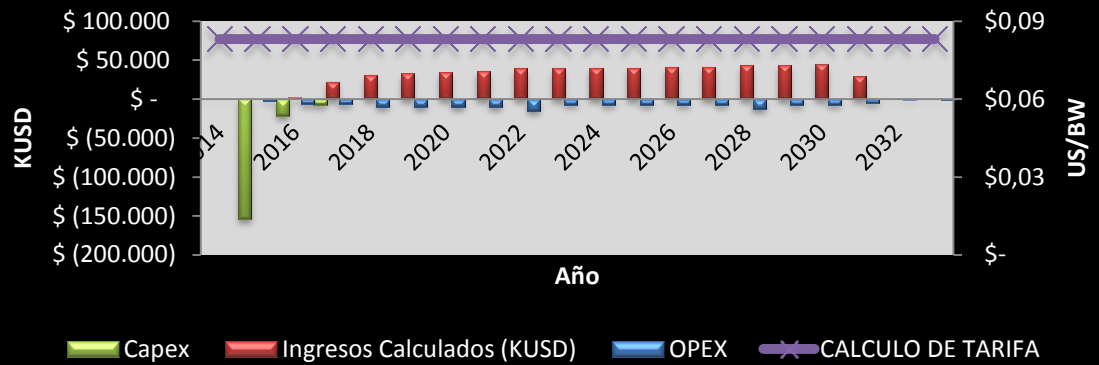
- Una tasa de descuento del 11,1% tomando como referencia las tasas de descuento de Ecopetrol.
- Una TRM de 1.800 pesos, toda vez que este ejercicio se realizó tomando como referencia la TRM implementada por Ecopetrol a inicios del año 2014.
- Un horizonte de tiempo de 17 años, por cuanto los ciclos de siembra mantenimiento y cosecha son de 8 años para el caso de la Palma más 1 año de establecimiento. Para este caso se estimaron obtener hasta 2 ciclos en un mismo distrito, toda vez que en este periodo no se requerirían mayores inversiones adicionales. Lo anterior de acuerdo al juicio de expertos de Ecopetrol (ICP).
- A través de un flujo de caja libre, un Valor Presente de Costos del Distrito de Riego Agroindustrial seleccionado.

Teniendo en cuenta las premisas mencionadas anteriormente, a continuación se va a presentar en el Cuadro 2, el resultado de los flujos de caja, la tarifa a cobrar al campo por recibir el agua y el valor presente de Costos para un distrito de riego agroindustrial con Palma:

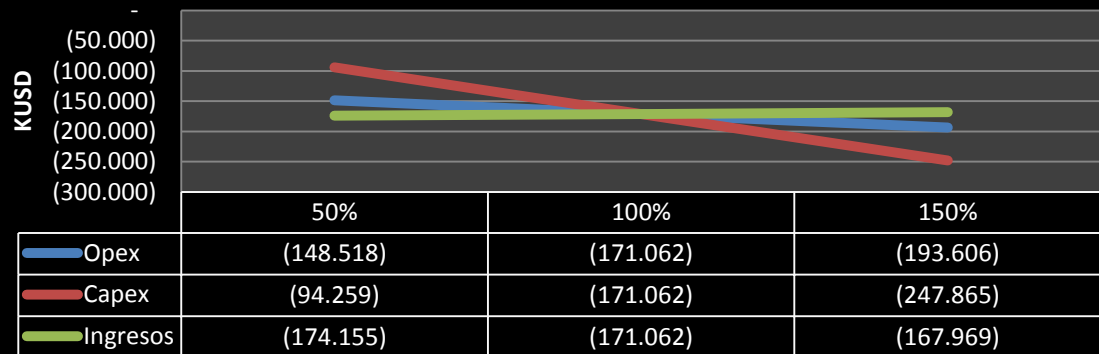
Cuadro 2. Premisas, Flujo de Caja, Capex y Sensibilidad para la Palma

Modulo	Distrito para Recibir 1,5 MBWPD		Operador	Ecopetrol	
Alternativa	Cultivo de Palma		Tecnología	Distrito de Riego	
Fecha Inicio	9/2015	mm/aaaa	Capex	\$ (182.828)	KUSD
Fecha Fin	12/2033	mm/aaaa	Opex (Promedio)	\$ 0,02	USD/BL
Tasa dto.	11,1%	%	TIR	\$ (0)	
TRM	\$ 1.800	COP/USD	VP. Costos	\$ (204.183)	KUSD
Función Objetivo					
Variable	VPN				
Es igual a	0				
Tarifa 2014	\$ 0,0832	US/BW			
TIR	0,11				

Flujo de Caja



Análisis de Sensibilidad



En este escenario de cultivo de Palma podemos concluir que teniendo en cuenta las variables macroeconómicas, el Capex, el Opex y flujo de caja al año 2032, con un VPN de cero, la tarifa por recibir el agua de producción tratada sería de 0,08 USD/Barril y el Valor Presente de Costo sería de 204.183 KUSD.

