



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DOCTORADO EN CIENCIAS EN NEGOCIOS INTERNACIONALES

T E S I S

**“EVALUACIÓN INTERNACIONAL DE LA EFICIENCIA TÉCNICA
RELATIVA DEL BIODIESEL: Análisis para el caso de Costa Rica, España,
Estados Unidos y México”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN CIENCIAS EN NEGOCIOS
INTERNACIONALES**

PRESENTA:

M.C. Yéssica Yasmín Santos Equihua

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Irma Cristina Espitia Moreno

Agradecimientos



A Dios, por darme las fuerzas necesarias y salud. Además de toda su bondad y su infinito amor, para continuar mi recorrido, superando todos los obstáculos que se me presentaron a lo largo de esta trayectoria. Y sobre todo por la maravillosa familia que me ha concedido y de los seres queridos que hicieron de éste, mi recorrido más ligero...

¡Lo que he hecho, lo que hago y lo que haré no es posible sin ti!

Dedicatoria



Mi dedicatoria va dirigida a todas las personas que están en mi vida o que en algún determinado momento llegaron y dejaron huella en mí. Desde la persona que me alentó a alcanzar lo que creía ya no podía, hasta mis padres que mi vida me dieron: *Jesús y Cecilia*.

A mi asesora, la Dra. *Irma Cristina Espitia Moreno*, porque no solamente me guio en lo académico, sino que con el ejemplo de ser humano que ella es, me enseñó valores, disciplina, perseverancia, solidaridad y amistad que todo profesionista debe tener. Y sobre todo por tener la confianza plena de mis capacidades y desempeño académico.

Al Comité Sinodal, integrado por el *Dr. Mario*, el *Dr. José Carlos*, la *Dra Odette* y el *Dr. Jerjes*, que enriqueció mi trabajo con sus observaciones puntuales y acertadas en cada uno de mis avances.

Al *Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales* de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por permitirme ser parte de su programa Doctoral y a sus profesores. Así como al *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* por brindarme el soporte económico e intelectual para fortalecer mis conocimientos.

A mis hermanos cuñadas y sobrinos por el apoyo que siempre me han brindado con su impulso, fuerza y alegría que son parte de mi formación y mi vida: *Gena, Ale y Tito*.

A mis amigos que son muchos y siempre me alientan a seguir preparándome y me ayudan a ser una mejor persona. En especial a *Edith, M. de Jesús, Diana, Jorge, Gaby, Felix, Erica, Lupita, Marisol, Vladi, Paty, Tere, Angeles y Lilia*. Y a mis compañeros de estudio que me enseñaron y compartieron gratamente esta etapa de mi vida.

Por último y no menos importante a mi esposo *Abraham* por todo su amor, comprensión y cariño que todos los días me otorga, y hace que haya la fuerza para seguir luchando en este mundo, por la razón de nuestra existencia: *Carlos y Dany*.

ÍNDICE

<u>AGRADECIMIENTOS</u>	<u>B</u>
<u>DEDICATORIA</u>	<u>C</u>
<u>ÍNDICE</u>	<u>D</u>
<u>RELACIÓN DE TABLAS, FIGURAS, GRÁFICOS Y ECUACIONES</u>	<u>I</u>
<u>LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS</u>	<u>M</u>
<u>GLOSARIO DE TÉRMINOS</u>	<u>P</u>
<u>RESUMEN</u>	<u>1</u>
<u>ABSTRACT</u>	<u>2</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>3</u>
<u>CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL</u>	<u>4</u>
1.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR TRANSPORTE Y ENERGÍA ALTERNATIVAS	5
1.1.1 ENERGÍAS RENOVABLES, LA REFORMA ENERGÉTICA Y LOS CAMBIOS INSTITUCIONALES EN MÉXICO.....	9
1.1.2 DISCUSIÓN EN TORNO A LA REFORMA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO	12
1.2 TIPOS DE BIOMASA Y GENERACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES	13
1.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES DE ACUERDO A SU TECNOLOGÍA	15
1.3 EL BIODIESEL	17
1.3.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE DESECHOS COMO MATERIA PRIMA	18
1.4 CRECIMIENTO, DESARROLLO Y EXPECTATIVAS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES	18
1.5 EXPERIENCIA EN EMPRESAS PRODUCTORAS DE BIODIESEL A PARTIR DE DESECHOS	20
1.5.1 EXPERIENCIA EN ALGUNOS PAÍSES Y CIUDADES INTERNACIONALES.....	20
1.5.2 CANTIDAD DE DESECHO Y EMPRESAS RECOLECTORAS EN MÉXICO	26
1.6 ANÁLISIS DE LA OFERTA DE BIOCOMBUSTIBLES EN LOS PAÍSES DE ESTUDIO	28
1.7 ASPECTOS GENERALES EN TORNO A LA DISCUSIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES	29

1.7.1 ASPECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES	29
1.7.2 VIABILIDAD FINANCIERA DE PRODUCCIÓN: PROYECTO DE LA EMPRESA MORECO	33
1.7.3 BARRERAS AL RECICLAJE	34
1.7.4 COSTOS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES	34
1.7.5 FUENTES Y ACCESO A LA INFORMACIÓN ESTADÍSTICA	36
1.7.6 BARRERAS COMERCIALES	37
1.7.7 GRADO DE ACEPTACIÓN DE LA SOCIEDAD	38

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN **39**

2.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	40
2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	41
2.3 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	44
2.3.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	45
2.3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	49
2.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	49
2.4.1 PREGUNTA GENERAL	50
2.4.2 PREGUNTAS ESPECÍFICAS	50
2.5 OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	50
2.5.1 OBJETIVO GENERAL	51
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	51
2.6 JUSTIFICACIÓN	52
2.7 VIABILIDAD	53

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO **55**

3.1 ENFOQUE DEL DESARROLLO SUSTENTABLE	56
3.1.1 FACTORES DETERMINANTES DE LA SUSTENTABILIDAD Y DIMENSIONES	62
3.1.2 INDICADORES ENERGÉTICOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE	63
3.1.2.1 LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	65
3.1.2.2 LA DIMENSIÓN ECONÓMICA	66
3.1.2.3 LA DIMENSIÓN SOCIAL	67
3.1.2.4 LA DIMENSIÓN POLÍTICA	68
3.2 TEORÍAS Y APROXIMACIONES DE LA EFICIENCIA	69
3.2.1 ORÍGENES DEL CONCEPTO DE EFICIENCIA	71
3.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA	74
3.3 MODELOS CON APROXIMACIÓN NO PARAMÉTRICA	84
3.3.1 MODELO FREE DISPOSAL HULL (FDH)	84
3.3.2 EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)	85
3.3.3 EL MODELO BÁSICO DEA	90

3.4 DESARROLLO MATEMÁTICO DEL MODELO	92
3.4.1 MODELO DE RENDIMIENTOS CONSTANTES A ESCALA (RCE).....	92
3.4.2 MODELO DE RENDIMIENTOS VARIABLES DE ESCALA (RVE).....	99
3.5 MODELO DEA EN DIFERENTES ETAPAS	100
3.6 MÉTODO DE SELECCIÓN DE VARIABLES	109
3.6.1 MÉTODO DE SELECCIÓN CUANDO EL NÚMERO DE VARIABLES ES MUCHO MENOR QUE EL DE DMUS	113
3.7 IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA EN EL SECTOR DE LOS BIOCOMBUSTIBLES	114
3.8 MODELOS DEA APLICADOS A DIVERSOS CASOS	116
3.9 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	121
3.9.1 HIPÓTESIS GENERAL DE INVESTIGACIÓN	122
3.9.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS DE INVESTIGACIÓN	123
3.10 VARIABLES	123
 <u>CAPÍTULO IV. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO</u>	 <u>127</u>
 4.1 PROGRAMA A UTILIZAR	 128
4.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL, ESPACIAL Y SECTORIAL DE LA MUESTRA	129
4.3 SELECCIÓN DE LA TÉCNICA Y FORMA DE ESTUDIO	130
4.4 ESPECIFICACIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS	131
4.5 MANEJO Y OBTENCIÓN DE LAS VARIABLES	136
4.6 POLÍTICAS Y PROGRAMAS GUBERNAMENTALES	136
4.7 POLÍTICAS Y PROGRAMAS GUBERNAMENTALES DE IMPULSO EN LOS PAÍSES SELECCIONADOS	143
4.7.1 EN EUROPA.....	144
4.7.2 EN ESPAÑA	146
4.7.3 EN AMÉRICA.....	149
4.7.4 EN COSTA RICA	149
4.7.5 EN ESTADOS UNIDOS (EE UU).....	150
4.7.6 EN MÉXICO	152
4.8 ANÁLISIS DEL SISTEMA IMPOSITIVO	156
4.8.1 IMPUESTO A LA GASOLINA, EL DIESEL Y/O IMPUESTOS ESPECIALES	159
4.8.2 IMPUESTOS AMBIENTALES.....	160
4.9 ANÁLISIS DE LAS CERTIFICACIONES	166
4.9.1 IMPORTANCIA DE LAS CERTIFICACIONES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL	166
4.9.2 BENEFICIO DE OBTENER DE LAS CERTIFICACIONES.....	168
4.9.3 EFECTIVIDAD DE LA CERTIFICACIÓN	169
4.9.4 LAS CERTIFICACIONES POR TIPO DE EMPRESAS.....	170
4.9.5 TIPOS DE CERTIFICACIONES.....	170

4.9.6 CERTIFICACIONES POR REGIONES	173
4.9.7 CERTIFICACIONES EN MATERIA DE BIOCOMBUSTIBLES	176
4.9.8 BENEFICIOS PARA LA OBTENCIÓN Y/O ADAPTACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LAS CERTIFICACIONES EXPUESTAS.	197
4.9.9 LAS CERTIFICACIONES COMO ESTRATEGIA DE NEGOCIOS.....	198
4.9.10 PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE NEGOCIOS.....	203

CAPÍTULO V. RECOLECCION DE DATOS **213**

5.1 DATOS	213
5.1.1 DATOS GENERALES	213
5.1.2 INPUTS Y OUTPUTS.....	213
5.1.3 VARIABLES DE ENTORNO	214
5.1.4 FACTORES DE EFICIENCIA	214
5.1.5 NOTACIÓN DE LAS VARIABLES Y DE LOS DMUs.....	215
5.2 TIPOS DE EMPRESAS	216
	217

VI ANÁLISIS DE RESULTADOS **218**

6.1 ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS	219
6.2 CORRELACIONES DE VARIABLES	221
6.3 ANÁLISIS DE EFICIENCIA DEA (RCE Y RVE), PRIMERA ETAPA INCORPORANDO EMPLEADOS Y CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	226
6.3.1 SLACKS.....	231
6.3.2 WEIGHTS	232
6.3.3 IMPROVEMENTS	233
6.3.4 LAMBDA	235
6.4.- SEGUNDA ETAPA, RENDIMIENTOS CRECIENTES A ESCALA CON FACTORES DE EFICIENCIA	236
6.4.1 SLACKS.....	238
6.4.2 WEIGHTS	238
6.4.3 IMPROVEMENTS	239
6.4.4. LAMBDA	242
6.4.5 EFICIENCIA CON VARIABLES DE ENTORNO Y POR TIPO	243
6.5 RENDIMIENTOS CRECIENTES A ESCALA CON VARIABLES DE ENTORNO	247
6.5.1 SLACKS.....	249
6.5.2 WEIGHTS	250
6.5.3. IMPROVEMENTS	252
6.5.4 LAMBDA	253

6.5.5 EFICIENCIA CON INCORPORACIÓN DE VARIABLES DE ENTORNO POR TIPO.....	255
6.6 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE EFICIENCIA DE CADA ETAPA	258
6.7 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES EMPRESAS UTILIZADAS COMO BENCHMARKING	260
6.7.1 EMPRESAS ESPAÑOLAS PRODUCTORAS DE BIODIESEL	260
6.7.2 EMPRESAS NORTEAMERICANAS PRODUCTORAS DE BIODIESEL	264
6.7.3 EMPRESAS EN MÉXICO	274
 CONCLUSIONES	 277
 PROPUESTA Y RECOMENDACIONES	 284
 REFERENCIAS	 290
 PAGINAS DE INTERNET CONSULTADAS	 312
 ANEXOS	 315
 A.1 ANÁLISIS FINANCIERO DE EMPRESA MORECO	 316
A.1.1 DETERMINACIÓN DE LA INVERSIÓN NECESARIA.....	316
A.1.2 ESTRUCTURA DEL FINANCIAMIENTO (CRÉDITO DESARROLLO PYME BANAMEX)	317
A.1.3 PRESUPUESTO DE INGRESOS DEL NEGOCIO	318
A.1.4 REQUERIMIENTOS DE MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES AUXILIARES	319
A.1.5 PRESUPUESTO DE MATERIALES DE ENVASE, EMPAQUE Y EMBALAJE.....	320
A.1.6 PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA (PAGO DE SUELDOS Y SALARIOS).....	321
A.1.7 CÁLCULO DE LAS DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN	321
A.1.8 PAGO DE SUELDOS AL PERSONAL DE ADMINISTRACIÓN	322
A.1.9 GASTOS GENERALES DE LA ADMINISTRACIÓN.....	322
A.1.10 CAPITAL DEL TRABAJO	323
A.1.11 ESTADO DE RESULTADOS.....	324
A.1.12 FLUJO NETO DE EFECTIVO Y TASA DE RENTABILIDAD FINANCIERA.....	325
A.2 PROPUESTA DE CUESTIONARIO	326
A.3 INFORMACIÓN DE LAS EMPRESAS PROPUESTAS	330
A.3.1 DATOS GENERALES	331
A.3.2 INPUTS(RECURSOS HUMANOS, CAPACIDAD INSTALADA Y NIVEL DE PRODUCCIÓN)...	335
A.3.3 VARIABLE DE ENTORNO	339
A.3.4 FACTORES DE EFICIENCIA	348

Relación de Tablas, figuras, gráficos y ecuaciones

Lista de tablas

<i>Tabla 1. Ventajas y desventajas del uso de grasas animales y aceites vegetales</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2. Recolección de aceite y uso.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3. Recolección de aceite para la producción de biodiesel en Francia</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4. Recolección de residuos para la generación de biodiesel en Italia.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 5. Temas, subtemas e indicadores de la dimensión ambiental</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 6. Temas, subtemas e indicadores de la dimensión económica</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 7. Temas, subtemas e indicadores de la dimensión social.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 8. Análisis comparativo entre análisis de modelos paramétricos y no paramétricos</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 9. Ejemplo de eficiencia débil y eficiencia fuerte</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 10. Programas para uso de DEA de aplicación comercial</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 11. Programas para uso de DEA de aplicación no comercial</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 12. Empresas productoras de BAVGA.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla 13. Variables a considerar en el análisis de eficiencia de los biocombustibles.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 14. Contenido mínimo de biocombustibles</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 15. Líneas de acción para promover el desarrollo agroindustrial de los biocombustibles en México</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 16. Apoyo para el desarrollo sustentable de los biocombustibles.....</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 17. Análisis comparativo del impuesto a la gasolina, el diesel y/o impuestos especiales</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 18. Efectos positivos y negativos de los impuestos ambientales.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 19. Beneficios para la obtención o adaptación de las empresas mexicanas</i>	<i>197</i>
<i>Tabla 20. Notación de las variables empleadas.....</i>	<i>215</i>
<i>Tabla 21. Notación de las DMUs empleadas.....</i>	<i>216</i>

<i>Tabla 22. Estadísticas descriptivas</i>	<i>219</i>
<i>Tabla 23. Correlación entre empleados y nivel de producción</i>	<i>222</i>
<i>Tabla 24. Correlación entre nivel de producción y personal destinado a la investigación</i>	<i>222</i>
<i>Tabla 25. Correlación entre nivel de producción y capacidad de producción.....</i>	<i>223</i>
<i>Tabla 26. Correlación entre nivel de producción y precio de biodiesel</i>	<i>223</i>
<i>Tabla 27. Correlación entre nivel de producción y gama de productos.....</i>	<i>224</i>
<i>Tabla 28. Correlación entre nivel de producción y población municipal/ local</i>	<i>224</i>
<i>Tabla 29. Correlación entre nivel de producción y forma de comercialización</i>	<i>225</i>
<i>Tabla 30. Nivel de producción e impuesto al diesel.....</i>	<i>225</i>
<i>Tabla 31. Niveles de eficiencia con RCE y RVE, incorporando inputs y outputs.....</i>	<i>227</i>
<i>Tabla 32. Determinación de la eficiencia de escala</i>	<i>229</i>
<i>Tabla 33. Eficiencia técnica bajo rendimientos variables de escala</i>	<i>230</i>
<i>Tabla 34. Slacks o excesos de inputs.....</i>	<i>232</i>
<i>Tabla 35. Principales pesos de las variables</i>	<i>233</i>
<i>Tabla 36. Posibles mejoras</i>	<i>234</i>
<i>Tabla 37. Ejemplos a seguir</i>	<i>235</i>
<i>Tabla 38. Niveles de eficiencia incorporando factores de eficiencia</i>	<i>237</i>
<i>Tabla 39. Slacks o excesos de inputs.....</i>	<i>238</i>
<i>Tabla 40. Pesos de las variables</i>	<i>239</i>
<i>Tabla 41. Posibles mejoras en las variables.....</i>	<i>240</i>
<i>Tabla 42. Ejemplos a seguir</i>	<i>242</i>
<i>Tabla 43. Nivel de eficiencia incorporando gama de productos</i>	<i>243</i>
<i>Tabla 44. Nivel de eficiencia incorporando el destino de la producción</i>	<i>244</i>
<i>Tabla 45. Nivel de eficiencia incorporando la forma de la comercialización.....</i>	<i>245</i>
<i>Tabla 46. Nivel de eficiencia incorporando personal dedicado a la investigación.....</i>	<i>246</i>
<i>Tabla 47. Nivel de eficiencia incorporando precio del biodiesel</i>	<i>247</i>
<i>Tabla 48. Nivel de eficiencia con variables de entorno</i>	<i>249</i>
<i>Tabla 49. Slacks o excesos de inputs.....</i>	<i>250</i>
<i>Tabla 50. Principales pesos</i>	<i>251</i>
<i>Tabla 51. Posibles mejoras</i>	<i>252</i>
<i>Tabla 52. Ejemplos a seguir</i>	<i>254</i>