5.2.3. Análisis para Cultivos con Forestales-Eucalipto. Para esta alternativa se tomaron los siguientes supuestos:

- Volumen de agua tratada a recibir diariamente: 1,5 millón de barriles
- Unas inversiones de 108.820 KUSD, producto de calcular el área requerida cuando la especie es Eucalipto (menor espaciamiento entre plantas con relación a Palma y Caña), con un valor por hectárea de 4,5 millones de pesos, más las inversiones de líneas de conducción y diseño de campo.
- Así mismo una premisa de costos de operación de 0,02 USD/BI. Estas premisas y estimados se obtuvieron a través de, para el caso de costos de operación, del proyecto piloto agroindustrial en el campo Castilla, y para el caso de inversiones de los expertos de Ecopetrol en el tema agrícola (ICP).y en el área inmobiliaria.
- Un Valor Presente Neto – VPN de cero (0), buscando una tarifa en USD por Barril de agua recibido.
- Una tasa de descuento del 11,1% tomando como referencia las tasas de descuento de Ecopetrol.
- Una TRM de 1.800 pesos, toda vez que este ejercicio se realizó tomando como referencia la TRM implementada por Ecopetrol a inicios del año 2014.
- Un horizonte de tiempo de 18 años, por cuanto los ciclos de siembra mantenimiento y cosecha son de 4 años para el caso del Eucalipto más 2 años de establecimiento. Para este caso se estimaron obtener hasta 4 ciclos en un mismo distrito, toda vez que en este periodo no se requerirían mayores

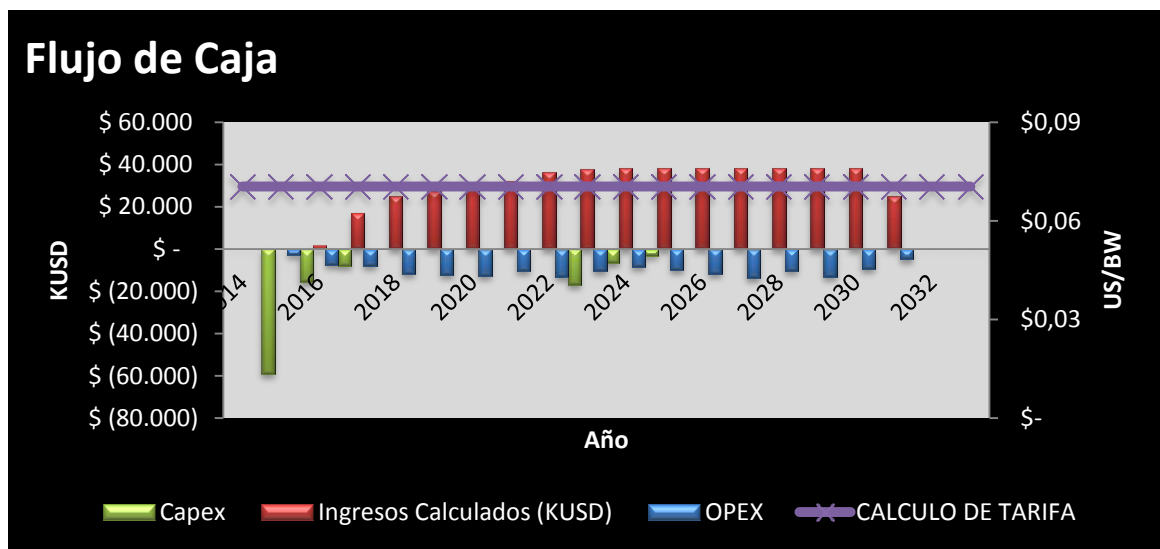
inversiones adicionales. Lo anterior de acuerdo al juicio de expertos de Ecopetrol (ICP).

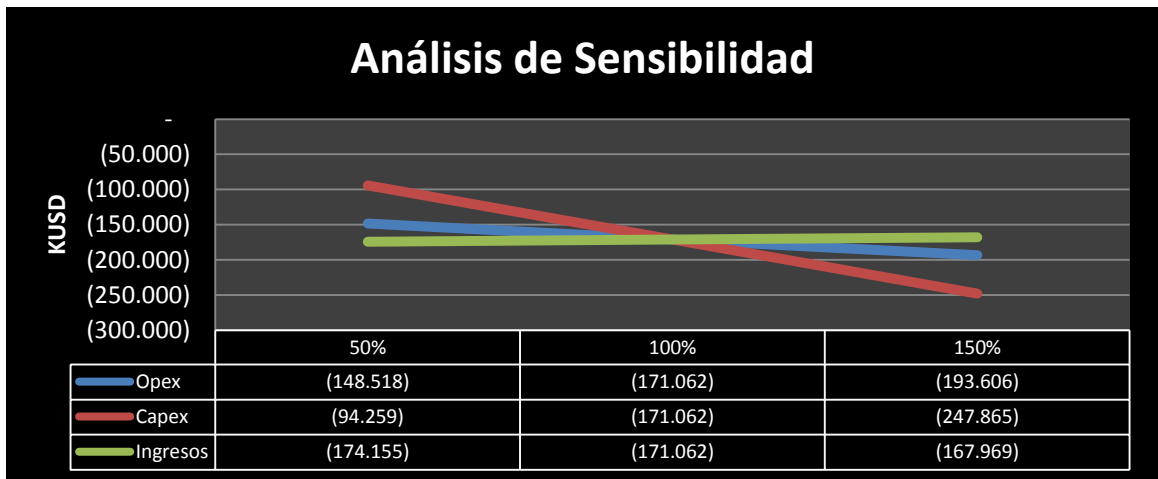
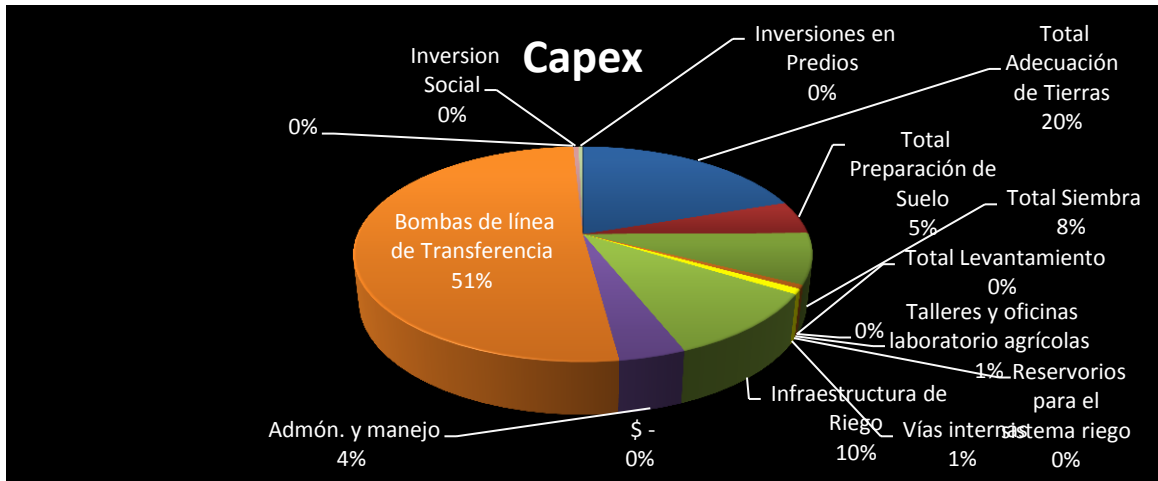
- A través de un flujo de caja libre, un Valor Presente de Costos del Distrito de Riego Agroindustrial seleccionado

Teniendo en cuenta las premisas mencionadas anteriormente, a continuación se va a presentar en el Cuadro 3, el resultado de los flujos de caja, la tarifa a cobrar al campo por recibir el agua y el valor presente de Costos para un distrito de riego agroindustrial con Eucalipto:

Cuadro 3. Premisas, Flujo de Caja, Capex y Sensibilidad para Eucalipto

Modulo	Distrito para Recibir 1,5 MBWPD		Operador	Ecopetrol	
Alternativa	Cultivo de Eucalipto		Tecnología	Distrito de Riego	
Fecha Inicio	9/2015	mm/aaaa	Capex	\$ (108.820)	KUSD
Fecha Fin	12/2033	mm/aaaa	OpeX (Promedio)	\$ 0,02	USD/BL
Tasa dto.	11,1%	%	TIR	N.A.	
TRM	\$ 1.800	COP/USD	VP. Costos	\$ (153.697)	KUSD
Función Objetivo					
Variable	VPN				
Es igual a	0				
Tarifa 2014	\$ 0,0705 US/BW				
TIR	0,11				





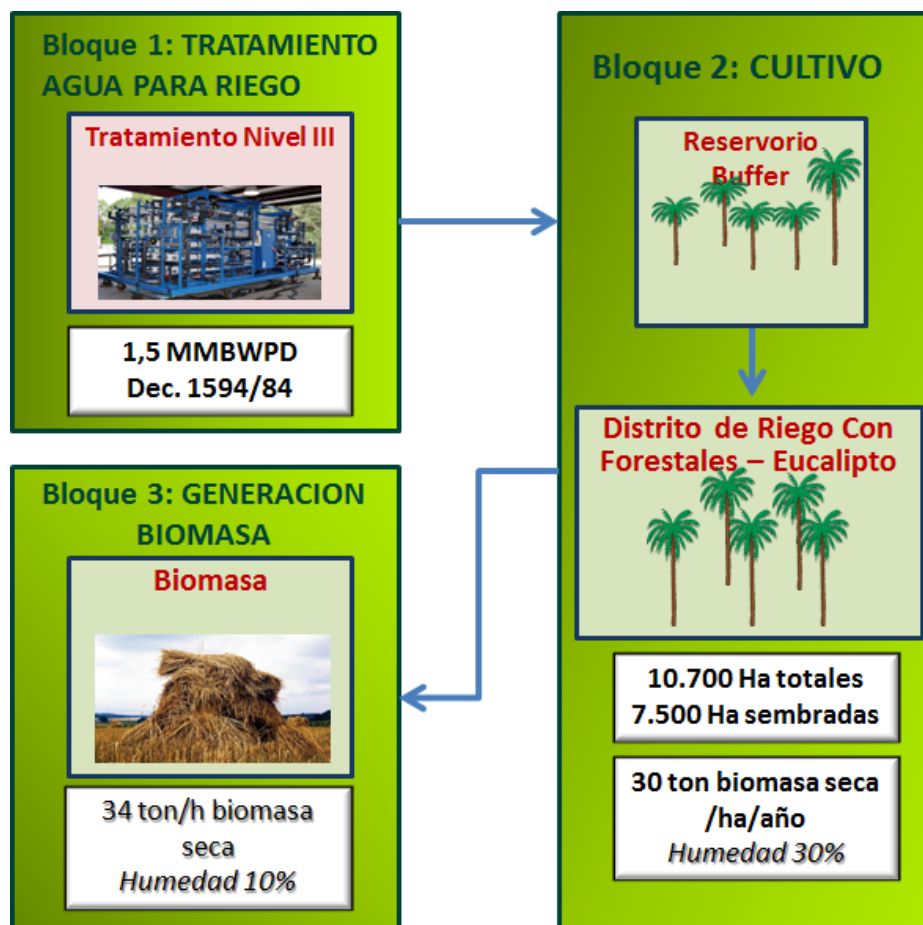
En este escenario de cultivo de Eucalipto podemos concluir que teniendo en cuenta las variables macroeconómicas, el Capex, el Opex y flujo de caja al año 2032, con un VPN de cero, la tarifa por recibir el agua de producción tratada sería de 0,07 USD/Barril y el Valor Presente de Costo sería de 153.697 KUSD.