<i>Tabla 53. Nivel de eficiencia considerando precio del diesel.....</i>	<i>255</i>
<i>Tabla 54. Nivel de eficiencia con la variable población municipal/ local.....</i>	<i>256</i>
<i>Tabla 55. Nivel de eficiencia incorporando impuesto al diesel</i>	<i>257</i>
<i>Tabla 56. Estadísticas descriptivas</i>	<i>258</i>

Lista de figuras y gráfica

<i>Gráfica 1. Exportaciones e importaciones por tipo de energía 2001- 2006 (PJ).....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2. Esquema metodológico de la investigación</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3. Metas de mitigación a 2012 en el Programa Especial de Cambio Climático</i>	<i>47</i>
<i>Figura 4. Factores determinantes de la sustentabilidad.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 5. Caja de Edgeworth.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 6. Asignación eficiente en el sentido de Pareto.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 7. Eficiencia Técnica y Asignativa</i>	<i>76</i>
<i>Figura 8. Métodos de estimación de Eficiencia</i>	<i>78</i>
<i>Figura 9. Representación gráfica del modelo DEA- RCE y RVE</i>	<i>90</i>
<i>Figura 10. Eficiencia débil en DEA.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 11. Mapa de Plan de Energía Estratégica</i>	<i>156</i>
<i>Ilustración 12. Recaudación por impuestos ambientales como porcentaje del PIB en países seleccionados.....</i>	<i>163</i>
<i>Figura 13. Secuencia sugerida para la obtención/ creación de certificaciones en México</i>	<i>210</i>
<i>Ilustración 14. Niveles comparativos de eficiencia en cada etapa</i>	<i>259</i>

Lista de ecuaciones

<i>1. Eficiencia de costes</i>	<i>81</i>
<i>2. Eficiencia de Ingresos</i>	<i>82</i>

3. Eficiencia de Beneficios	83
4. Eficiencia Total Global	91
5. Modelo DEA- RCE, orientación output, forma fraccional.....	93
6. Modelo DEA- RCE, orientación output, programación lineal	93
7. Forma dual del modelo DEA- RCE.....	94
8. Variables de holgura	95
9. Forma dual del modelo DEA- RCE, maximización	95
10. Porcentaje de Contribución de la unidad eficiente a los valores objetivos output.....	97
11. Porcentaje de Contribución de la unidad eficiente a los valores objetivos input.....	97
12. Modelo DEA- RVE, orientación output fraccional	99
13. Modelo DEA- RVE rendimientos crecientes	99
14. Modelo DEA- RVE rendimientos constantes.....	99
15. Modelo DEA- RVE rendimientos decrecientes	99
16. Eficiencia en la primera etapa, inputs	108
17. Eficiencia en la primera etapa, inputs	108
18. Eficiencia en la segunda etapa, outputs.....	109
19. Eficiencia en la segunda etapa, inputs.....	109
20. Cálculo del número de expertos	111
21. Valoración de concordancia de expertos	112

Lista de Siglas y Abreviaturas

A

ADEME: Agencia Ambiental de la Matriz Energética (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie).

API: Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute)

ARS: Asociación de Residuos Sólidos

ASEA: Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos

AVU: Aceite vegetal usado

B

BAVyGAD: Biodiesel a partir de desechos de aceites vegetales y grasas animales

BM: Banco Mundial

C

CAP: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural

CAR/PL: Centro de Actividades Regionales para la Producción Limpia

CCOO: Comisiones Obreras

CDS: Comisión Sobre Desarrollo Sostenible

CEPAL: Comisión Económica para América Latina

CENER: Centro Nacional de Energías Renovables

CICC: Comisión Intersecretarial del Cambio Climático

CMMAD: Comisión Mundial para el Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas.

CNE: Comisión Nacional de Energía

CO₂: Dióxido de Carbono

CRA: Agencias de Renta de Canadá

D

DEA: Análisis envoltante de datos

DOE: Departamento de Energía de los Estados Unidos (US Department of Energy)

E

ECA: Acta de Limpieza Ambiental (Environmental Clean Act)

EGADE: Escuela de en Administración y Dirección de Empresas

EPA: Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency)

F

FDA: Alternative Fuel Data Center

FDH: Free Disposal Hull

G

GEI: Gases de efecto invernadero

GEREGRAS: Asociación Nacional de Gestores de Residuos de Aceites y Grasas Comestibles

H

HC: Hidrocarburos

I

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

IDEA: Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético

IDES: Índice de desarrollo energético sostenible

IFQC: Centro de Calidad Internacional de Combustible (International Fuel Quality Center)

IICA: Instituto Interamericano para la Cooperación de la Agricultura (Interamerican Institute for Cooperation on Agriculture)

IMCO: Instituto Mexicano para la competitividad

INEGI: Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática

ISCC: Certificación Internacional para la Sostenibilidad del Carbono (International Sustainability Carbon Certification)

L

LGEEPA: Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

N

NBB: National Biodiesel Board

NoH: Óxido de Nitrógeno

O

OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico

OIEA: Organismo Internacional de Energía Atómica

OLADE: Organización Latinoamericana de Energía

P

PANER: Plan Nacional de Energías Renovables

PECC: Programa Especial de Cambio Climático

PND: Plan Nacional de Desarrollo

PROFECO: Procuraduría Federal del Consumidor

PIB: Producto Interno Bruto

PSE: Programa Sectorial de Energía

R

RAUC: Residuo de aceite de cocina usado

RCE: Rendimientos constantes de escala

REE: Rendimientos de eficiencia de escala

RVE: Rendimientos variables de escala

S

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SENER: Secretaría de Energía

U

UNDESA: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Agrocombustible *m.* Biocombustible obtenido a partir de monocultivos, tales como soja, caña de azúcar, maíz, etc.” (Pistonesi, Nadal, Bravo, & Bouille, 2008, p. 8).

B

Biocombustibles *pl.* Son los combustibles renovables de origen biológico que incluyen a la leña, estiércol, biogas, biohidrógeno, bioalcohol, biomasa microbiana, desechos agrícolas, cultivos para combustibles, etc. (Pistonesi, Nadal, Bravo, & Bouille, 2008, p. 8).

Biocombustibles lignocelulosos *pl.* Son combustibles hechos de ciertas plantas materiales no usados para biocombustibles regulares. Los biocombustibles celulosos usan la celulosa encontradas en un amplio rango de plantas para hacer combustible mediante un proceso avanzado de refinería (Delshad, Raymond, Sawicki, & Wegener, 2011, p. 3118).

Biocombustibles líquidos o biocarburantes *pl.* Son utilizados como biocombustibles para automoción. Se clasifican en bioetanol y biodiesel (Castillo & Lozano, 2009, p.5).

Biocombustible sólido *m.* Es utilizado para fines térmicos (Castillo & Lozano, 2009, p. 5).

Biodiesel *m.* Es el producto resultante de la reacción química entre los ácidos grasos, principalmente de los aceites vegetales y alcoholes como el metanol o el etanol. El biodiesel se produce a partir de oleaginosas como raps, girasol, soja, o de árboles como la palma, el cocotero

o la jatrofa, y da una apariencia de aceite. Sus concentraciones son B100, que contiene 100% de Biodiesel y B2 que contiene 2 % de biodiesel. Y puede ser utilizado en automóviles o camiones de diésel (Montiel, 2010, p. 58).

Otra definición es la que se refiere a un combustible renovable para ingenierías diésel que es derivado de aceites vegetales o grasas animales (Dermibas, 2011, pp. 19).

Bioetanol m. Es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de azúcares presentes en los granos y plantas vegetales, tales como cereales, caña de azúcar y sorgo, el cual da apariencia de alcohol. Es disponible en dos formas E85 que contiene 85% de etanol y 15 % de gasolina y E10 que está compuesto por 10 de etanol y 90% de gasolina. Puede ser utilizado en vehículos de ingeniería de combustión flexible o de gasolina (Montiel, 2010, p. 58).

Biomasa o bioenergía f. La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica formada por vía biológica en un pasado inmediato, quedando fuera por tanto los combustibles fósiles; esa energía la podemos recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles (Heinimo, 2008, p. 703).

La biomasa comprende productos de origen vegetal, animal o microbiano. La mayor parte de esta bioenergía corresponde a biomasa primaria sólida (más del 90%). Sin embargo, estos pueden ser tanto sólidos como gaseosos o líquidos (Guerrero, 2010, p. 14).

Otra definición es proporcionada por la Junta de Andalucía y la define como la masa biológica, que comprende una variedad de tipos de combustibles que se obtienen directa o indirectamente de los recursos biológicos. Correspondiéndole a cada tipo una tecnología diferente para su obtención (Consejo de Agricultura y Pesca [CAP], 2008, p. 44).

Bioenergía sustentable f. Capacidad del desarrollo de la producción, distribución y uso de de biocombustibles que se mantiene para las futuras generaciones (Dale, y otros, 2011, p. 1039).

C

Ciclo de vida del producto m. Enfoque metodológico para la estimación de los impactos que se generan en el medio ambiente, en relación al ciclo de vida del sistema del producto (producto o servicio), el cual puede ser atributivo (descriptivo, retrospectivo) y de consecuencia (desde una prospectiva orientada al cambio) (Soimakallio & Koponen, p. 3505).

Contaminación f. Liberación de sustancias que de manera directa o indirecta causan efectos adversos en el medio ambiente y los seres vivos; la existencia en el medio de contaminantes o agentes tóxicos perjudican la vida, la salud y bienestar de los seres vivos (Martinez, 2012, p. 4).

Dependencia energética f. Es el porcentaje que supone la energía primaria importada sobre el total de energía primaria consumida. Es un indicador complementario del grado de autoabastecimiento energético, que se define como el porcentaje que supone la energía primaria autóctona sobre el total de la energía primaria consumida (Nebel y Wright, 1999).

D

Desarrollo sustentable m. Implica la necesidad presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones (Dale, y otros, 2011, p. 1039).

Otra manera de describirlo, es la que hace referencia a la dinámica de un sistema complejo que se compone de una multiplicidad de aspectos de difícil aprehensión (Pistonesi, 2008, p. 43).

DMU *f*. La Decision Making Unit, es una unidad homogénea de estudio, utilizada en el Análisis Envolvente de DEA. Obtenida a base de datos disponibles. Y que permite la construcción de una frontera de producción empírica (García & López, 2010).

E

Eficiencia *f*. La idea de eficiencia aplicada al ámbito económico, es anterior al mundo romano y puede remontarse a la Grecia clásica, donde se utiliza por primera vez el término economía (oikonomìa) para referirse a la administración eficiente de la hacienda o casa. Así, se puede decir que una entidad se comporta eficientemente cuando, con determinados recursos obtiene el máximo resultado posible (*eficiencia en inputs*); o, cuando se consigue alcanzar unos objetivos utilizando los recursos mínimos (*eficiencia en outputs*) (Fernández & Flores, 2005, p. 3).

F

Falla de mercado *f*. Ocurre cuando los recursos están mal asignados o se asignan de forma ineficiente. Ineficiencia implica que los recursos podrían ser colocados de otra manera haciendo que al menos una persona se centre mejor, sin empeorar al resto (Case, 1997, p. 312).

Función de producción *f*. Descripción en la firma de las relaciones insumo- producto (máxima producción posible correspondiente a una cantidad dada de factores) (Ruzzier, 2002, p. 5).

I

Impuesto ambiental *m*. Consiste en la fijación de una tasa impositiva sobre cierta cantidad o volumen de algún contaminante emitido a la atmósfera (Martínez, 2012, p.5).

M

Mercado *m*. Un mercado es una institución de cambio que sirve a la sociedad mediante la organización de la actividad económica. El mercado usa precios para comunicar los deseos y

limitantes de una sociedad difusa y diversa. El poder de un perfecto funcionamiento del mercado descansa en su proceso descentralizado. Pero para efectos ambientales, los mercados pueden fracasar en sus precios, y puede dejar de comunicarse con los deseos de la sociedad y restringirlos (Case, 1997, p. 74).

S

Sustentabilidad *f.* La sustentabilidad un sendero hacia la conservación y manejo de la escasez de recursos, incluyendo la tierra, el agua, los ecosistemas, el ambiente biológico y humano, las fuentes de recursos energéticos, la diversidad de especies. Pero en la actualidad, se ha demostrado que la humanidad no está actualmente usando los recursos energéticos de una manera sustentable (Dale, 2011, p. 1039).

Sustentabilidad de biomasa o bioenergética *f.* Es la capacidad de desarrollo de la producción, distribución y uso de biocombustibles, sin comprometer la disponibilidad para las futuras generaciones para conocer sus propias (Castillo & Lozano, 2009).

Otra definición de sustentabilidad bioenergética, es la capacidad del desarrollo de biocombustibles, producción y distribución y uso para continuar al mismo que mantiene las mismas opciones para las futuras generaciones (Castillo & Lozano, 2009).

O

Organismo genéticamente modificado *pl.* Involucra un método que hace posible a los científicos crear nuevas plantas o animales, al tomar genes de una planta o animal e insertándolas en otra planta o animal (Castillo & Lozano, 2009).

RESUMEN

A nivel internacional existen factores que han llevado a la búsqueda de energías alternativas, dentro de las cuales se encuentran los biocombustibles. En este contexto la presente investigación tiene como objetivo principal determinar el nivel de eficiencia técnica relativa de empresas productoras de *biodiesel a base de aceites vegetales y grasas animales* (BAVyGA) de México, en relación a los de Costa Rica, España y Estados Unidos (EE UU) incorporando variables de entrada, factores de eficiencia y variables de entorno, haciendo además uso del modelo *Data Envelopment Analysis* (DEA) como herramienta de análisis económico cuantitativo en tres etapas. La evaluación se realiza en 30 empresas durante el año 2014. Lo cual permite establecer decisiones en las áreas operativas para que las empresas mexicanas logren mayor nivel de eficiencia.

Los hallazgos principales en cada una de las etapas de la investigación, permite dar cumplimiento a los objetivos planteados. Dentro de la primera etapa, se observa una amplia variabilidad en cuanto al tamaño y operabilidad de las empresas; las empresas no se encuentran trabajando en escala óptima; además las empresas norteamericanas son en general consideradas como ejemplos salir, y; finalmente algunas empresas, fundamentalmente mexicanas y costarricenses mantienen excedentes en la capacidad de producción y el número de empleados. En la segunda etapa, se concluye que los factores de eficiencia elevan los niveles en la mayoría de las empresas, siendo los principales los canales de distribución y el personal de investigación principalmente en España. En la tercera etapa, se encuentra que las políticas y los apoyos gubernamentales son los principales factores que determinan el aumento de la eficiencia relativa, principalmente en las empresas norteamericanas.

Palabras clave: Biodiesel, Eficiencia, Factores de Eficiencia, Sustentabilidad, Variables ambientales.

ABSTRACT

At the international level, there are factors that have led to searches for alternative energy sources, biofuels are among these alternatives. In this context, this research objective is to determine the level of relative technical efficiency of companies producing vegetable oil and animal fat based biodiesel fuels (BAVyGA) in Mexico, in relation to Costa Rica, Spain and the United States and incorporating inputs, efficiency factors and environmental variables, also making also use of the model DEA model as a tool for quantitative economic analysis quantitative in three stages incorporating each of the variables mentioned before, at every phase. The evaluation was applied to the operations of 30 companies during the year 2014 and can guide decision-making in operational areas of Mexican companies to achieve higher efficiency levels.

The main finds, in each of the stages of the present analysis, which comply with each of the objectives are the following. Within the first one, there is a wide variability in the size and operability of the companies; in addition the American companies are in general those regarded as a benchmarks, some companies, mainly Mexican and Costa Rican maintained surpluses in production capacity and the number of employees. In the second one, it is concluded that the factors of efficiency improve raise the level of efficiency of most of the companies; the distribution channels, research and development staff heighten considerably their levels of efficiency, mainly in Spain. In the third one, it is found that the policies and the government support are the main factors that determine the increase in the relative efficiency, mainly in the North American companies.

Key words: Biodiesel, Efficiency, Factors of Efficiency, Environmental Variables, Sustainability.

INTRODUCCIÓN



Las constantes y marcadas fluctuaciones en el precio de los combustibles fósiles, la creciente preocupación por el medio ambiente y los compromisos adquiridos por los gobiernos a nivel internacional, han propiciado la búsqueda de fuentes alternativas de combustible. A nivel global se tiene el interés de reducir las emisiones de *dióxido de carbono* (CO₂) y la dependencia hacia los combustibles fósiles. Así como, de producir energía estable para el consumo nacional o para la exportación (Montiel, 2010, pp. 57- 58).

El sector transporte, es el consumidor de energía más grande y con la mayor tasa de crecimiento a nivel mundial. Entre 2000 y 2010 la tasa de motorización prácticamente se duplicó. Este contribuye con aproximadamente 15% de las emisiones globales *de gases de efecto invernadero* (GEI), y más del 70% de estas emisiones provienen de transporte por carretera. En América Latina, el transporte es el responsable del 21% de las emisiones GEI. En los próximos 25 años, el uso de gasolina y diésel se duplicará y con ellos las emisiones a menos de que sean tomadas medidas preventivas (Soimmakallio & Koponen, p. 3404).

Ante este panorama la utilización de biomasa para usos energéticos y en particular de biocombustibles, adquiere cada vez más interés. Actualmente, hay dos tipos de biocombustibles líquidos que pueden reemplazar parcialmente a la gasolina y el diesel: el bioetanol y el biodiesel (Demirbas, 2011, p. 18). En distintos países, el cultivo de productos agrícolas para este fin se ha

incrementado notablemente. “Latinoamérica tiene una amplia variedad de fuentes de energía renovable, con lo cual puede contribuir significativamente en las necesidades de la energía del mundo. Para la producción de biodiesel, la región tiene una combinación de importantes ventajas, tales como: buen suelo, clima favorable, costos de trabajo bajo, etc.” (Janssen & Rutz, 2011, p. 5817). Sin embargo hay que tener cuidado sobre su forma de obtención. Algunos tipos de cultivos como los residuos agrícolas, animales y forestales, son planteados como parte de la solución al problema, ya que a diferencia de los agro combustibles, no compiten con los alimentos, tienen bajo o nulo costo y además tienen un gran impacto social, económico y ambiental, mediante el desarrollo de empresas produzcan tanto para el consumo local, como para el mercado externo.

A nivel microeconómico, se ha producido un gran interés sobre el análisis de eficiencia para un grupo de unidades de decisión que gozan de la misma tecnología, con el fin de detectar posibles mejoras en la utilización de los recursos que permita incrementar la producción y con ello los flujos comerciales. Los procedimientos más utilizados con este fin son los que se basan en fronteras de producción (Pastor, 1995). Dentro de estos estudios se vienen desarrollando métodos de estimación de eficiencia incorporan factores externos al proceso de producción, las llamadas variables ambientales y factores de entorno y que son incontrolables para los responsables de las unidades de gestión (Palomares, 2012, p. 4).

En el presente análisis, el modelo DEA es utilizado para el logro del objetivo principal de la investigación, el cual es determinar el nivel de eficiencia técnica relativa de empresas productoras de BAVyGA de México, en relación a las de Costa Rica, España y Estados Unidos incorporando variables de entrada, factores de eficiencia y variables de entorno, haciendo uso del modelo DEA.

Se evalúan los niveles de eficiencia productiva, incluyendo variables de entorno y factores de eficiencia en 30 empresas productoras de biodiesel a base de grasas animales y aceites vegetales de éstos países para el 2014.

El análisis DEA, como herramienta de análisis económico cuantitativo, es válida y ampliamente utilizada para evaluar el desempeño de sectores y subsectores productivos, como lo es el subsector de biodiesel (López, J., Henao, S. & Morales, M., 2007, p.). Este análisis permite estudiar de manera integrada cada una de las variables incorporadas, para que con ello se establezcan propuestas que permitan determinar bajo qué condiciones deben de operar las empresas en México para que logre un alto nivel de eficiencia a nacional e internacional.

Para llevar a cabo la presente investigación, el estudio se divide en 5 capítulos. En el primer capítulo de la investigación se desarrolla ampliamente el contexto sobre el cual se desarrolla el sector de biodiesel, abordando en el los aspectos relevantes en el sector de transporte que hacen que el biodiesel sea tentativo para solucionar parte del problema económico- ambiental a nivel mundial. Así mismo se retoman los aspectos positivos y negativos para la producción de este combustible y cuáles son los problemas en los que se enfrenta el mismo.

En un segundo capítulo se describen los aspectos fundamentales de la investigación, retomando todas sus dimensiones, preguntas de investigación, objetivos, hipótesis, variables, justificación, viabilidad y aspectos metodológicos.

En el tercer capítulo se desarrolla el marco teórico de la investigación. En él se retoman básicamente las teorías del desarrollo sustentable y del enfoque de eficiencia. En el cuarto se

presentan el diseño, en ella se describen las variables y se incluyen por tanto las variables ambientales: políticas gubernamentales y el sistema impositivo en el que se desarrolla el sector energético de biodiesel en cada uno de los países seleccionados. Así como las certificaciones que incentivan y respaldan la producción del mismo.

En el penúltimo capítulo se muestran los resultados del análisis DEA, en el se muestran las empresas eficientes, así como las ineficientes y su nivel en el cual se encuentran cada una de ellas. Se hace referencia además en el benchmarking para poder realizar mejoras en las empresas ineficientes, se muestra cual es el peso de cada una de las variables. Así como aquellas variables que muestran cierta holgura y que son consideradas unidades innecesarias o que deben de ser utilizadas para obtener niveles de producción mayor. Finalmente, en el último se muestra las conclusiones y la propuesta para las empresas mexicanas de acuerdo al análisis obtenido. Así como algunas sugerencias para posibles investigaciones, que pueden mejorar o complementar el presente trabajo.



CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL



En el marco contextual, referencial o de antecedentes, se constituye el área temática o problemática de la cual se deriva el problema de investigación. En este mismo apartado se citan los comentarios críticos de algunos estudios, que establecen de manera clara y a la vez actualiza el estado del área temática analizada dentro de la cual el problema que se estudiará encuentra su sentido y su justificación.

En este capítulo se presenta siete apartados, en donde se describe el panorama general del sector biocombustibles. Primeramente se da a conocer lo que está sucediendo en torno a las energías alternativas en el sector transporte, cuál es el problema que está afrontando y cómo se da la elección para plantear a los biocombustibles como una solución a este. En el segundo se describe la biomasa, su evolución a nivel internacional, y que características presentan los desechos de grasas animales y aceites vegetales para que éstos sean más tentativos que el resto de los insumos. En el tercer apartado se hace referencia al biodiesel con sus características, ventajas y desventajas. En el cuarto se evalúa la experiencia en el mundo. En el quinto apartado se muestra el crecimiento y el desarrollo que muestra tanto el bioetanol como el biodiesel, y quienes son los principales productores. En el sexto se analiza la oferta de las empresas incluidas en el estudio. En el séptimo se presenta el análisis y discusión que se ha presentado en torno a diferentes temas relacionados a los biocombustibles, en el que se describe y se diferencia entre agrocombustibles y

biocombustibles basados en productos de desecho. También se presentan los resultados de viabilidad de un proyecto de inversión realizada a una empresa de la ciudad de Morelia. Finalmente se muestran algunos aspectos importantes para el desarrollo del sector, tales como la información estadística, las barreras comerciales y el grado de aceptación de la sociedad.

1.1 Situación actual del sector transporte y energía alternativas

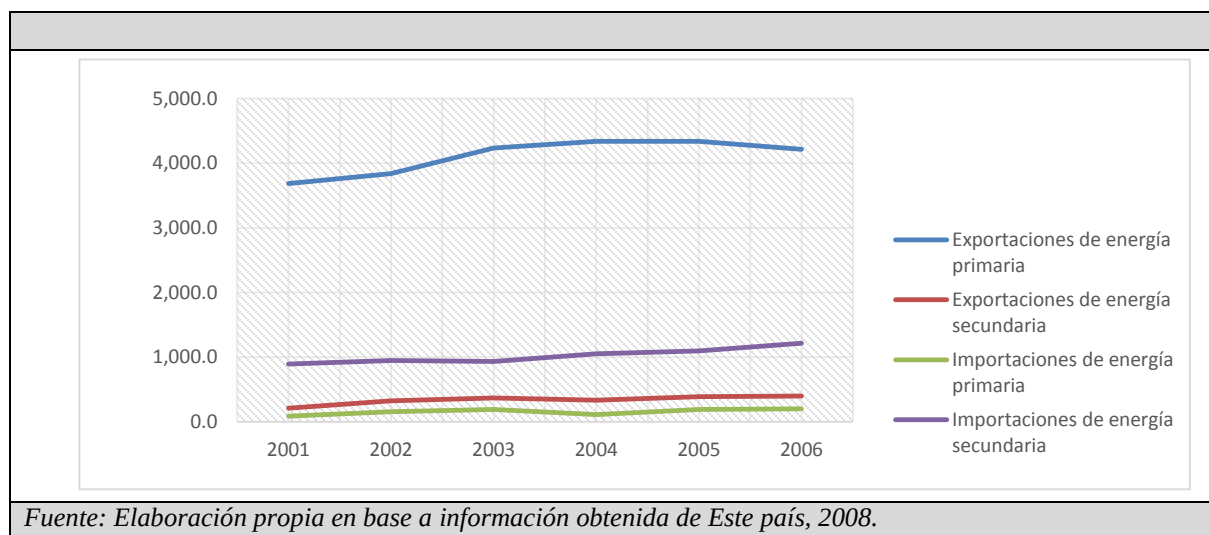
De acuerdo a la *Secretaría de Energía* ([SENER], 2013), en su informe “Prospectivas del sector eléctrico 2013- 2027 en México”, se menciona que el sector energético es uno de los sectores primordiales en cualquier economía, ya que de él depende el desarrollo de otros sectores. Así mismo, es esencial para la vida diaria del ser humano, y el desempeño económico tiene un efecto directo en la dinámica del consumo de energía (p. 9). La *Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural* ([CAP], 2008), menciona que en el plano conceptual la energía adquiere una gran relevancia desde distintos puntos de vista:

Desde el punto de vista *económico*, la disponibilidad o la carencia de recursos energéticos por parte de un determinado país, condiciona enormemente su economía, al afectar su nivel de riqueza y competitividad en el contexto mundial. Desde el punto de vista *social* su trascendencia no es menos evidente, pues el acceso de la población a este, condiciona su nivel y calidad de vida, provocando en nuestros días grandes desigualdades entre diferentes regiones del Planeta. Por último, desde el punto de vista *ambiental*, cualquier uso que se haga de la energía, sea éste eficiente o ineficiente, presenta siempre un impacto en la población humana, así como en los reinos vegetal y animal (p. 17).

En el caso de México la información detallada de la energía presenta un panorama general de la importancia que este juega en el ámbito interno. La *Fundación Este país* (2008) presenta lo siguiente:

México es un exportador de energía primaria, pero las importaciones de esta energía se han incrementado notablemente en los años recientes. En 2006, se exportaron 4,213.2 *Petajoules* (PJ) de energía primaria y se importaron 199.8 PJ de ese tipo de energía. Asimismo, entre 2001 y 2006 mientras las exportaciones de energía primaria crecieron 9%, las importaciones aumentaron 136.7%. Por otro lado, México es un país importador de energía secundaria, pero las exportaciones de este tipo de energía en años recientes se han incrementado en una mayor proporción que las importaciones. En 2006, se importaron 1,215.5 PJ de energía secundaria, que es energía primaria sujeta a algún tipo de transformación; en ese mismo año se exportaron 395 PJ de energía secundaria. Entre 2001 y 2006, las importaciones de energía secundaria aumentaron 36%, en tanto que las exportaciones crecieron en una proporción mayor: 91.1%.

Esta situación que presenta México en torno a las exportaciones e importaciones de energía, se presenta claramente en el siguiente gráfico:



Gráfica 1. Exportaciones e importaciones por tipo de energía 2001- 2006 (PJ)

Los datos presentados anteriormente son más importantes si se considera que México, como otros países emergentes, consume principalmente energía secundaria para satisfacer las crecientes demandas de la industria, transporte y el uso residencial y comercial, y que este se basa fundamentalmente en el consumo de petróleo como fuente principal de abastecimiento. De

acuerdo a las cifras presentadas por el *Instituto Nacional de Geografía e Informática* ([INEGI], 2012) “la energía destinada a la transformación va en aumento, principalmente la derivada del petróleo crudo¹, mientras que el volumen de extracción de éste ha venido en descenso²”. “El campo Cantarell es el más productivo, con una aportación de más de 50% de la producción nacional de petróleo crudo, pero desde hace un par de años este pozo ha iniciado su etapa de declinación” (Sánchez, 2013).

A nivel interno, se tiene un grave problema en cuanto abastecimiento, lo cual representa un gran reto tanto técnico como económico, así lo establece en su reporte anual la SENER:

Entre 2000 y 2004, la producción de petróleo se incrementó hasta llegar a su máximo nivel, y comenzó a declinar hasta alcanzar 2.5 millones de barriles diarios (MBD) en 2012, pese a que la inversión en actividades para exploración y producción de hidrocarburos (HC) se incrementó más de tres veces en los últimos doce años. Entre 2003 y 2012, a pesar de la mayor inversión en la historia, las reservas probadas de petróleo disminuyeron 31.2%, en tanto que en el mismo periodo las reservas probables disminuyeron en 27.2%, pasando de 16,965 millones de barriles equivalentes de crudo (MMbpce) a 12,353. En el mediano plazo, un aumento sostenido en la producción de hidrocarburos deberá respaldarse con una reposición continua de reservas superior al 100%, la diversificación del portafolio y el crecimiento de la producción en yacimientos de mayor complejidad. En cuanto a productos finales, México se ha convertido en importador neto de gasolinas, diesel, turbosina, gas natural, gas licuado de petróleo (L.P.) y petroquímicos; además, muchos de los sistemas de transporte de energéticos presentan signos de obsolescencia, capacidad insuficiente, problemas de integridad física y, en general, se cuenta con pocas rutas de transporte por medio de ductos que provean vías alternas de abastecimiento o que puedan expandirse hacia áreas del territorio nacional que hoy no se encuentran atendidas (SENER, 2013, p.4).

El sector transporte es considerado uno de los consumidores más importantes y con mayor tasa de crecimiento y con graves problemas en el mediano y largo plazo:

¹ Pasó de 3, 061 Petajoules en 2006 a 2, 727.66 en 2011.

² Aproximadamente 2.5 millones de barriles diarios.

...Entre 2000 y 2010 la tasa de motorización del sector transporte prácticamente se duplicó. Contribuye en aproximadamente un 15% de las emisiones globales GEI, y más del 70% de estas emisiones provienen de transporte por carretera. En América Latina, el transporte es el responsable del 21% de las emisiones GEI. En los próximos 25 años, el uso de gasolina y diésel se duplicará y con ellos las emisiones a menos de que sean tomadas medidas preventiva (Soimakallio & Koponen, 2011, p. 3404).

A nivel interno, el INEGI (2010) reporta un consumo de 2,283.080 que representa el 48.19% respecto al total del consumo de energía en el país (4,736.127), lo cual muestra también a nivel interno la importancia del sector transporte y la necesidad de generar un cambio en cuanto a la obtención, uso y regulación.

Martínez (2012), muestra en su investigación que en México la contaminación derivada del sector transporte en ciertas zonas del país es grave:

...La contaminación atmosférica aparece con más frecuencia en las zonas de alta densidad demográfica o industrial, donde los principales agentes contaminantes son las emisiones causadas por los vehículos, lo cual representa el 75% de las emisiones anuales de contaminantes en el país. El sector transporte es el principal responsable de la emisión de *Monóxido de Carbono* (CO), con un 95.5%, de *Óxido de Nitrógeno* (NO_x) con un 71.3% y de HC con 54.1%² (p. 4).

Adicionalmente a los retos en materia ambiental, México enfrenta elevados costos a la salud derivados de la generación y del mal uso de la energía. Lo cual lleva a generar mayores presiones en los diferentes actores de la política en México:

Los efectos del cambio climático representan un reto importante, lo que ocasionará mayores impactos en la salud y sobre diversos sectores económicos. Por ello, es necesario tomar acción pronta para reducir los riesgos asociados al cambio climático. Estos retos requieren una transformación en los patrones de producción y uso de energía a nivel nacional. Actualmente existe una meta de 30% de reducción de emisiones, con relación a la

línea base del 2020 del potencial de mitigación identificado, casi dos tercios se encuentran en el sector energético (SENER, 2013, p. 4).