Tomando en cuenta los aspectos técnicos en donde se concluye que cualquiera de las tres especies preseleccionadas cuentan con alto potencial de desarrollarse y teniendo en cuenta los aspectos financieros enunciados en este capítulo, se puede concluir que la especie a seleccionar sería Forestales con Eucalipto para el desarrollo del proyecto agroindustrial en las áreas del campo Rubiales, toda vez

que refiere a la menor tarifa que pagaría en campo Rubiales por disponer el agua y el agricultor reusarla en su distrito y además genera el menor VP de costos en la operación del Distrito de Riego Agroindustrial. Lo anterior sin cuantificar los beneficios de la biomasa producida por el Eucalipto, lo cual le corresponde a uno de los trabajos de aplicación complementaria en este trabajo de grado sombrilla.

Adicionalmente a esta conclusión, se presenta a continuación un esquema del proceso a desarrollar de la alternativa seleccionada de Distrito Agroindustrial con Eucalipto y agua de producción:

Figura 7. Diagrama de Proceso de recibo de agua de producción, desarrollo del cultivo y generación de biomasa.

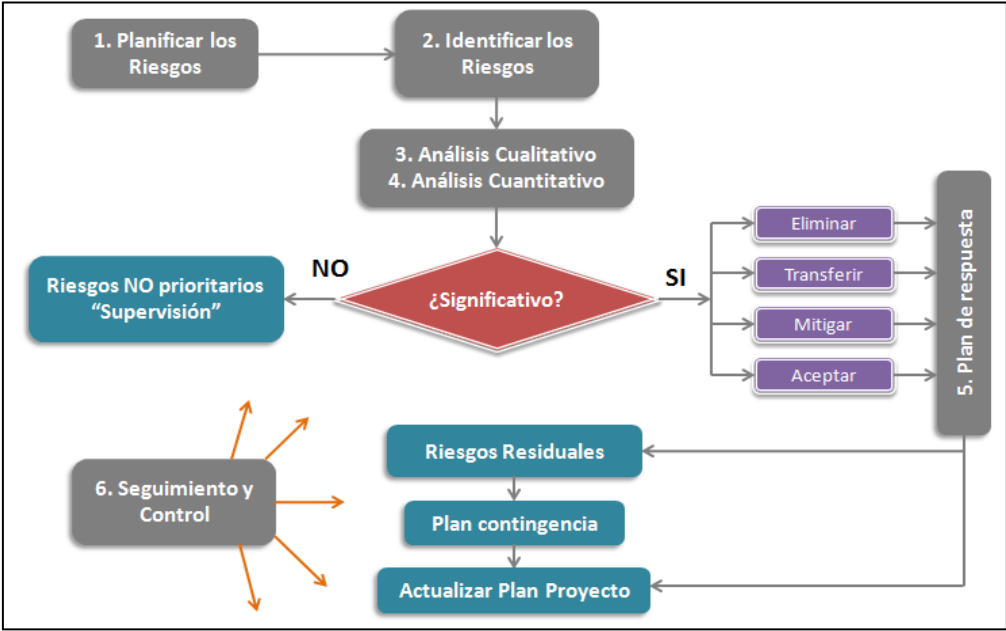


6. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE RIESGOS E IMPACTOS ASOCIADOS AL DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

6.1. IDENTIFICACIÓN Y VALORACION DE RIESGOS

Para la elaboración de esta valoración se siguió el procedimiento establecido por Ecopetrol que sigue los lineamientos del PMI (Project Management Institute) de valoración de riesgos. El ciclo descrito en la figura 10 se compone de planificación, Identificación, priorización, análisis cualitativo, análisis cuantitativo, plan de respuesta, y seguimiento y control de los riesgos. Para esta primera etapa de evaluación de diferentes alternativas, el alcance de este análisis no tuvo en cuenta un análisis cuantitativo, que se desarrollará para la alternativa seleccionada.

Figura 8. Ciclo de Gestión del Riesgos definido por PMI



Fuente: PMBOK (Project Management Book of Knowledge) del PMI

Para el criterio de valoración cualitativa del riesgo se empleó la Matriz de Gerencia del Riesgo, lineamiento propuesto por el PMI y que se muestra en la Tablas 12 anterior.

La identificación y valoración de los riesgos más representativos para la alternativa de aprovechamiento agroindustrial seleccionada se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla 12. Metodología de Análisis de Decisión

DESPLIEGUE DE RIESGOS DEL NEGOCIO Y OPERACIONALES									
Categoría	Descripción del Riesgo		Categoría	Evaluación Inherente					
	Evento / Riesgo	Causas		Per	Amb	Eco	Rep	Cli	Nivel de Riesgo
Operacionales	Restricciones en el recibo y/o disposición del agua de producción por parte del tercer agricultor	Por fallas en el sistema de tratamiento con osmosis que deje por fuera de especificaciones el agua a entregar al Distrito de Riego	Operacional			5D			Muy Alto
		Por causas naturales: - Efecto invernal por fuera de datos históricos que inunden los distritos de riego e imposibiliten por periodos muy prolongados de tiempo la disposición del agua de producción.							
		Urgencia manifiesta: - Por afectación a la plantación de bacterias/plaga/hongos no previstos o no conocidos que destruyan parcial o completamente el distrito de riego.							
		Afectación a la productividad del suelo a largo plazo por aumento en su salinidad							
		Por expropiación/pleito/reclamación de tierras por parte del gobierno nacional u organismos de control en las áreas objeto de este proyecto: valdíos, listas restringidas y restitución de tierras.							
		Por paros - bloqueos de la comunidad/trabajadores de la plantación							

DESPLIEGUE DE RIESGOS SOCIO-AMBIENTALES DEL PROYECTO

Categoría	Descripción del Riesgo		Categoría	Evaluación Inherente					Nivel de Riesgo
	Evento / Riesgo	Causas		Per	Amb	Eco	Rep	Cli	
Socio-ambientales	Demandas de pobladores, instituciones gremiales o comunidad en general de los corregimientos y veredas del area de influencia directa del proyecto	Por posible afectación a personas, comunidades o centros poblados por escorrentia del agua de producción a estos centros poblados y a sus sistemas de abastecimiento de agua, siembra o ganadería. Cadena de custodia: por desvío del producto de la palma y utilización en consumo humano	Socio-Ambiental				5C		Alto
	Multas de autoridades ambientales competentes al Operador del campo	Por posible afectación-contaminación acumulativa en el tiempo (impactos ambientales acumulativos) en la fauna y flora del sector producto del riego	Socio-Ambiental		5D				Alto
		Afectación de la biodiversidad del suelo producto del riego							
		Por posible afectación-contaminación en el suelo, fauna y flora producto de la actividad propia agroindustrial: siembra, fumigación, extracción del fruto y comercialización.							

Los riesgos operacionales de mayor valoración para los distritos de Riego son los relacionados con las restricciones de recibo del agua, ya que al no poder recibir agua de producción tratada, los distritos estarán expuestos directamente a la afectación del suelo, enfermedades a la especie, pérdida de la biodiversidad y productividad de las tierras y así por lo tanto no tendrían viabilidad técnica. No obstante la opción de comprar o sacar el agua de una fuente natural, ya bien sea superficial o subterránea, haría inviable este tipo de proyectos, por los altos costos asociados a la infraestructura requerida (Superficial: Líneas de transferencia, bombas y personal / Subterráneas: perforación y bombas) y la demora en las concesiones de agua por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales.

En los riesgos socio-ambientales se presentan como más críticos los relacionados con demandas y multas de autoridades ambientales, que puedan suspender o revocar los permisos ambientales obtenidos para la operación y por lo tanto no hacer viable este proyecto agroindustrial.

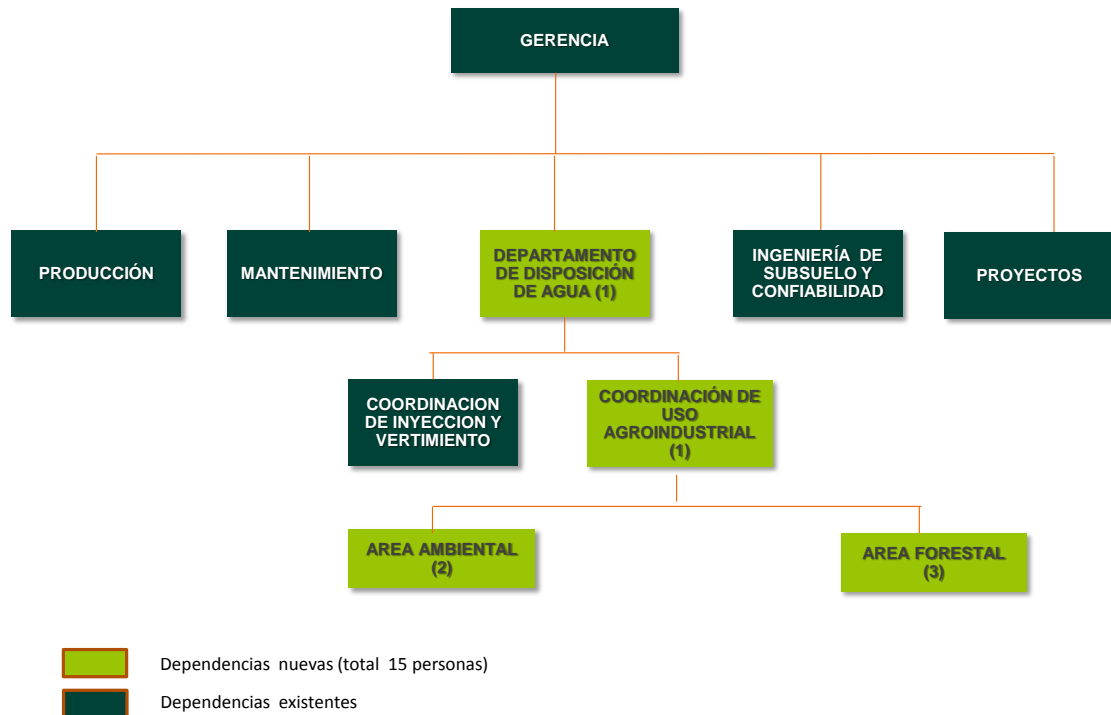
6.2. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