1.1.1 Energías renovables, la reforma energética y los cambios institucionales en México

“Se proyecta que la bioenergía y en particular los biocombustibles jueguen un papel importante en el logro de las política de largo plazo en cuanto a la reducción de las emisiones de CO₂ y en la contribución del sostenimiento de oferta energética” (Bellarby, & Gill, 2010, p. 1935).

Ante esta posibilidad y oportunidades que este tipo de bioenergía presenta, también existen inquietudes en torno al proceso que conlleva la generación de los biocombustibles, tales como deforestación, aumento de materias agrícolas, ineficiencia ambiental en todo el ciclo de vida del producto, etc. Es así que gobiernos y distintos organismos internacionales hacen énfasis en la necesidad de establecer un cambio en cuanto a la obtención y utilización de los combustibles que garanticen un producto sustentable:

Gran parte del abastecimiento y utilización actual de la energía, es basada en recursos limitados de combustibles fósiles. Lo cual se considera ambientalmente insostenible. No existe producción de energía o tecnología de conversión sin riesgos o sin desechos. En algún punto de todas las cadenas de energía – desde la extracción del recurso hasta el suministro de los servicios energéticos – se producen o emiten contaminantes, a menudo con graves repercusiones para la salud y el medio ambiente (Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA], 2008, p. 1).

México ha comenzado a establecer cambios y estrategias para fortalecer su sector energético tanto en el ramo de la explotación petrolera de aguas profundas como en la diversificación de la matriz energética. EGADE (2014), menciona que “desde el 2008, en México ya existen mecanismos que han permitido el incipiente desarrollo de la industria, como son el despacho garantizado de la energía renovable, el netmetering, el banco de energía y el porteo tipo estampilla postal” (p. 22). La idea de transición energética nacional no es nueva, se encuentra en proceso pero a una

velocidad muy lenta y con enormes problemas y titubeos por parte del gobierno mexicano, lo cual queda plasmada en la transición energética nacional. Así lo manifiesta Dorantes (2008):

...Esta idea de transición energética, se basa en cambiar y diversificar el actual sistema energético, cuya oferta energética primaria está basada en hidrocarburos, hacia un sistema más diversificado, y con la participación de fuentes de energía renovables. Esta, no es una propuesta aislada, ya que las mismas empresas petroleras, como Schell prevén una mayor participación de fuentes renovables en el futuro, donde la solar, la eólica y la bioenergía tendrán una mayor participación (p. 20).

Dentro de esa estrategia se han creado los Centros Mexicanos en Innovación en Energía que buscan formar los recursos humanos especializados y fortalecer la investigación, los cuales surgieron con una coinversión pública-privada de 2 mil millones de pesos y están distribuidos de la siguiente manera: *Energía Geotérmica*, coordinada por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California; *Energía Solar*, liderada por Instituto de Energías Renovables de la UNAM, y; *Energía Eólica*, coordinada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas.

La misma iniciativa considera que es urgente la diversificación de las fuentes de energía. Dentro de los puntos principales de las Leyes Secundarias se encuentra un punto muy importante, que es la creación de Certificados de Energías Limpias. Ante este panorama se puede afirmar que aún falta mucho por hacer, ya que las energías renovables no se han implementado dentro de los planes y programas como una prioridad nacional, sino como parte complementaria y de manera muy generalizada. *La Escuela de Graduados en Administración y de Dirección de Empresas* ([EGADE], 2014), establece:

... Los avances han sido minúsculos, sobre todo si se comparan con el gran potencial de energías renovables que tiene México y con los avances que se han registrado en otros países, incluyendo a China, EE UU. y Brasil. Si bien incluyó al sector eléctrico, la Reforma Energética de 2013 ha puesto el acento en los hidrocarburos como la clave para lograr la competitividad económica y el bienestar de los mexicanos. El aumento de la disponibilidad de hidrocarburos es necesaria para lograr estos objetivos, pero no es suficiente para conseguir la seguridad energética y la competitividad en el largo plazo (EGADE, 2014, p. 3).

La misma escuela del Tecnológico de Monterrey, en su resumen ejecutivo sobre sostenibilidad, menciona que México se encuentra en un momento clave tanto en la redefinición de su política energética como en la consolidación de las medidas que ha adoptado para reducir sus emisiones GEI, particularmente con la implementación de la Ley de Cambio Climático, del 2012:

...A la par de los esfuerzos por disminuir la intensidad e ineficiencia energéticas, México necesita un sector energético diversificado, en el que las energías renovables sean un componente esencial para alcanzar la seguridad energética, mejorar la competitividad presente y futura del país y garantizar el bienestar de todos los mexicanos (p.7).

Con estos argumentos, se establece que las energías renovables en México enfrentan aún barreras tanto económico-financieras, como tecnológicas e institucionales, perdiéndose con ello la oportunidad para convertirlas en un motor de crecimiento económico, de bienestar social, de generación de empleos e impulso a la innovación y productividad del país. El investigador del *Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO)*, Quiroz (2014) nos menciona la necesidad de establecer reglas claras en torno a la Reforma energética y la protección al medio ambiente:

La reforma energética incluye entre los pendientes legislativos la adecuación del marco legal para la protección del medio ambiente y la creación de una *Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA)*, con un plazo de un año para realizar los cambios legales necesarios (artículos transitorios 17º, 18º y 19º). Como en otros temas de la reforma, estas iniciativas carecen todavía de diagnósticos y propuestas públicas que permitan discutir el alcance de los cambios y los

mecanismos para establecer la nueva agencia, sus funciones y responsabilidades, así como su coordinación con otras instituciones ya existentes. Este tipo de regulación tiene un impacto en las obligaciones financieras de los inversionistas, para promover el desarrollo sustentable y proporcionar certidumbre a los potenciales inversionistas (p. 52).

1.1.2 Discusión en torno a la reforma energética y energías renovables en México

El marco regulatorio del mercado de biocombustibles es fundamental en el desarrollo de cualquier país, ya que este fomentará o desalentará la producción de éstos de una manera sustentable. En México, pese a las propuestas e iniciativas para diversificar la matriz energética, se observa que las necesidades de producir estas fuentes de energía alternativa crecen a tasas mayores que la implementación y regulación de las políticas en esta materia. Las reformas que se establecieron en la legislación secundaria se encuentra fundamentalmente dirigida hacia los contratos para la extracción de productos energéticos derivados del petróleo y a los procesos y requerimientos implicados, como lo son: el derecho de tránsito de personas, de transporte, maquinaria, conducción del mismo, almacenamiento de materiales para la construcción, vehículos, entre otros. Además la reforma energética que posiblemente se dirija hacia el fin del monopolio de PEMEX, puede afectar positivamente a los precios de la gasolina y por tanto al uso desmedido y con mayor orientación a productos no sustentables y con ello se desaliente a los productos que si lo son, tal como los biocombustibles. Esto se ve claramente reflejado mediante la creación de la *Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos* (ASEA), que tiene como objetivos la protección de personas, al medio ambiente y las instalaciones del sector.

A diferencia de naciones, como las europeas y la norteamericana, los incentivos fiscales para la producción e inversión son insuficientes y avanza con deficiencias y sin propuestas claras de largo plazo. Además, México aún no ha establecido iniciativas firmes en cuanto a regulación y sanción de su procesamiento y uso. Es así que la regulación energética es restrictiva y el precio de las energías contaminantes es mucho más bajo para los combustibles fósiles que para las energías renovables. En cuanto a los consumidores, tampoco se ve con claridad la decisión del gobierno para transitar hacia un consumo de energías limpias. En el ámbito internacional, son numerosas las naciones que han implementado reglamentaciones para obligar al consumidor a utilizar nuevas fuentes de energías, tales como un consumo mínimo, uso de vehículos escolares y de gobierno que consumen este tipo de fuentes de energías. Así los actores de la política energética deben contemplar tanto el papel que juega el consumidor como el productor, de tal manera que establezca políticas y reglamentaciones claras y viables en apoyo a este tipo de energías sustentables.

1.2 Tipos de biomasa y generación de biocombustibles

Los recursos de biomasa o bioenergía incluyen cultivos dedicados a la energía, tales como la madera, los residuos industriales, agrícolas, animales y sus subproductos. “Esta es la cuarta fuente de energía en el mundo³. En el 2005 representó el 78% de la energía renovable” (Demiral *et al.*, 2011, p.1).

El concepto y uso de biomasa ha cambiado a través del tiempo. Heinimo (2008) & (Ericcson & Nilsson, 2004), mencionan que “la biomasa ha sido utilizada tradicionalmente en el área donde se

³ Cerca del 15 % del consumo mundial de energía y 38% del consumo de energía primaria en países en desarrollo.

produce. Sin embargo esta ha comenzado a cambiar a través de los años, debido a que se le ha dado un mayor uso industrial y con un mercado objetivo más internacional” (p. 703 & 205). La materia prima de la que se obtiene la biomasa se divide en: cultivos lignocelulosicos generadores de bioetanol y cultivos generadores de biodiesel, los cuales se describen en el siguiente apartado:

Cultivos lignocelulosicos generadores de bioetanol

Sus principales componentes son la celulosa y hemicelulosa, que se convierten en azúcar, y posteriormente se fermentan para obtener bioetanol. Carriquiry, Xiaodong, & Timilsina (2011), menciona que dentro de este tipo se pueden encontrar las siguientes categorías: *Productos y residuos agrícolas*, como el maíz, sorgo, arroz, trigo, etc., que presentan la ventaja de no necesitar tierra adicional; *Residuos forestales*, en los cuales los factores que restringen su uso son el costo de transporte, la recolección, etc.; *Cultivos de hierbas*, que tienen poca necesidad de agua y nutrientes. Aunque en invierno puede haber pérdidas en las zonas frías (p. 4323).

Cultivos generadores de biodiesel

Guerreo (2010), menciona como principales materias primas a la *Jatropha*, que es importante en muchas áreas tropicales y subtropicales; *Microalgas*, que tienen la capacidad de reproducirse en grandes cantidades, y; *Los desechos de grasas animales y aceites vegetales* que tienen costos bajos de producción, por su reducido costo de materia prima.

A la hora de elegir la materia prima con el cual se va a elaborar el biocombustible, es importante tomar en cuenta que la materia prima sea obtenida de manera sustentable, lo cual de acuerdo a Groom, Gray, & Townsend (2008) y a Annie (2006) depende de:

- Las prácticas del uso de la tierra donde se cultivarán y manejará la materia prima.

- Si es considerada como desechos o materia prima virgen.

Bajo estos requerimientos, se tiene que la materia prima analizada en la presente investigación es utilizada de manera sustentable.

1.2.1 Clasificación de los biocombustibles de acuerdo a su tecnología

De acuerdo a su tecnología los biocombustibles pueden ser clasificados en:

Biocombustibles de primera generación: La mayor parte de los insumos son de procedencia agrícola, por lo cual pueden llegar a denominarse agro biocombustibles. Con alto contenido de almidón, azúcares y aceites, tales como el jugo de la caña de azúcar, granos de maíz, jugo de remolacha, aceite de soya, aceite de palma, aceite de coco, entre otros. También se emplean las grasas animales, y aceites de desecho provenientes de la elaboración de alimentos y desperdicios sólidos orgánicos (Timilsina & Arshish, 2010).

Maciel (2009), describe a este tipo de biocombustibles de la siguiente manera:

...Son producidos empleando tecnología convencional como la fermentación (para azúcares y carbohidratos) para la obtención de etanol, metanol y n- butanol, transesterificación (para los aceites y grasas), y la digestión anaerobia (para los desperdicios orgánicos), que da como resultado el biogás (mezcla de metano y anhídrido carbónico). Las ventajas de estos biocombustibles son su facilidad de procesamiento y sus bajas emisiones de GEI (excepto en el caso del maíz), pero tiene como desventaja el desvío de recursos alimenticios hacia su producción (p.18).

Biocombustibles de segunda generación: Los insumos son la celulosa de residuos agrícolas y forestales. Ejemplos de ellos son el bagazo de la caña de azúcar, el rastrojo de maíz, la paja de trigo, el aserrín, y las ramas secas de árboles, etcétera (Berndes, 2009, pp. 228- 229).

Dermibas (2011), presenta la siguiente descripción para este tipo:

...los procesos de producción tienen una complejidad mayor que los de primera generación, y como ejemplos destacan la sacarificación-fermentación y el proceso Fischer-Tropsch. La ventaja que se tiene en la producción de estos biocombustibles es la inexistencia de desviaciones de alimentos provenientes de la agricultura, pero tienen el inconveniente de la poca disminución de las emisiones de GEI durante el procesamiento de los insumos provenientes de materia agrícola (p.18).

Algunos autores como Guerrero y Marrero (2010), mencionan que “los biocombustibles lignocelulósicos o de segunda generación tienen emisiones GEI relativamente bajas, lo cual es consecuencia de la utilización de prácticamente la totalidad de la planta vegetal, incluyendo lo que desde el punto de vista de los biocombustibles de primera generación son considerados residuos” (p. 35). Utilizar residuos implica que la ocupación de suelo es nula, al igual que las emisiones por uso de fertilizantes.

La transición futura a biocombustibles de segunda generación producidos con biomasa lignocelulósica, material de desecho u otras materias primas no alimentarias depende de diversos aspectos tanto internos como externos, así lo manifiesta la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico ([OCDE], 2011):

La transición futura de los biocombustibles hacia la segunda generación depende de los adelantos de la I & D durante los próximos años y de las inversiones que se hacen en la actualidad, así como de la continuación de los paquetes de políticas de biocombustibles que han estipulado mandatos ambiciosos para la producción de biocombustibles de segunda generación (p. 102).

Es importante incentivar la investigación e inversión en este tipo de biocombustibles mediante políticas gubernamentales, fundamentalmente hacia la captación de desechos y residuos que no tengan competencia con los agrocombustibles.

Biocombustibles de tercera generación: Los insumos son vegetales no alimenticios de crecimiento rápido y con una alta densidad energética, por lo que se denominan cultivos energéticos. Entre estos están los pastos perennes, árboles, plantas de crecimiento rápido, y las algas verdes y azules. Maciel (2009), realiza la siguiente descripción:

Los procesos de obtención de biocombustibles se encuentran en fase de desarrollo, sin embargo, se ha logrado producir biodiesel y etanol a nivel plantas pilotos. Las ventajas de estos son el secuestro de CO₂ para la producción de los insumos y un balance positivo en la emisión de GEI, pero su desventaja es la utilización de tierras de cultivo para sembrar los insumos, con excepción de las algas verdes (pp. 64- 65).

1.3 El Biodiesel

El biodiesel tiene propiedades químicas similares al diésel, por lo cual no requiere ninguna modificación en la ingeniería o en el equipo para habilitar su uso tanto en forma de mezcla como de sustituto total. Y puede ser obtenido de las siguientes fuentes: *aceite vegetal virgen* (soya, canola, aceite de palma, jatropha, etc); *grasas animales* (sebo, vísceras, aceites de pescados), y; *aceite de cocina usado y automotor* (Moreco, 2013).

“El biodiesel es producido en forma pura (100% biodiesel o B100), pero usualmente es mezclado con petrodiesel en niveles bajos, entre 2% (B2) Y 20% (B20) en los EU, pero en niveles superiores en otras partes, particularmente en Europa” (International Fuel Quality Center [IFQC], 2006).

1.3.1 Ventajas y desventajas del uso de desechos como materia prima

En el siguiente cuadro se presentan tanto las ventajas, como las desventajas de producir biodiesel a partir de desechos tanto de grasas animales y de aceites vegetales:

Tabla 1. Ventajas y desventajas del uso de grasas animales y aceites vegetales

Ventajas	Desventajas
❶ Bajo precio ❷ Reducción de problemas ambientales. ❸ Obtención de subproductos ❹ Reducción de plagas como cucarachas.	❶ Limitación en el mercado de la materia prima ❷ Deficiencia en la recolección. ❸ Baja legislación para la recolección.
<i>Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de Moreco (2014) y CAP (2008).</i>	

Como puede verse existen importantes ventajas. Sin embargo; hacen falta estímulos para llevar a cabo la producción en escala grande y un sistema de recolección estructurado. En México existe el grave problema de que no existe una capacidad ilimitada de recogida, ni un sistema de recolección estructurado. Tampoco existe una legislación que obligue tanto la recogida, como la donación del residuo, lo cual lleva a que la producción a base de esta materia prima sea baja.