- Disminuye en términos de cantidad la presión que ejerce la agricultura sobre las fuentes naturales al habilitar una alternativa de abastecimiento para el riego de cultivos.
- Garantiza un agua apta para el riego gracias al uso de la tecnología de Osmosis Inversa, lo que permite incorporar nuevas tierras a la agricultura, al mismo tiempo que se protege el suelo, las fuentes naturales de agua y los cultivos.
- El riego de cultivos y el desarrollo agrícola en la región favorece a las comunidades aledañas al campo petrolero con una fuente de empleo diferente al ofrecido por el sector de hidrocarburos ocupando mano de obra a mediano y largo plazo

7. ESQUEMA ORGANIZATIVO PARA LA OPERACIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO

Teniendo en cuenta las actividades que se deben realizar durante la ejecución del proyecto agroindustrial, y en la etapa operativa del mismo, se propone la siguiente estructura organizacional, en la cual se propone sea una coordinación de reúso agroindustrial dentro de la Gerencia de producción del campo Rubiales desplegándose desde el Departamento de Disposición de Agua de Producción, conforme se muestra en la siguiente figura:

Figura 9. Estructura Organizacional Área Agroindustrial



La estructura organizacional se compone de una Coordinación de uso Agroindustrial con su líder, y 2 áreas temáticas a cargo de la misma, que se reparten por sus roles y responsabilidades.

Para el Área Ambiental se proponen 2 profesionales encargados de la viabilidad y continuidad ambiental del negocio, el aseguramiento del

cumplimiento de los instrumentos ambientales y normatividad ambiental vigente en reúso agroindustrial.

Para el área Forestal se proponen 2 profesionales cuyo objetivo es velar por el normal desarrollo de la producción agroindustrial, el cuidado de los cultivos y los suelos, y la conservación y mantenimiento de la especie seleccionada para el proyecto, que para este caso es palma de aceite.

8. MODELO DE NEGOCIOS CANVAS

El Modelo de Negocio es una herramienta conceptual de como una organización crea, entrega y captura el valor. Para este trabajo de grado se usan los nueve bloques que se proponen en el modelo CANVAS, para exponer el negocio del distrito de riego agroindustrial propuesto para el Campo Rubiales.

Tabla 13. Modelo Canvas Distrito de Riego con Forestales – Eucalipto utilizando Agua de Producción

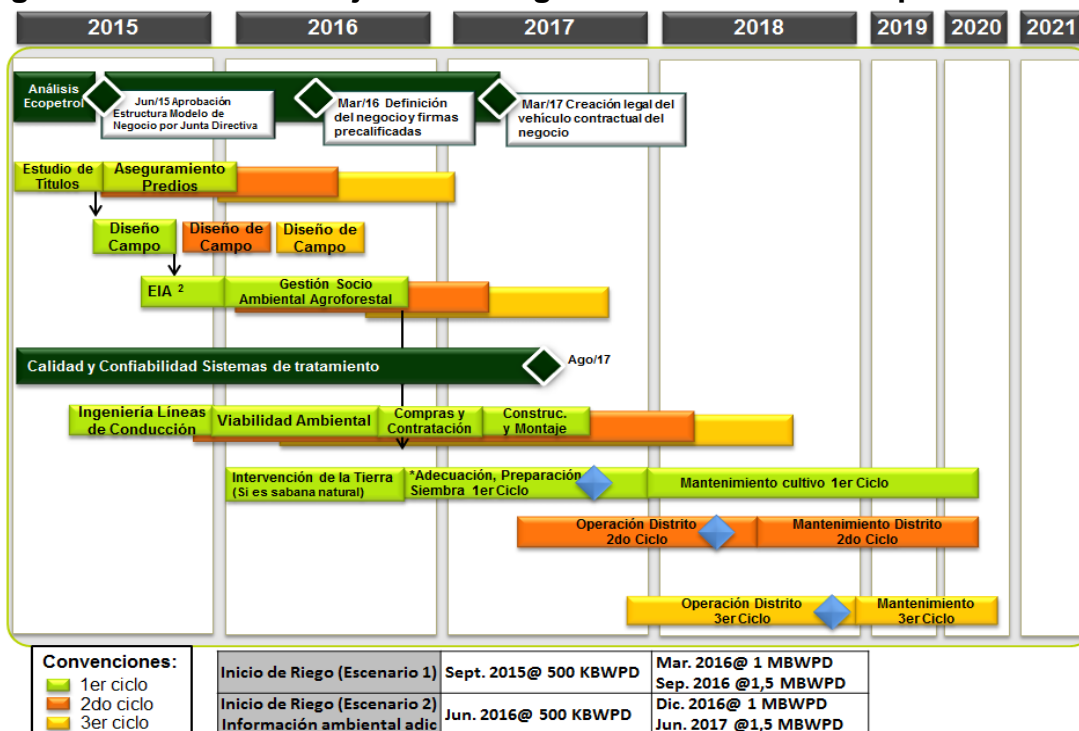
<p>Key Partners</p> <ul style="list-style-type: none"> * Operador del campo de producción petrolero * Federación de Agricultores del departamento del Meta * Corporación Autónoma Regional - Cormacarena * Operadores Agroindustriales * Bioenergy * Empresas aseguramiento técnico - Gestoría e interventoría - proyectos agroindustriales * Gobierno departamental: Gobernación, Alcaldía y Juntas de acción comunal 	<p>Key Activities</p> <ul style="list-style-type: none"> * Seguimiento a los acuerdos de calidad y volumen de entrega del agua con el Operador petrolero * Seguimiento a la calidad del agua de producción tratada en punto de entrega * Aseguramiento del cumplimiento de la normatividad ambiental * Seguimiento y aseguramiento de la operación del Distrito 	<p>Value Proposition</p> <ul style="list-style-type: none"> * Modelo Agroindustrial Ecoeficiente de distrito de riego con agua de producción petrolera a muy bajo costo. * Favorecer no solo a las comunidades aledañas al campo petrolero con una fuente de empleo diferente al ofrecido por el sector de hidrocarburos ocupando mano de obra a mediano y largo plazo e incorporando nuevas tierras agrícolas en el área, sino además, viabilizando un nuevo método de disposición de agua en el marco de la normatividad nacional vigente. 	<p>Customer Relationship</p> <ul style="list-style-type: none"> * Ser cabeza visible ante autoridades ambientales regionales, comunidades y gobierno departamental * Face to face * Cumplimiento de acuerdos y normatividad 	<p>Customer Segments</p> <ul style="list-style-type: none"> * Campos petroleros con altos cortes de agua de producción ubicados en el área de la altillanura y que requieran alternativas diferentes y de bajo costos para la disposición de agua * Empresas y operadores agroindustriales con necesidad de suministro de agua a bajo costo
<p>Cost Structure</p> <ul style="list-style-type: none"> * Monitoreo y aseguramiento del cumplimiento de las calidades de agua entregada para el distrito de riego * Inversión para el Distrito Agroindustrial: Adquisición de Tierras, Preparación de los suelos, tuberías de conducción del agua, sistema de riego, siembra y mantenimiento * Operación del distrito Agroindustrial: Personal, insumos agrícolas 			<p>Revenue Streams</p> <ul style="list-style-type: none"> * Ahorros por disponibilidad de agua a muy bajo costo para la operación del distrito agroindustrial * Pago por los socios comercializadores de la biomasa producida en el distrito de riego agroindustrial 	

Este modelo deja apreciar rápidamente de una forma esquemática la agregación de valor que se espera lograr de este negocio con los stakeholders, teniendo en cuenta las variables principales como lo son las actividades y recursos claves, la relación con los clientes, así como temáticas de costos y beneficios y la propuesta de valor con un componente eco-eficiente, social y ambiental.

9. PLAN DE TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO AGROINDUSTRIAL

A continuación se relaciona un plan de trabajo estimado para la planeación, construcción, puesta en marcha, operación y seguimiento de la alternativa seleccionada de Distrito Agroindustrial con Eucalipto en el área de los campos Rubiales, Quifa y Caño Sur:

Figura 10. Plan de Trabajo Distrito Agroindustrial con Eucalipto



El plan anterior concluye que, si el proyecto agroindustrial a gran escala, es decir, para recibir hasta 1,5 Millones de barriles de agua por día tratados del campo Rubiales, es presentado y aprobado por la Junta Directa de Ecopetrol a mediados del año 2015, el Distrito de Riego Agroindustrial con Eucalipto debe estar iniciando su operación en el primer trimestre del año 2018.

10. CONCLUSIONES

De acuerdo a los factores propios de los yacimientos ubicados en los campos Rubiales, Quifa y Caño Sur de la GRO, la extracción de agua asociadas a la producción de los campos petrolíferos tendrá un mayor volumen de acuerdo a los planes de desarrollos de dichos campos, y a partir de esto se deben identificar y desarrollar nuevas tecnologías y alternativas de reúso de ésta agua industrial con industrias como la agrícola, que viabilicen la producción de estos campos en el mediano y largo plazo y así mismo sean alternativas eco-eficientes y amigables con el entorno.