1.4 Crecimiento, desarrollo y expectativas de los biocombustibles

Furtado (2009), nos menciona que “el mercado internacional de biocombustibles aún es reducido y destinado fundamentalmente al mercado interno” (p. 7). Esto a pesar de que, los flujos comerciales internacionales han crecido rápidamente en los últimos años”. En términos comparativos se tiene lo siguiente:

La producción del bioetanol es mucho mayor que la del biodiesel (94%), así como su comercio internacional. Sin embargo, el biodiesel ha crecido a tasas muy superiores, ya que el bioetanol se duplicó entre 2006-2010,

mientras que el biodiesel pasó de 3.9 billones de litros en 2005 a 18.1 billones en el 2010. El liderazgo en la producción, la encabezan Brasil y EU (Carriquiry *et al.*, 2011, p. 4222). En cuanto al comercio internacional, Brasil aporta cerca de la mitad de las exportaciones de etanol, obtenida mediante la caña de azúcar. Le sigue EE UU., a base de maíz. Y el tercero es China, con su producción a base de cereales (Aristegui, 2009).

De acuerdo al informe “*Perspectivas Agrícolas 2010-2019*” presentado por la OCDE- FAO (2010) se proyecta que los mercados de biocombustibles estarán influidos por los mandatos e incentivos de consumo en los países de todo el mundo; EE UU. y la UE, respectivamente, participarán de manera importante en los mercados del etanol y el biodiesel (p. 102).

A pesar del incremento en la demanda y en la producción, éstas aún se centran en determinados países y/o regiones:

Los principales mercados importadores de biocombustibles son los países desarrollados, que es donde se concentra la mayor parte del consumo mundial de derivados de petróleo del sector de transportes y donde se están tomando las medidas más claras para reducir las emisiones de GEI. Los congresos de muchos países, han promulgado un gran número de políticas públicas promoviendo los biocombustibles y fuentes alternativas de energía. (Delshad *et al.*, 2011). En Europa los grandes importadores son Dinamarca y Suecia, los cuales lo obtienen de Noruega, Canadá, Finlandia, los países Bálticos y Alemania (Ericsson & Nilsson, 2004, p. 205).

“Los países que están experimentando altos niveles de penetración como Brasil, EE UU., China, India, Malasia y Rusia, los países de Europa central y del Este tienen una producción sustancial de biomasa y un gran potencial exportador” (Timilsina & Shrestha, 2010, p. 5). En cuanto a su distribución geográfica, ésta se encuentra concentrada en Europa, Furtado (2009), establece que “un 90% de la producción mundial de biodiesel aproximadamente. Siendo Alemania responsable de prácticamente la mitad de la producción de la UE”. (p. 17). “El principal productor es Alemania (con una previsión de 2,68 millones de toneladas para 2006), seguido de Italia (857.000 toneladas), Francia (775, 000), Reino Unido (455.000) y España (224.000 toneladas previstas para este año)” (CAP, 2008, p. 84).

“En América Latina el mayor productor de biodiesel seguirá siendo Argentina, que representará cerca de 25% (3.2 mml) del total de biodiesel producido en las naciones en desarrollo y 8% de la producción mundial de biodiesel para 2020” (OCDE, 2011, p. 98).

En cuanto a las principales materias primas, la mayor parte es de agrocombustibles. De acuerdo a las cifras presentadas en el informe de la OCDE (2011), se observa lo siguiente:

Se espera que para 2020 más de 75% de la producción mundial de biodiesel provenga del aceite vegetal. El piñón de tempate (*jatrofa curcas*) deberá equivaler al 7% de la producción mundial de biodiesel en el mismo periodo. En los países desarrollados, la proporción del biodiesel basado en aceite vegetal en el total de biodiesel producido deberá disminuir de 85% en promedio durante el periodo 2008-2010 a 75% en 2020. El biodiesel producido a partir de fuentes no agrícolas como la grasa y el sebo, así como de desechos de aceite y subproductos de la producción de etanol, deberá representar cerca de 15% del total de biodiesel producido en el mundo desarrollado durante el periodo de proyección. Se anticipa que la producción de biodiesel de segunda generación crecerá en los países desarrollados a partir de 2018 y representará cerca del 10% del biodiesel mundial en 2020 (p.100).

1.5 Experiencia en empresas productoras de biodiesel a partir de desechos

A nivel mundial, los desechos como materia prima para la producción de biodiesel ha sido contemplada como una opción viable, por lo que existen programas privados de recolección en algunos casos muy estructurados, en donde las empresas se encuentran produciendo ya volúmenes considerables para el consumo doméstico o para exportación.

1.5.1 Experiencia en algunos países y ciudades internacionales

En el tema de recolección y procesamiento hay autores que muestran como ha avanzado en algunos países, particularmente Europa, pero también sus deficiencias.

❶ *En España.* En este país los *aceites vegetales usados* (AVUs) están regulados por la Ley 10/1998 de Residuos. La clasificación como residuos peligrosos se da según el Real Decreto 952/1997.

Tabla 2. Recolección de aceite y uso

Valorización Energética					
	Aceite recogido (t)	Regeneración ¹	Reciclaje ²	Electricidad	Calor
1996	119,831	23%	-	4%	73%
1997	134,646	21%	2%	12%	65%
1998	173,490	18%	2%	24%	56%
1 Regeneración: Producción de aceites base para fabricar nuevos aceites.					
2 Reciclaje: Fabricación de productos asfálticos a partir de parafinas de aceites usados.					
<i>Fuente: Centro de Actividades Regionales para la producción Limpia (CAR/PL), 2001, p. 17.</i>					

De los datos anteriores se desprende lo siguiente: Aumento de la cantidad de aceite recogido desde 1994 (250% en 5 años), e; Incremento de los tratamientos para la regeneración y producción eléctrica.

Existe entre 75,000 y 80,000 Tm. de aceite usado de las que no se conoce su destino final (CAR/PL, 2001, p. 17). Por su parte Hirtz (2010), menciona lo siguiente:

La recolección de *aceite vegetal usado* (AVU) es de manera muy peculiar, el gobierno se encarga de habilitar centros de acopio denominados puntos limpios a lo largo del país. Este servicio es gratuito para amas de casa y productores menores, pero hay límites en cuanto a las cantidades permitidas. La encargada de recoger este aceite es la *Asociación Nacional de Gestores de Residuos de Aceites y Grasas Comestibles*. En España, por provincia se recolectan anualmente entre 5,000 y 6,000 mil toneladas de AVU. Además se estima que por año existen alrededor de 200, 000 toneladas de aceite industrial usado.

Los orígenes del aceite recogido se reflejan en la tabla siguiente:

Tabla 3. Recolección de aceite para la producción de biodiesel en Francia

Actividad	Cantidad recogidas (t.)
Estaciones de servicio	7,200.00
Talleres mecánicos	74,294.00
Desguace de vehículos	2,443.00
Transporte por carretera	8,509.00
Industria	38,042.00
Marina	2,566.00
Agricultura	2,385.00
Aviación	274.00
Empresas eléctricas	2,725.00
Transporte por tren	1,947.00
Administraciones públicas	2,062.00
Ejército	1,066.00
Otros	41,259.00
Sub recolectores	4,186.00
Supermercados	7.00
TOTAL	188,965.00

Fuente: Centro de Actividades Regionales para la producción Limpia (CAR/PL), 2001, p. 16.

① *En Francia.* El organismo responsable del sector de los aceites usados es el ADEME, el cual menciona que en 1999 se recolectaron 247,700 Tm de aceites usados⁴.

① *En Italia:* A nivel nacional es un modelo exitoso donde el factor principal fue el desarrollo tecnológico donde la recolección muy localizada. Esta se realiza de la siguiente manera:

...los contenedores se proporcionan a cada hogar y se vacían en un centro de acopio estratégicamente localizado al centro de la colonia, o de un edificio. La recolección fue implantada con la cooperación de la administración local y los programas del gobierno. Los ciudadanos tienen buena participación y los volúmenes han aumentado. Existe el consorcio DP Lubricanti que se dedica a la supervisión de la recolección del aceite y está encargada de promover la separación, el precio y ajustes a la legislación, así como la sensibilización y proyectos educativos en conjunto a la universidad de Génova donde se les explica cómo se produce el biocombustible y se les permite correr autos de biocombustibles. La empresa trabaja con 30 mil toneladas anuales de AVU (Biosire, 2009). La recogida se realiza mediante 70 empresas, en contenedores pequeños y el almacenaje en contenedores especiales. Posteriormente se manda a los almacenes donde se toman muestras y se realizan análisis⁵. Con posterioridad a los análisis, el aceite usado se somete mayoritariamente a refinado o a combustión controlada (CAR/PL, 2001, p. 16).

⁴Que representa un 82 %.

⁵ Controlando los parámetros de densidad, contenido en agua, sedimentos, inflamabilidad, metales, plomo, cloro, flúor, sulfuros y cenizas

Tabla 4. Recolección de residuos para la generación de biodiesel en Italia

Actividad	Cantidad recogidas (t.)
Estaciones de servicio	7,200.
Talleres mecánicos	74,294.
Desguace de vehículos	2,443.
Transporte por carretera	8,509.
Industria	38,042.
Marina	2,566.
Agricultura	2,385.
Aviación	274.
Empresas eléctricas	2,725.
Transporte por tren	1,947.
Administraciones públicas	2,062.
Ejército	1,066.
Otros	41,259.
Sub recolectores	4,186.
TOTAL	188,965.

Fuente: Centro de Actividades Regionales para la producción Limpia (CAR/PL), 2001, p. 16.

❶ *En Madrid:* La Comunidad de Madrid recicla cada año más de 8,200 toneladas de aceites y grasas comestibles procedentes de empresas hoteleras o domicilios particulares. El aumento de puntos limpios donde colocar el aceite usado ha provocado un ascenso de recogida del 9.4% en los últimos 4 años. El sistema de gestión de residuos empieza con la entrega a instalaciones de gestión de residuos autorizadas o a puntos limpios. La cantidad de AVU recogido asciende anualmente a un total de 412 toneladas, correspondiendo al Ayuntamiento de Madrid 231 y 181 al resto de municipios. Su principal salida es la producción de biodiesel (CAR/PL, 2001).

❷ *Biodiesel U.S. Inc.* Es una organización sin fines de lucro que se encarga de recolectar y producir biocombustible, mediante el servicio de autobuses para transportar gente de forma gratuita, su flota de autobuses trabaja a base de biocombustibles, y cada autobús tiene un

contenedor donde cualquier persona puede depositar su aceite y al final de su ruta y del día va a la planta de producción para descargar estos contenedores. Este servicio es gratuito y los autobuses a su vez son rentados para publicidad. Procesa más de 40 toneladas AVU al mes, comercializando el biodiesel en islas de Hawaii (Biodiesel US. INC, 2013).

⑩ *Compost Montreal*: Ubicados en Canadá, es una compañía dedicada a recolectar basura orgánica y AVU. Para acceder al servicio se establece un pago dependiendo de la calidad del aceite, si es de mala calidad el cliente tiene que pagar por el servicio, pero si es de buena calidad la empresa paga, ya sea en efectivo o con servicios gratuitos de recolección de basura orgánica (Compost Montreal, 2013).

⑪ *Enerkem*: Localizada en la provincia de Alberta en Canadá, se encuentra en producción de aproximadamente 40 millones de litros anuales de biocombustibles a partir de desechos (Ventura, 2013).

⑫ *Ecogras*: Empresa Colombiana que recolecta AVU de cocinas de casas habitación y pequeños productores. Además ofrecen un solidificador de grasas que se utiliza después de freír la comida, para poder tirarlo en una bolsa a la basura o guardarlo para su recolección, que se encarga de la producción de biocombustible. En 2011 recogió más de un millón de litros de aceite usado, el 75% en hoteles y restaurantes y el 25% en el sector doméstico, pese a que el 70% del consumo del aceite de cocina se produce en este último (Ecogras, 2013).

⑬ *ELIN biofuels operations manager*: En Grecia, es una empresa que se dedica a la recolección de AVU y producción de Biodiesel, mediante centros de acopio y recolección a domicilio en caso de ser empresas, pero no ha tenido buenos resultados, ya que la población tiene una falta de

conciencia. Los volúmenes de aceite recogidos son bajos comparados con la cantidad de aceite utilizado en la alimentación de la población, ellos asumen que se debe a los procedimientos ineficientes de separación en la cocina, además que tienen dificultades en el marco legal, y costosos permisos para la elaboración de Biodiesel (Biosire, 2009).

① *Loud grade produce squad*: Ubicados en Chile y Haití, producen el biocombustible en la Universidad Loyola de manera gratuita y este aporte puede descontar el valor de los impuestos como donación. También existe la opción de devolver la cantidad de residuos en biocombustible. Además, dan asesorías gratuitas y colaboración para establecer un laboratorio propio para producir biocombustible, recolectando 7 800 litros de aceite por mes (Loud Grade Produce Squad, 2013).

① *Plan Bio*: Localizada en Buenos Aires, Argentina. Cuenta con un programa que consiste en diferentes centros de acopio localizados en puntos estratégicos, para uso exclusivo de amas de casa y para los productores de grandes cantidades de AVU, donde se colocan tambos dentro del mismo negocio. La empresa privada es la encargada de recoger el AVU así mismo le paga al municipio por la cantidad de aceite recogido, de estas ganancias, el municipio destinará el 100% para rehabilitación de un hospital municipal. Esta misma empresa es encargada de proveer los tambos, del transporte y la logística. A partir de su implementación en 2009 en 20 distritos de la provincia de Buenos Aires, ya se recuperaron 53 mil litros de AVU (Asociación para el Estudio de Residuos Sólidos [ARS], 2013).

① *Palma de Mallorca*: El procedimiento de recolección en España y en Mallorca se ha mejorado. Actualmente el servicio es gratuito y con dispositivos de succión y filtración integrados en los

camiones de recogida para establecimientos y hogares. Compalsa Home también tiene dos puntos de recogida situados en los principales centros comerciales de Palma y se distribuyen gratuitamente embudos que se atornillan a las botellas para su vertido y filtrado. La producción está a cargo de la Asociación Nacional de Gestores de Residuos de Aceites y Grasas Comestibles (GEREGRAS), tratando 27 mil toneladas de AVU al año (Biosire, 2009).

❶ *Sanimax*: Se encuentra en EE UU. La recolección del AVU lo realiza en restaurantes, hoteles, y casas habitación (Sanimax, 2013).

❷ *Uptown Oil*: es una empresa encargada de tratar todo el ciclo del aceite en restaurantes. Ellos suministran el aceite y lo reciclan, además de que imparten cursos sobre el tratamiento y uso del aceite. En cuanto a la zona residencial, seleccionan detenidamente donde lo recogen, no dando servicio a cocinas asiáticas donde mezclan los aceites vegetales con animales. El biocombustible se produce en su planta y se vende a los taxis negros. Esta empresa recolecta alrededor de 36 mil litros de aceite por semana (Biosire, 2009).

1.5.2 Cantidad de desecho y empresas recolectoras en México

Actualmente el residuo de aceite doméstico que se genera es de aproximadamente de 6 litros por habitante al año, aunque hay zonas en las que por sus hábitos de consumo, esta cifra puede llegar a 12 litros. Se ha comprobado que un solo litro de aceite contamina mil litros de agua. Esto resulta que una persona contamina solo con residuos de aceite 6,000 litros de agua por año. De acuerdo al estudio realizado por la Procuraduría Federal del Consumidor ([PROFECO], 2013) y el INEGI (2013), se muestra lo siguiente:

En México se tiene que dentro de una familia de 4 integrantes consumen alrededor de un litro mensual de aceite embotellado. Siendo el consumo per cápita de 2 cucharadas o (31 ml diarios) (ANIAME, 2008). “En este consumo, la comida absorbe de un 15 a un 35 % dependiendo del tipo de alimento, y el restante es desechado, resultando un gran contaminante” (PROFECO, 2013). En cuanto al número de habitantes existentes en México, para el censo de población y vivienda del año 2010, se registró una población de 112,336,538, lo que equivale a una acumulación promedio de 674,019,228 litros mensuales de aceite de desecho. Con lo cual se podrían obtener 640, 318, 226.6 litros de biodiesel por mes únicamente por concepto AVU, con lo cual se puede observar el potencial para producir este biocombustible a partir de desechos de grasas animales y aceites vegetales (INEGI, 2013).

Los establecimientos de comida, presentan un gran potencial para abastecer de AVU. A nivel nacional, el INEGI reportó que “de cada diez establecimientos comerciales uno es de comida, contando con cerca de 353,210 establecimientos de preparación de alimentos” (Moreno *et al*, 2010, p. 896).

A nivel nacional existen programas de recolección de AVU, entre ellos:

❶ *Bioil*: En Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Tabasco, Yucatán, Chiapas y Oaxaca se realizan la recolección de AVU en restaurantes y hoteles. En Campeche se recolectan 4,440 litros al mes, de los cuales 2,290 litros son de la capital. En Veracruz se recabaron 400 mil litros de AVU al año, mientras que en Yucatán, alrededor de 5,000 (Bioil, 2013).

❷ *Biofuels*: Para los productores de cantidades menores existen puntos de acopio en las principales tiendas y centros comerciales. La empresa tiene presencia en 18 ciudades de la República (BIOFUELS, 2013). Además participó en el plan de vuelo hacia los biocombustibles sustentables y sostenibles, donde, entregó 10,800 litros de AVU para producir bioturbosina (Hirtz, 2010).