En este documento de Plan de Negocios se desarrolla la evaluación técnica y financiera de las alternativas para el aprovechamiento agroindustrial del agua de producción del campos Rubiales, por ser el campo que cuenta con la viabilidad ambiental para hacer este tipo de reúso, las cuales muestran y viabilizan una nueva alternativa de disposición de agua a muy bajo costo y generan sostenibilidad en la producción de dichos campos en el mediano y largo plazo.

Actualmente existe un interés nacional en buscar líneas de trabajo y desarrollo a través de proyectos agroindustriales especialmente en los llanos orientales, que lleven a la generación de trabajo, en zonas post-conflicto, para la garantía de no-repetición.

Las autoridades ambientales han identificado la necesidad de buscar mecanismos de manejo de agua que sean tecnológicamente adecuados y que divergen de mecanismos tradicionales de vertimiento o reinyección.

Se establecieron diferentes alternativas de desarrollo agroindustrial de las posibles especies a cultivar en la región analizada, entre las que se encuentran

Palma de aceite, Forestales-Eucalipto y Caña, todas estas con vocación de poder recibir más de un millón de barriles diarios de agua de producción tratada a muy bajo costo para la operación del campo de producción y poder generar un subproducto de estas especias para poder ser comercializado.

Por medio de herramientas y metodologías de análisis determinístico, se realizó una evaluación financiera por escenarios para cuantificar, teniendo en cuenta los riesgos identificados y valorados, en la cual se determinó se determinó que la alternativa con menor valor presente de costos, desde el punto de vista de operación del distrito de riego y desde el punto de vista de tarifa que pagaría la operación del campo de producción para su disposición del agua de producción, es la de desarrollar el Distrito Agroindustrial con cultivo de Eucalipto.

Implementando técnicas de análisis de decisiones bajo incertidumbre desarrollada por Ecopetrol, sumado al desarrollo de talleres de expertos, se logró identificar que la alternativa que generaba mayor valor agregado para el campo Rubiales y para el propio Distrito de Riego, bajo los criterios de menor riesgo, menor costos de operación y mayores beneficios financieros, es la opción del Distrito Agroindustrial con cultivo de Eucalipto, dejando una propuesta operativa, económica y organizacional para que esta alternativa pudiese llegar a volverse una realidad en Ecopetrol.

En este documento se incorporó el modelo CANVAS como una herramienta fácil y eficiente para la estructuración de planes de negocio, en donde se identifican rápidamente los factores y variables claves a tener en cuenta en cualquier nuevo proyecto a ser desarrollado.

El desarrollo de la alternativa seleccionada favorece no solo a las comunidades aledañas al campo petrolero con una fuente de empleo diferente al ofrecido por el sector de hidrocarburos ocupando mano de obra a mediano y largo plazo e incorporando nuevas tierras agrícolas en el área, sino además, viabilizando un

nuevo método de disposición de agua en el marco de la normatividad nacional vigente.

BIBLIOGRAFÍA

DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN NACIONAL – DNP, “Documento Conpes en Preparación Abril de 2012”

ALCALDÍA DE PUERTO GAITÁN, “Plan Prospectivo Agropecuario Puerto Gaitán 2020”. 2012.

VAN DER BRUGGEN, R. MILIS, C. VANDECASTEELE, P. BIELEN, E. VAN SAN, AND K. HUYSMAN, “Electrodialysis and nanofiltration of surface water for subsequent use as infiltration water.,” Water Res., vol. 37, no. 16, Sep. 2003.

CORPOICA. "Informe Técnico.," 2012.

ECOPETROL. Marco estratégico 2013-2020 Bogota. [en línea]. [citado 10 de junio de 2015] Disponible en: URL:http://www.ecopetrol.com.co/especiales/Reporte%20de%20sostenibilidad%202011/marco_estrategico_01.html.

ANEXOS

Anexo A. Equipo de Expertos Aprovechamiento Agroindustrial Ecopetrol-ICP

EQUIPO DE EXPERTOS APROVECHAMIENTO AGROINDUSTRIAL		
Nombre	Area Organizacional	Experticia
Jaime Leonardo Florez	Ecopetrol - Bioenergy	Lider en Aprovechamiento Agroindustrial
Ariel Uribe	Instituto Colombiano del Petróleo	Diversificación Energética
Marlon Serrano	Instituto Colombiano del Petróleo	Tecnologías de Tratamiento
Raul leonardo Triana	Instituto Colombiano del Petróleo	Tecnologías de Tratamiento
Carolina Kitchen	Unidad de Gestión Ambiental	Calidad del Agua
Yudy Pedreros	Unidad de Gestión Ambiental	Viabilidad Ambiental
Miguel Angel Vargas	Unidad de Gestión Inmobiliaria	Gestión Inmobiliaria
Juanita de la Hoz	Vicepresidencia Jurídica	Soporte Juridico Industria Petrolera
Leonel Vera	Dirección de Estrategia de Abastecimiento	Gestión de Compras y Contratación
Jorge Mantilla	Superintendencia de Yacimientos	Yacimientos Petrolíferos
Sergio Rojas	Gerencia Regional Oriente	Modelos Financieros
Corpoica	Ministerio de Agricultura	Conversion de Tierras, Diseño de campo y obras civiles de agro. Operación de Agro
Shell Global Solutions	Shell	Consultoria Externa