① *Gobierno de Chiapas*. En 2009 se implementó el proyecto de recolección de AVU como estrategia de fortalecimiento y sustentabilidad a la plataforma productiva de biocombustibles instalada. En los años 2010- 2011 se logró recolectar cerca de 500 mil litros de AVU, los cuales permitieron una reducción promedio de cerca del 45% del costo total de producción de biodiesel, en comparación con el aceite crudo de palma. El producto es consumido por los sistemas de transporte de Tuxtla Gutiérrez y Tapachula (Moreno *et al*, 2012, p. 1).

① *Reoil*: Empresa mexicanas y europea, que se dedica a la recolección de AVU en México, Toluca y Playa del Carmen, el cual es comprado a un peso el litro y después enviado a la UE para la fabricación de Biodiesel. Tiene la experiencia de más de 20 años en el reciclado de aceites vegetales y la vinculación con los principales productores de biodiesel de la Unión y los EE UU. La empresa cuenta con dos tipos de abastecedores de materia prima: *Los grandes generadores*: que abarca el residuo que proviene de la industria de alimentos preparados, banquetes, hoteles, restaurantes y en general a toda actividad comercial o productiva, y; *Los pequeños generadores*: que surge de la necesidad de atajar el residuo de los hogares, que representa un poco menos del 50% del consumo total de aceite vegetal en el país (Reoil, 2014).

1.6 Análisis de la oferta de biocmbustibles en los países de estudio

Dentro de las empresas propuestas en el universo de estudio, se realizó un análisis basándose en la producción que se genera entre ellas. También se retomó como comparativo al Camión GVW de 6.5 toneladas. Primeramente se analizó la producción de biodiesel de las tres empresas productoras en México, las cuales producen 49,166,667 litros al mes. Y basándose en que este camión presenta un rendimiento de 4.5 km/l diesel y a una velocidad promedio de 90 km/hr. Se

concluye que con un promedio de 15 hrs de trabajo, la producción que estas empresas alcanza para poner en marcha a 728,395 camiones cada mes. Hablando en términos de promedios, la producción nacional se encuentra muy por debajo del promedio de todas las empresas contempladas en el estudio, ya que en el caso de Estados Unidos las empresas producen 1,303,400,000,000 lo que implica tener el potencial para poner en movimiento 1,787,928,669 camiones con las diecisiete empresas que son incorporadas en el análisis. Y en el caso de España, las ocho empresas pueden hacerlo en 550, 556,927 camiones. En términos promedios se tiene que en el caso de Mexico cada empresa pondría a trabajar a 242,775, Estados Unidos 105,172, 274.67 y en el caso de España 68,819,615.91. Sin embargo hay que aclarar, que las empresas mexicanas productoras de biodiesel a partir de desechos, se encuentran trabajando fuertemente en programas de concientización para la donación de los mismos, con la finalidad de contribuir con el medio ambiente.

1.7 Aspectos generales en torno a la discusión de los biocombustibles

Como fue mencionado anteriormente, la generación de biocombustibles presentan aspectos favorables, pero también presentan algunas deficiencias y limitantes que es importante mencionar en este apartado.

1.7.1 Aspectos positivos y negativos para la producción de biocombustibles

Algunos investigadores están preocupados sobre el efecto real de los biocombustibles en el medio ambiente. Autores como Gardner & Tyner (2007) señalan que estos se encuentran en constante discusión, puesto que algunos los ven como parte de la solución al problema, mientras que otros

lo ven como creadores del problema. Estudiosos como Montiel (2010), Ogg (2009) y Groom *et al.*, (2008), muestran que los biocombustibles, bajo el esquema de agrocombustibles, pueden emitir hasta más GEI que los combustibles fósiles⁶. Esta preocupación se resume de la siguiente manera:

- Su producción ha inducido a la deforestación (Banse, Meijl, & Tabeau, 2010). Algunos cultivos como el aceite de palma y la *Jatropha*, puede conducir a la degradación de la tierra, propiciando a la deforestación y evitando que se trate de realizar la reconversión productiva de esas tierras. Aunque en lugares como el Amazonas, el 70% de la deforestación se liga a la expansión del ganado (German, Schoneveld, & Pacheco, 2011).
- Los agrocombustibles han provocado una mayor contaminación del agua, por sustancias como el nitrógeno y fósforo⁷ (Early & Mc Keown, 2009).
- La expansión de esta industria basada en alimentos básicos ha generado una inflación a nivel mundial⁸ (Carey, 2010). Aun cuando algunos autores mencionan que el precio de las mercancías agrícolas representan una porción menor respecto al costo total de los alimentos y menor parte de la economía (Carriquiry *et al.*, 2011). A pesar de estas afirmaciones, se dieron fuertes críticas y presiones sobre los rápidos incrementos entre 2008- 2009 se presentaron en países con niveles menores de ingreso como México, mediante una serie de discusiones en torno a las políticas acerca de la seguridad y las razones por las cuáles se presentaron dichos incrementos⁹ (Jassen & Damian, 2011)

⁶ Si se usan cultivos con bajo rendimiento, energía fósil en la producción, transportación, fertilizantes y se cultiva en áreas forestales.

⁷ Además la producción de un galón de agrocombustible requiere 3.4 galones de agua. El requerimiento de agua para la producción anual de 2.6 billones de galones agrocombustibles se puede abastecer a 70, 000 norteamericanos durante todo el año.+

⁸ Entre 2002- 2006 los precios del maíz se elevaron 72%, los del aceite de semillas 44%, los del azúcar 27%, y los del trigo 22%.

⁹ Se estima que a comienzos de 1990, aproximadamente 500 millones de hectáreas degradadas fueron destinadas a la agricultura en el mundo. Siendo 100 millones las que se encontraban en Latinoamérica, 100 millones en Asia y 300 en África.

- ⦿ Incrementos en el precio de la gasolina puede conducir a reducciones en el producto agrícola¹⁰ (Fabiosa *et al.*, 2010).
- ⦿ Se tiene dificultad al producir a gran escala (Gardner & Tyner, 2007).
- ⦿ La modificación genética que puedan dañar otros ecosistemas y afectar la salud humana (German *et al.*, 2011).
- ⦿ Existen aún problemas de logística y comercialización (Lankoski, 2010).
- ⦿ El costo es un obstáculo a la comercialización¹¹ (Rosseau, 2007).
- ⦿ El balance energético entre la energía contenida en el combustible y la energía necesaria para fabricarlo en algunos cultivos (Infante, 2010).
- ⦿ Uno de los problemas más frecuentes en el campo de las energías renovables es la adaptabilidad de dichas energías a la vida cotidiana, ya que la transición hacia este tipo de energías acarrea costos frecuentemente insuperables (CAP, 2008, p. 17).

Es importante en torno a este tema, establecer organismos que regulen y certifiquen que los biocombustibles no afecten las tierras, no compitan con los alimentos ni tengan efectos nocivos para la salud. Así mismo es importante incentivar y mejorar los canales para llevar a cabo la producción y la distribución de los mismos y reducir con ello también los costos.

Después de analizar los efectos negativos, también es importante resaltar los factores positivos de implementar este tipo de biocombustibles:

¹⁰ Si se eleva 50% en el 2020, el producto agrícola cae 1.5%, debido a las desviaciones hacia la producción.

¹¹ El precio de barril de bioetanol es competitivo con el petróleo a 70 dólares en el caso de los Estados Unidos y la UE, mientras que en Brasil es de 40 dólares debido al clima favorable.

- ⦿ Permite el acceso a fuentes de energía como aspecto fundamental para el crecimiento económico y desarrollo humano¹². (Conferencia de Naciones Unidas para el Comercio y Desarrollo ([UNCTAD], 2006, pp. 15).
- ⦿ Permite crear empleos, aumento de ingreso y estabilización de precios de cultivos agrícolas (Bell, Silalertruksa, & Gheewala, 2010).
- ⦿ Contribuyen al desarrollo rural y a la reducción de la dependencia externa del petróleo (Delshad *et al.* 2011).
- ⦿ Son biodegradables (CAP, 2008).
- ⦿ Son un instrumento para mitigar el cambio climático y las preocupaciones de seguridad energética (Timilsina & Mevel, 2011).
- ⦿ No son tóxicos, carcinógenos o alergénicos (CAP, 2008).
- ⦿ Algunos tipos de desechos son aprovechados de una manera sustentable y se les da un valor agregado (Wiens, Farghione, & Hill, 2010, pp. 1090).
- ⦿ Es muy estable durante su almacenamiento (CAP, 2008).

Como puede observarse, son diversos los autores que presentan a los biocombustibles como una opción sustentable. En el informe de la UNCTAD se presenta que estos tienen la capacidad de reducir la pobreza energética, ya que: Influye en el acceso a mejores servicios sociales¹³; Tienen incidencia directa en las actividades productivas; La utilización de biomasa tradicional provoca riesgos en la salud¹⁴; El acceso a fuentes de energía modernas favorecen la igualdad de género; En los últimos tres decenios se ha establecido relación entre servicios energéticos y reducción de la pobreza (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo [UNCTAD], 2006).

¹² Se calcula que 1,600 millones de personas no tienen acceso a la energía moderna y que entre 2,500 y 3,000 millones de personas dependen de la biomasa tradicional para satisfacer la mayor parte de sus necesidades de energía.

¹³ Como el saneamiento, los servicios médicos, las telecomunicaciones y la educación.

¹⁴ Debido a la emisión de contaminantes y utilización ineficiente de recursos, por el tiempo invertido en la recolección y tala de bosques.

1.7.2 Viabilidad financiera de producción: proyecto de la empresa MORECO

Se realizó un análisis basado en la producción de una empresa “MORECO”, la cual opera en la ciudad de Morelia, Michoacán, México. La producción de esta empresa es baja, comparada con la observada en empresas de España y EE UU.. La empresa recolecta de manera gratuita aceites vegetales y grasas animales usadas para su posterior conversión a biodiesel. La recolección se realiza en establecimientos de comida, restaurantes, hoteles, instituciones educativas y de gobierno (un total de 95 para finales del 2012 y cada periodo con mayor expansión). Otorgándoles la empresa un documento que avala su contribución al medio ambiente. Estas últimas han mostrado un gran interés hacia la aportación de los desechos, para que estos sean aprovechados de una manera sustentable, por lo que se han generado altas tasa de crecimiento. Además se realizan constantemente pláticas de concientización en empresas, instituciones de gobierno y educativas y con ello se eleva el número de entidades aportadoras de desechos.

La evaluación fue realizada, como una manera de responder a las inquietudes que investigadores hacen presentes, sobre la viabilidad financiera de ésta en el corto y mediano plazo. Los resultados muestran la viabilidad para llevar a cabo este tipo de proyectos en la región. El Valor Actual Neto, que resulta de descontarles a los flujos de caja, una tasa de interés que podríamos haber obtenido, es decir actualizando los ingresos futuros a la fecha actual, fue de \$5, 708, 564. Esta estimación fue realizada en base a los ingresos de la empresa durante cinco años. Se concluyó que el proyecto es rentable ya que el VAN es superior a cero. Lo que, significa que se recupera la inversión inicial y se obtiene más capital que si se pusiera a renta fija. En cuanto a la Tasa Interna de Retorno, que es el tipo de interés en el que el VAN se hace cero, determina que este es un proyecto empresarial

rentable, que supone un retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado, ya que es de 60.37%.

1.7.3 Barreras al reciclaje

Al analizar las empresas que trabajan con este tipo de residuos, se observó que existen diferentes factores que ocasionan una baja tasa de regeneración de AVU, principalmente económicas. Otro impedimento es la gran desconfianza del mercado hacia los productos regenerados o reciclados puesto que existen escasos documentos o instituciones que avalen la calidad y/ eficiencia en el uso del mismo. Otra causa es que muchos de los consumidores no están conscientes del peligro potencial que genera depositar de forma inapropiada el aceite usado.

1.7.4 Costos de los biocombustibles

Los costos económicos de los cultivos de biomasa y el mantenimiento de las plantas son importantes consideraciones para los productores y los hacedores de política, especialmente durante los años iniciales, cuando la productividad de las empresas es baja, y la logística y cada uno de los aspectos necesarios para llevar a cabo su producción, distribución y venta es deficiente. “El costo de los cultivos es el mayor rubro en la producción de biocombustibles, y van de 37% en el caso del etanol de Brasil, a 40-50% para el mismo biocombustible en los de EE UU.” (Coyle, 2007).

El costo de producción del biodiesel por su parte tiende a variar de acuerdo a la materia prima con la que se elabora, el proceso de conversión, la escala de producción y la región. Así lo muestran diversos autores. “La mayor parte del biodiesel es elaborado mediante la soya, palma y colza. Sin

embargo existen grandes cantidades de aceites y grasas de residuo que pueden generar biodiesel a bajo costo” (Demirbas, 2011).

Carriquiry, Xiaodong & Timilsina (2011), mencionan que:

El costo de producir biodiesel a partir de residuos oscila entre los 19 y los 84 dólares por tonelada, dependiendo de diversos factores como el tipo de cultivo, las distancias, las facilidades de conversión, el manejo, los costos de oportunidad, etc. Esto es, de las condiciones locales de cada empresa (p.226).

Autores como Guerrero & Marrero (2010) manejan costos más altos y variados:

...Frente a otros tipos de fuentes de energía renovable cuyo recurso es de libre acceso (sol, viento, etc.), y con la excepción de los residuos, el coste de la biomasa suele representar entre el 50% y el 90% del coste de producción de la bioenergía. Así, de forma general se suele tomar el rango 3 dólares por galón como límite superior de costes de energía de la biomasa si se quiere lograr una fuerte expansión de este tipo de producción en todos los sectores. Por otro lado, la utilización de residuos de la biomasa para otros fines, como alimento de animales, puede aumentar el valor del producto y disminuir el coste de producción energética (p. 41).

De acuerdo a lo presentado por Timilsina & Shrestha (2010):

El biocombustible obtenido a partir de aceite de palma se encuentra alrededor de los \$ 0.70 por litro, mientras que el obtenido a partir de soya se encuentra entre los \$ 0.70 y el \$ 1.0. En el caso del biodiesel a partir de aceite cocinado se encuentra entre los \$0.21 y los 0.42 por litro. Sin embargo de acuerdo a los datos presentados en el IEA (2006), se prevé que los costos descieran en un 30% en los EU y la UE entre el año 2005- 2030 (p. 14).

Por otro lado “los precios de los cultivos aumentan los niveles e incentivos de la producción de materia prima, principalmente agrícolas”¹⁵ (Findlater K. & Kandlikar, 2011). En la investigación de Dermont (2009), se encontró que el sector de los biocombustibles se expande y eleva la mayoría de las mercancías agrícolas mediante ajustes de la demanda. Pero con la eliminación de apoyos al sector, tales como el crédito a los impuestos, este sector se contrae.

Sin embargo, en el caso de los biocombustibles basados en desechos de grasas animales y aceites vegetales. Este es un aspecto favorable a considerar, ya que su costo es prácticamente nulo considerando, únicamente los costos que se generan por la recolección y transportación. Así como los gastos generados para la concientización de la ciudadanía, con la finalidad de seguir incrementando los volúmenes de materia prima. En torno a este tema, la producción de biocombustibles a base de desechos de grasas animales y aceites vegetales es una opción viable, ya que los costos de recolección, cuando se crean rutas y puntos estratégicos es baja, y reduce considerablemente los costos totales de producción, siempre y cuando existan los medios y un buen plan de concientización a la sociedad.

1.7.5 Fuentes y acceso a la información estadística

El rápido desarrollo del mercado de biomasa, así como la débil información acerca del comercio de biocombustibles, ha sido un incentivo para la elaboración de numerosas publicaciones sobre estudios en este tema” (Heinimo, 2008, p. 702). Van Dam (2011), menciona que “de acuerdo a estimaciones realizadas demuestran que la mayoría de los modelos existentes tienen escasez de componentes necesarios y datos para contabilizar la producción de biocombustible a esta escala”.

¹⁵ Periodos con buenas condiciones climáticas favorecen las ganancias de los agricultores. Lo que motiva a los a aplicar mas fertilizantes, pero estos son una de las mayores fuente de contaminación en ríos y atmosfera.

La dificultad para determinar los volúmenes exactos de producción y transacción de biocombustibles se da por dos razones principales:

- ❶ Mucha de la materia prima es comercializada con fines materiales, pero terminan en la producción de energía (Hertel & Beckman, 2011).
- ❷ La mayoría de las industrias son de reciente creación, lo que ocasiona que se tenga deficiencia en cuanto a su contabilidad (Heinimo, 2008).

Por esta razón los distintos actores deben sumar esfuerzos para cambiar la dinámica de recolección, procesamiento y disponibilidad de datos. Siendo éste un reto para los investigadores.

1.7.6 Barreras comerciales

“No existe un régimen comercial comprehensivo que se aplique a los biocombustibles. Lo que hace que las dos clases más relevantes de biocombustibles no compiten en un mismo plano y por consiguiente sean comerciados bajo regímenes diferentes dentro de la *Organización Mundial de Comercio* (OMC)”¹⁶ (Aristegui, 2009, p. 124). Esto mismo es mencionado en la investigación de Duffey (2006) & Furtado (2009), expresado de la siguiente manera:

Los biocombustibles como el biodiesel se clasifican como productos industriales y están sujetos a las reglas generales del comercio internacional bajo la OMC¹⁷. El bioetanol y los cultivos energéticos, por otra parte, están cubiertos por el Acuerdo en Agricultura de la misma organización¹⁸, productos que siempre se han visto protegidos con barreras arancelarias en los países desarrollados. Estas barreras afectan la producción y el comercio de estos y pueden amenazar el potencial para los países en desarrollo de beneficiarse del comercio internacional. Además, las barreras arancelarias son mucho más efectivas para el etanol que para el biodiesel. Este último llega al mercado Europeo (que es el mayor del mundo), sin tener que pagar tarifas, ya sea en

¹⁶ Mientras el etanol encuentra su marco de acción fundamentalmente bajo el Acuerdo sobre Agricultura, el biodiesel se encuentra sujeto al Acuerdo sobre Subvenciones y Medidas Compensatorias.

¹⁷ Caen dentro del capítulo 38.

¹⁸ Este cae dentro del capítulo 22 del Sistema Armonizado de la OMA.

granos o en forma de aceite vegetal, como un bien industrial y tiene que pagar una tasa de 6.5% ad valorem. Ya según sea el perfil arancelario mundial de la UNCTAD, la comunidad europea cobra una tarifa media de 5.8% sobre aceites, gorduras y oleaginosas.

1.7.7 Grado de aceptación de la sociedad

La aceptación de la sociedad juega un papel muy importante en el desarrollo del mercado de biocombustibles, el cual puede variar, dependiendo de la cultura de la gente, el tipo de biocombustible, y la forma de obtención. De acuerdo a estudios realizados, se señala que:

- ❶ Cerca del 40% de los encuestados no apoyan los biocombustibles (German *et al.*, 2011).
- ❷ El apoyo varían ampliamente según la tecnología y el cultivo¹⁹(Delshad *et al.*, 2011).
- ❸ El apoyo que se da a los biocombustibles de segunda generación van ligados con la reciente atención hacia la alza de los precios del maíz (Dauvergne & Neville, 2011).



¹⁹ Se prefiriere fuertemente los biocombustibles producidos de cultivos alternativos al maíz, el pasto y los cultivos genéticamente modificados. Existe reserva en el uso de árboles.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN



Antes de realizar una investigación, es de suma importancia determinar el problema de investigación. “Al establecer el planteamiento de la investigación y sus elementos (preguntas, objetivos, variables, delimitación, justificación y viabilidad), se proveen las directrices y los componentes fundamentales de la investigación” (Hernández, Collado, & Baptista, 2010). Además, son claves para entender los resultados. Mismos que son susceptibles de mejorarse durante el desarrollo de la investigación.

De acuerdo a Sierra (2007) “en la determinación del problema y sus elementos, el proceso que se debe de seguir es una cuestión de hallazgo y discernimiento del problema de interés, de visión y agudeza intuitiva del investigador, en la que no existen reglas fijas”. Aunque si existen propuestas y reglas genéricas en cuanto al tiempo y a la manera de proceder para facilitar su hallazgo, según las distintas situaciones. Razón por la cual al tomar en cuenta lo establecido por Hernández *et al.* (2010), Sierra (2007), Briones (2007), Tamayo y Tamayo (2003) y Kerlinger (1983) se procede a elaborar los aspectos de la investigación.

En este capítulo se describe brevemente los aspectos fundamentales de la investigación. Se parte del método, se continúa con el diseño metodológico de la investigación, posteriormente se establecen los antecedentes que llevan a realizar el presente estudio, hasta llegar al planteamiento

del problema. Después se establecen las preguntas y los objetivos de la investigación, las cuales permiten centrarse en la idea de lo que la investigación pretende alcanzar y mismos que se presentan también la matriz de congruencia dentro de los anexos. Posteriormente se muestra la justificación por la cual se cree que un estudio de eficiencia en el biodiesel obtenido de desechos de grasas animales y aceites vegetales es importante, y; finalmente se establece su delimitación temporal y espacial. Para ello se realiza una revisión inicial de la literatura, que es completada en cada etapa de estudio. El tema de investigación de acuerdo a lo establecido por Sierra (2007), encuadra dentro de las siguientes características: *Monográfica*, en cuanto presenta un mayor interés científico. Con estudio más riguroso y profundo de un tema concreto “El biodiesel”; *Actual*, ya que se centra en el periodo reciente de producción de biodiesel; *De ciencia básica*, puesto que requiere una preparación teórica sólida; *Metodológica*, porque pretende ayudar a resolver alguna cuestión mediante técnicas e instrumentos de investigación científica.

2.1 Método de Investigación

“Existen cuatro métodos generales del conocimiento” (Kerlinger & Lee, 2002, p. 4). Los cuáles se enumeran a continuación: *Método de tenacidad*, en el que las personas, sostienen firmemente la verdad, la cual asume como cierta debido a su apego a ella; *Método de autoridad*, que acepta como válidas las creencias establecida, lo cual está respaldado por el prestigio, la tradición o la sanción pública; *Método a priori*, que se basa en que las proposiciones aceptadas son evidentes por sí mismas. Su validez se basa en que concuerdan con la razón y no necesariamente con la experiencia; *El método científico*: en el cual se verifica y comprueba el conocimiento científico, y los investigadores probarán hipótesis alternas posibles.

Según Tamayo y Tamayo (2003), “el método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y de observación empírica”. Agrega además, que es un conjunto de procedimientos por los cuáles se plantean los problemas y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo. De acuerdo a Sierra (2007), éste mantiene un carácter complejo que presenta los siguientes rasgos: *Tiene como origen y como fin su aspecto teórico*, ya que su punto de partida es una teoría previa o un conjunto racional y sistemático de ideas. Se refiere a su fin, porque la puesta en práctica del método debe concretarse en nuevos principios que reformen, completen o confirmen las teorías iniciales; *Debe partir, además de la duda científica*; *Establece un problema- hipotético*, el cual se basa en los problemas de la realidad y en adelantar las conjeturas o soluciones probables; *Establece razonamientos deductivos e inductivos a la vez*; *Es autocrítica y circular* ya que se corrige a sí misma y hay una interacción entre la experiencia y la teoría (pp. 31- 34) .

Con lo anteriormente señalado, se cumple en el presente análisis con las características esenciales para considerarse una investigación de tipo científica.

2.2 Diseño de la investigación

Son cuatro los alcances que puede tener una investigación, y son presentados por Hernández *et al* (2010) de la siguiente manera:

El primero es el estudio *de alcance exploratorio*, que se realiza cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado. El segundo es el estudio *de alcance descriptivo*, el cual busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno. El tercero, es el estudio *de alcance correlacional*,

que asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. El cuarto, es el estudio *de alcance explicativo*, que pretende establecer las causas de los eventos, suceso o fenómenos que se estudian (p. 78). La definición del alcance de una investigación depende fundamentalmente del estado de conocimiento del tema de investigación y también, de la perspectiva que se pretenda dar. El alcance de estudio de la presente investigación es exploratorio, correlacional, debido a que el estudio de los biocombustibles a base de desechos de grasas animales y aceites vegetales es poco conocido, y correlacional porque establece relación entre dos o mas variables (p. 83).

“El diseño de la investigación tiene como propósito responder a las preguntas de investigación y cumplir con los objetivos de la investigación, por lo que deben tomarse en cuenta los factores referentes a su origen y entorno” (Briones, 2006). Para Hernández *et al* (2010), el diseño está concebido cuidadosamente para que el producto final tenga mayores posibilidades de éxito para generar conocimiento:

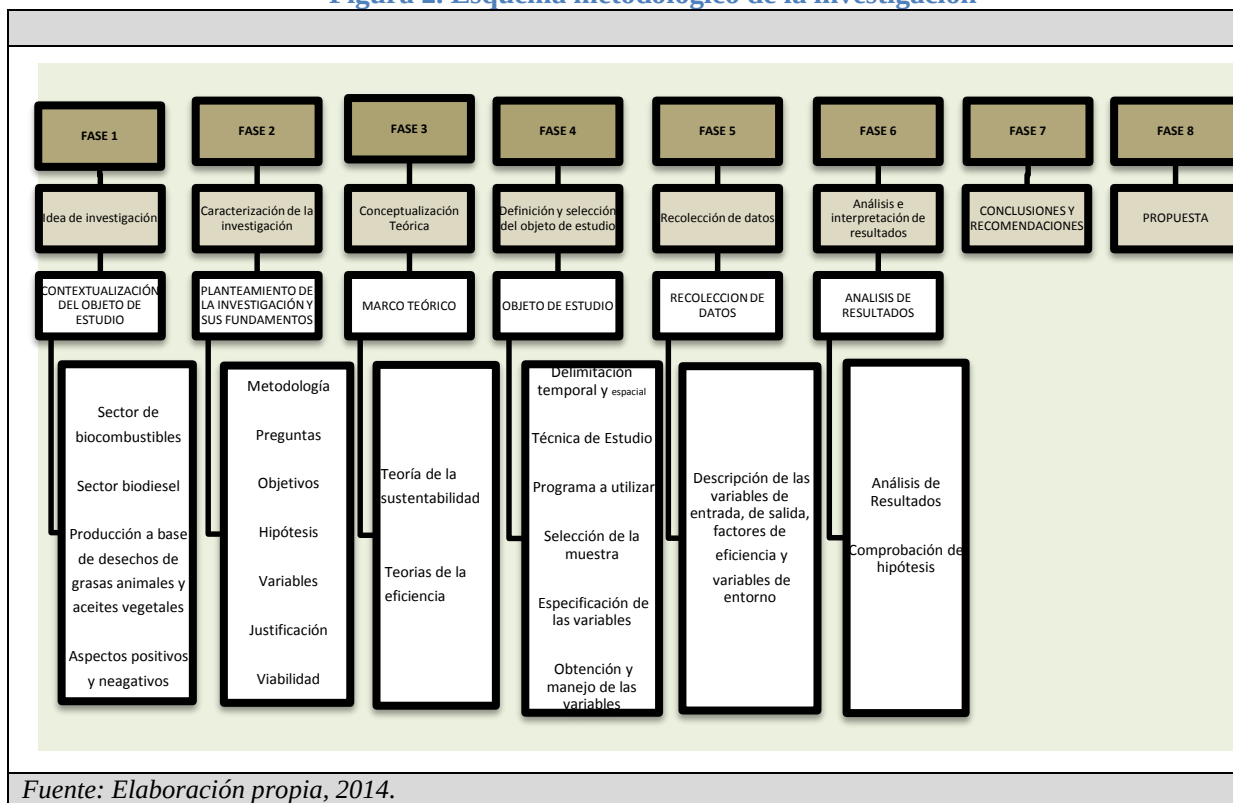
La parte del diseño es fundamental en la investigación, porque es el plan para dar respuesta a la pregunta de investigación. Dentro de los tipos de investigación, se tienen los de tipo *cualitativo* (recolección de datos sin revisión numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación) y *cuantitativo* (que establecen la recolección de datos para probar hipótesis en base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías). Siendo este último en el que se sitúa la presente investigación.

La investigación cuantitativa a su vez se divide en *Investigación experimental*, que como lo menciona Hernández *et al.* (2010) “se refiere a elegir o realizar una acción y después observar las consecuencias. En ella se manipulan intencionalmente las variables independientes”. Y *la investigación no experimental*, que de acuerdo a Kerlinger & Lee (2002) “es un tipo de investigación sistemática en la que el investigador no tiene control sobre las variables independientes porque son intrínsecamente manipulables”. Hernández *et al.* (2010), señala que

“en este tipo de investigación las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, porque ya sucedieron los hechos”.

La presente investigación basada en el método de investigación científica, es de tipo no experimental- transversal, ya que no se manipularon las variables y los datos fueron retomados en un momento dado. El diseño se organizó en dos etapas: primeramente se consultaron las fuentes secundarias en torno a información del biodiesel, y posteriormente se generó información primaria mediante encuestas a las empresas seleccionadas. La investigación retoma las siguientes fases metodológicas, propuestas por Hernández, *et al.* (2010). La fase cinco, queda establecida en los anexos:

Figura 2. Esquema metodológico de la investigación



La primera fase queda retomada en el capítulo uno, en donde se establece la idea de la investigación y se contextualiza la misma; *La segunda fase* se encuentra dentro del capítulo dos, en donde se establecen todos los fundamentos de la presente investigación; *La tercer fase* se encuentra establecida en el capítulo tres, en donde se detallan los fundamentos teóricos que dan sustento a la investigación; *La fase cuatro y fase cinco*, son incorporadas dentro del capítulo cuatro y en los anexos, aquí se describen todos los aspectos relacionados al objeto de estudio, y se lleva a cabo la recolección de datos y su procesamiento. *La fase seis* se establece en el capítulo cinco, donde se muestran los resultados de la evaluación de eficiencia en el biodiesel, y finalmente; *La fase siete y ocho* se presentan en la parte final, donde se exponen las conclusiones de la investigación, las recomendaciones y la propuesta para mejorar el subsector energético de los biocombustibles.

2.3 Problema de la investigación

Retomando lo propuesto por Hernández *et al.* (2010), Briones (2006) y Sierra (2007), la primera fase de la investigación procede a elaborar el problema y tema de investigación. Pero antes de establecer el problema de investigación, es importante llevar a cabo una revisión bibliográfica que permita establecer la situación en la cual el problema de estudio se encuentra inmerso:

El problema de investigación en cualquiera de las formas, es un vacío de conocimiento que un investigador descubre en cierta área temática, y de manera más elaborada, dentro de un marco conceptual del cual toma su origen más directo en una relación equivalente a la que existe, para expresarlo de alguna forma entre un conjunto de proposiciones generales y una cierta proposición específica. Por esta razón primeramente se encuentra en la mente el área temática y después se formula el problema de investigación (p.19).

2.3.1 Situación problemática

Duffey (2011) señala que “los primeros esfuerzos para producir biocombustibles, surgieron durante la primera crisis petrolera de los años 70’s que indujo a los gobiernos²⁰ a llevar investigaciones para producir combustibles orgánicos, pero las investigaciones cesaron en 1996 por los bajos precios del hidrocarburo”(p. 11). “Actualmente los altos precios del petróleo, la inestabilidad en las fuentes de generación de energías así como, la preocupación por reducción de emisiones de GEI, han llevado al replanteamiento sobre fuentes alternativas de combustibles que generen un mejor beneficio económico, social y ambiental” (Bourgeon & Treguer, 2010).

De acuerdo a los datos presentados por Acaroglu & Aydogan (2011):

Los inicios del uso del petróleo comenzaron hace 150 años. Fácilmente la disponibilidad de este recurso ha apoyado los mayores avances en la agricultura, industria transporte y muchas otras actividades de valor para el ser humano²¹. Ahora las ofertas del mundo del petróleo y gas natural han alcanzado su máximo pico y sus reservas comenzaran a declinar en los siguientes 40 ó 50 años. Esto a pesar de que siguen existiendo reservas. En la misma investigación²², se menciona que las reservas durarán otros 218 años para el carbón y 63 para el gas natural (pp. 69-70).

Montiel (2010) señala que “el planteamiento de cambios en las fuentes de energía, se fortalecen en los tres pilares de desarrollo sustentable: la economía, el medio ambiente y el aspecto social”. Aunque existen teóricos que mencionan el mayor peso que se le ha dado al aspecto ambiental y en algunos casos su incidencia en el aspecto económico:

En la práctica, la mayoría de los trabajos académicos y políticas se han centrado en el pilar ambiental, en la interacción entre economía y medio ambiente, mientras que la dimensión social ha permanecido como la más frágil y menos desarrollada, lo cual precisamente se debe a la dificultad de medir esas implicaciones sociales (Lehtonen, 2011, p. 2425).

²⁰ Principalmente estadounidenses y brasileños.

²¹ De acuerdo al World Energy Council, las fuentes fósiles, tales como el gas natural y el petróleo, abarcan el 82% de las necesidades energéticas mundiales.

²² Agarwal AK. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. Prog Energy Combust Sci 2007;33:233e71.

Ante este panorama el uso de biomasa para usos energéticos y en particular de biocombustibles, adquiere más interés. Existen dos tipos de biocombustibles líquidos que pueden reemplazar en parte a la gasolina y el diésel: el biodiesel y el bioetanol. Sus beneficios dentro del sector transporte, se reflejan en un creciente número de países introduciendo políticas para incrementar éstos como parte proporcional a su matriz energética. Sin embargo, el abastecimiento requiere importantes y rápidos cambios en su estructura²³. “En México, el desarrollo de esta industria busca fomentar la seguridad energética sin poner en riesgo la seguridad alimentaria²⁴. Sin embargo estas políticas se encuentran centradas en los agrocombustibles, que dentro del ciclo completo de vida del producto puede resultar igual o más dañino para el medio ambiente” (Davis *et al.*, 2012). La experiencia de países como España, muestra que la producción de biocombustibles a base de desechos, pueden promover el desarrollo regional y ofrecer oportunidades de intercambio comercial para México.

De acuerdo al reporte de la OCDE (2013):

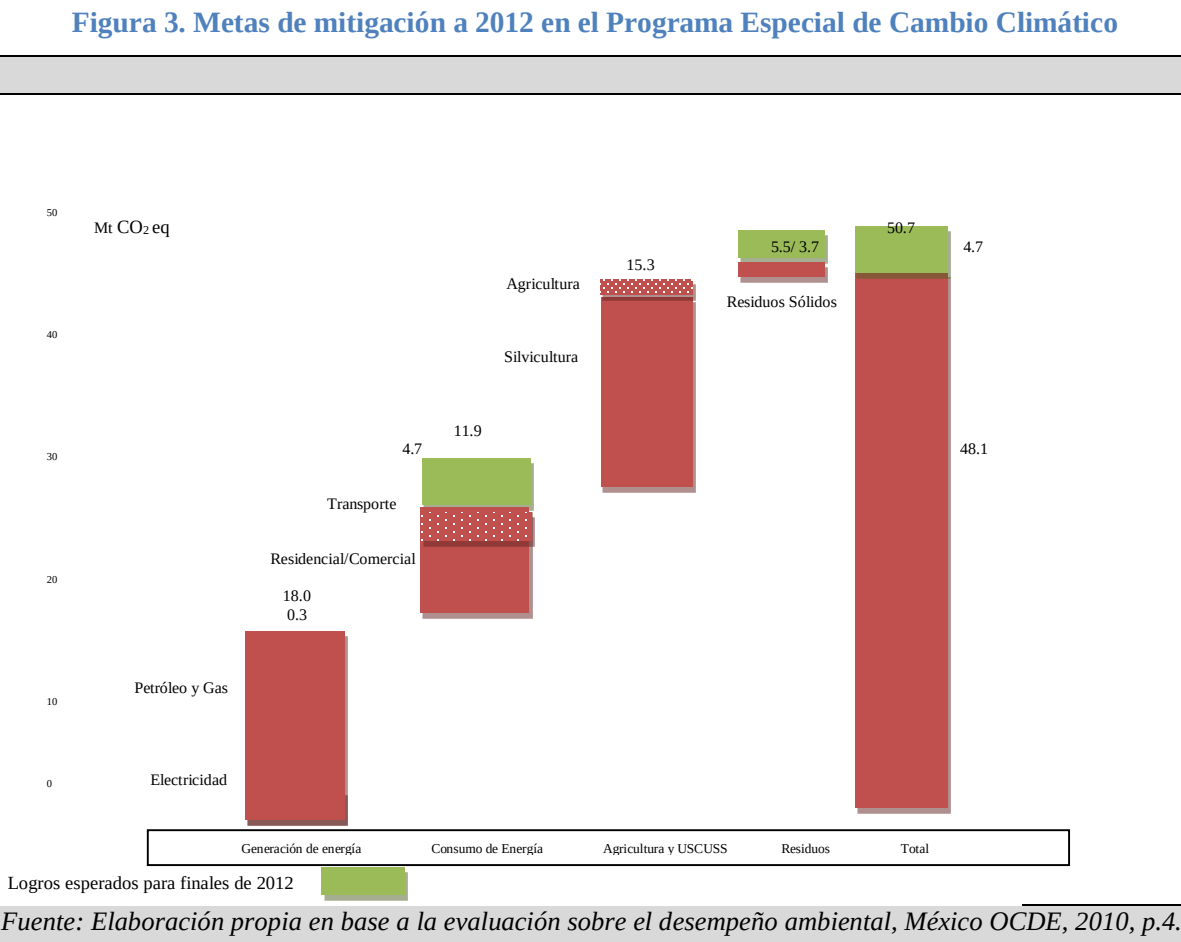
México tuvo el volumen decimotercero más alto de emisiones GEI a nivel internacional. Desde el año 2005, el país ha implementado estrategias en su marco institucional. La *Comisión Intersecretarial de Cambio Climático* (CICC) ha sido un impulsor clave. Se desarrolló la Estrategia Nacional (2007) y el *Programa Especial de Cambio Climático* (PECC) en el 2009 con objetivos y medidas específicas de mitigación y adaptación, consolidadas en la Ley General de Cambio Climático (2012), donde refrendó las metas de reducir las emisiones en 30% respecto al 2020, y 50% respecto al 2050 (p.5).

A nivel internacional, México ha mostrado su compromiso para enfrentar al cambio climático:

²³ Tales como incrementos de la producción a precios competitivos, entre otros.

²⁴ Actualmente, este compromiso se encuentra sustentado en el Plan Nacional de Desarrollo 2007- 2012 y en la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos promulgada en el año 2008 y con vigencia actual.

En 2010 fue sede de la XVI Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y pieza clave en las negociaciones en los Acuerdos de Cancún²⁵. A mediados de 2012, estuvo cerca de cumplir su meta de reducción anual de emisiones de GEI. Pero reducirlas es un reto grande, ya que a pesar de que tiene uno de los niveles más bajos per cápita de la OCDE, la intensidad de uso en su economía ha ido en aumento en la última década. El análisis de 2009 por parte del PECC concluyó que sin medidas, las emisiones totales crecerán en 70% entre 2000- 2050 (OCDE, 2013, p.5).



Sabemos que el transporte es un motor de la actividad económica, y que el bienestar social depende en gran medida de su funcionamiento. Por consiguiente, Martínez (2010) menciona:

²⁵ Como un país No-Anexo I, México no tiene metas vinculantes de reducción de emisiones bajo el Protocolo de Kioto, pero ha adoptado metas voluntarias de reducción de emisiones para 2012, 2020 y 2050.

La cuestión fundamental es reducir los impactos ambientales del transporte sin sacrificar los beneficios sociales y económicos. Una medida para que esto suceda es implementando mecanismos económicos de la política ambiental, y esperar que estos tiendan a modificar las conductas de producción y consumo. Estos instrumentos económicos pueden ser los impuestos a los combustibles fósiles, siempre y cuando dichos impuestos se estructuren con fines ecológicos claros.

Sin embargo el consumo energético del sector transporte se ha vuelto cada vez mas controvertido. “El sector transporte, es el consumidor de energía más grande y con la mayor tasa de crecimiento a nivel mundial. Entre 2000 y 2010 la tasa de motorización prácticamente se duplicó. En América Latina, el transporte es el responsable del 21% de las emisiones de GEI” (Soimakallio & Koponen, p. 3404).

De acuerdo al reporte presentado por la OCDE (2013):

El impulso al sector transporte se ha generado por aumentos en el nivel de ingreso, el crecimiento del mercado de vehículos usados baratos, la ausencia de incentivos de precios sobre el combustible, la expansión urbana y la carencia de modos alternativos de transporte. Los programas para promover el transporte urbano sustentable han sido implementados de manera exitosa en algunas ciudades grandes. No obstante, tienen que ser expandidos para tener un impacto sobre el uso del automóvil. Además de adoptar un paquete de medidas para reducir emisiones por el uso de vehículos, como lo es el incremento gradual en los precios del combustible, etc.

A nivel nacional se tienen diversos problemas ambientales, pero el gobierno ha centrado esfuerzos en las zonas con mayor contaminación atmosférica, así lo expresa Martínez (2012):

En México, la contaminación atmosférica aparece con más frecuencia en las zonas de alta densidad demográfica o industrial, y los principales agentes contaminantes son las emisiones de los vehículos, que representan el 75% de las emisiones anuales de contaminantes en el país. “El sector transporte es el principal responsable de emisión de CO con un 95.5%, de NO_x en un 71.3% y de HC con 54. 1%” (p. 5).

2.3.2 Planteamiento del problema

De la problemática descrita anteriormente, se describe el siguiente enunciado del problema de investigación que de acuerdo a Kerlinger & Lee (2002), este debe de expresar una relación entre dos o más conceptos y/o variables. Y misma que puede derivar en preguntas de investigación de carácter más específico:

Mediante una mejor actuación en la toma de decisiones de las áreas operativas de mayor importancia en el sector subsector energético BAVyGA en México, haciendo uso de las variables de entrada, variables ambientales y factores de eficiencia, se pueden elevar sus niveles de eficiencia técnica relativa y con ello mejorar la capacidad de comercialización tanto en los mercados nacionales como en los internacionales.

El estudio empírico de la eficiencia de la producción de biodiesel en México, comparado con los niveles presentes en Costa Rica, España y EE UU., permitiría establecer criterios de mejora en la toma de decisiones para llevar a cabo su producción, mediante un mejor manejo e incorporación de las variables de entorno y de los factores de eficiencia, que posibilite al país colocarse en el ámbito internacional como un competidor eficiente.

2.4 Pregunta de investigación

Una vez descrito el planteamiento del problema se procede a la elaboración de las preguntas de investigación. Siendo estas las que orientan hacia las respuestas que se buscan en la investigación. Menciona Hernández *et al* (2010), que estas no siempre comunican el problema en la totalidad, con toda su riqueza y contenido.

2.4.1 Pregunta general

¿Cuál es el nivel de eficiencia técnica relativa de empresas productoras de BAVyGA de México, en relación a las de Costa Rica, España y Estados Unidos, al incorporar variables de entrada, factores de eficiencia y variables de entorno, haciendo uso del modelo DEA?

2.4.2 Preguntas específicas

- a. ¿Cuál es el nivel de eficiencia técnica relativa en la producción de empresas productoras de BAVyGAD de México, en relación a Costa Rica, España y Estados Unidos haciendo uso de las variables de entrada, como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD?.
- b. ¿Qué incidencia tienen los factores de eficiencia en el nivel de eficiencia técnica relativa en la producción de empresas productoras de BAVyGAD de México, en relación a Costa Rica, España y Estados Unidos, como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD?.
- c. ¿De qué manera influyen las variables ambientales en el nivel de eficiencia relativa en la producción de empresas productoras de BAVyGAD de México, en relación a Costa Rica, España y Estados Unidos utilizando el modelo DEA, como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD?.

2.5 Objetivo de investigación

Después de establecer las preguntas de investigación, se elaboran los objetivos de investigación, ya que estas son las guías del estudio que hay que tenerlos presente durante toda la investigación.

“Para ello se debe de tener en cuenta que sean claros, congruentes entre sí, para evitar posibles desviaciones en el proceso de investigación”. (Rojas, 2001). Siguiendo lo establecido por Briones (2006) “el objetivo de la investigación cumple con algunos de las tareas de análisis como lo es: describir, comparar, relacionar y explicar lo sucedido en torno a la producción del biodiesel”.

2.5.1 Objetivo general

Determinar el nivel de eficiencia técnica relativa de empresas productoras de BAVyGA de México, en relación a las de Costa Rica, España y Estados Unidos incorporando variables de entrada, factores de eficiencia y variables de entorno, haciendo uso del modelo DEA.

2.5.2 Objetivos específicos

- a. Evaluar el nivel de eficiencia eficiencia técnica relativa en la producción de empresas productoras de BAVyGAD de México, en relación a Costa Rica, España y Estados Unidos haciendo uso de las variables de entrada como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD.
- b. Determinar la incidencia de los factores de eficiencia en el nivel de eficiencia relativa técnica relativa en la producción de empresas productoras de BAVyGAD de México, en relación a Costa Rica, España y Estados Unidos, como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD.
- c. Identificar los efectos que tienen las variables de entorno en el nivel de eficiencia relativa técnica relativa en la producción de empresas productoras de BAVyGAD de México, en

relación a Costa Rica, España y Estados Unidos, como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD.

2.6 Justificación

Además de los objetivos, las preguntas de investigación, hipótesis, variables y la viabilidad es necesario que el estudio presente la exposición de sus razones (Hernández, *et al.*, 2010). La importancia de los combustibles para el sector transporte es innegable, de tal manera que ante el panorama mundial de oferta y demanda, se presenta la necesidad de buscar nuevas fuentes de energía alternativas que sean producidas de una manera sustentable. De acuerdo a la investigación establecida por Chávez *et al* (2010), se menciona lo siguiente:

El biodiesel es un aceite que puede ser obtenido de diferentes tipos de grasas animales o vegetales y puede funcionar en cualquier motor diesel sin alteración alguna hasta un 10%. Además su producción es sencilla, y no requiere de economías de escala. Sin embargo, en la actualidad sólo pequeñas cantidades de éste se intercambian en los mercados internacionales, a pesar de que los gobiernos han establecido estrategias para lograr mayor producción y comercio tanto a nivel interno como global.

Por esta razón, para *ayudar* estas políticas y estrategias, es necesaria la elaboración de diversas investigaciones que vinculen la relación de la producción, comercio y desarrollo sustentable, ya que las investigaciones existentes se enfocan únicamente en aspectos económicos, tecnológicos o ambientales. La *importancia* de la presente investigación, radica en el hecho de que permitirá establecer los niveles de eficiencia en la producción de biodiesel de diferentes empresas en cuatro diferentes países, y verificar las diferencias entre ellas, así como de encontrar las causas que los diferencian, para con ello mejorar los niveles de eficiencia en México. Lo *diferente* de esta

investigación, se encuentra en el hecho de impulsar en el territorio nacional la producción de un producto poco comercializado y de gran importancia económica, social y ambiental.

El *análisis* del modelo *DEA*, como herramienta de análisis económico cuantitativo, es válida y ampliamente utilizada para evaluar el desempeño de sectores y subsectores productivos, como lo es el biodiesel (López, J., Henao, S. & Morales, M., 2007, p.). Este análisis envolvente permite estudiar de manera integrada y sistemática, cada una de las variables incorporadas; se encuentran los indicadores de eficiencia, que indican el nivel comparativo, además; se puede determinar qué cantidad de insumos pueden ser reducidos y de qué manera y bajo qué condiciones puede lograrse una mejor incorporación de aquellas variables que no son propiamente manejadas desde la empresa. Generándose así propuestas de mejora en torno a la producción nacional de este combustible con miras hacia una producción nacional e internacional.

Con lo expuesto anteriormente se cumple con los criterios de *conveniencia, relevancia social, implicaciones prácticas, valor teórico y de utilidad metodológica*. Mismos que de manera conjunta ayudan a fortalecer los tres pilares del desarrollo sustentable: economía sociedad y medio ambiente.

2.7 Viabilidad

El tema de la presente de investigación cumple con los siguientes requisitos que son propuestos por Sierra (2007). Ya que tomando en cuenta las circunstancias del doctorante y asesor, se retoman los siguientes rasgos fundamentales: *Viabilidad*, ya que su desarrollo contempló la capacidad para adquirir los conocimientos necesarios en torno a manejos estadísticos e

informáticos. Así como de los métodos y técnicas necesarias para llevar a cabo el análisis de la eficiencia de los biocombustibles. Además del dominio de lengua para recabar la información. Finalmente se contó con el tiempo y dedicación necesaria para elaborar el proyecto. *No excesiva dificultad*, ya que a pesar de que es un tema relevante, tomó en cuenta el grado de alcance del doctorante, en cuanto a la recopilación, manejo y procesamiento de datos necesarios.



CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO



El marco conceptual o marco teórico, es citado por Briones (2006) como aquel conjunto de teorías, conceptualizaciones y resultados de investigaciones ya realizadas establecidas en torno al objeto de investigación

En este capítulo se presentan dos enfoque teóricos: los enfoques teóricos del desarrollo sustentable y posteriormente los de eficiencia productiva. Para el primero se presentan de manera cronológica la evolución y desarrollo del concepto y enfoque de desarrollo sustentable. Mientras que en el segundo se comienza desarrollando los orígenes y el desarrollo del concepto de eficiencia. Posteriormente, en éste mismo apartado, se describen las propuestas y contribuciones, que los diferentes autores han presentado para su cuantificación. Después, al hacer una distinción entre las técnicas paramétricas y no paramétricas para la medición de la misma, se hace énfasis en éstas últimas. Siendo aquí donde se presentan los modelos *Free Disposal Hull* (FDH) y DEA, y se desarrolla ampliamente este último. Se representa el modelo matemático en su versión de rendimientos constantes y en su versión de rendimientos variables para llevar a cabo la medición de la eficiencia desde una perspectiva de los inputs y de los outputs, así mismo, se desarrolla el modelo matemático para la evaluación de la eficiencia en diferentes etapas.

3.1 Enfoque del desarrollo sustentable

El desarrollo sustentable es uno de los conceptos más ambiguos y controvertidos de la literatura, ya que cada vez más se incorporan elementos que van desde el ámbito económico hasta el político. Por lo tanto se requiere de la articulación constructiva de los criterios que abordan el desarrollo de arriba hacia abajo. Además, requieren ampliar el horizonte espacial y temporal para adaptarse a las necesidades intergeneracionales e intrageneracionales (Gallopín, 2003, p. 7).

Es claro que el concepto de desarrollo sustentable es bastante complejo y tiende a diferir en cuanto a los elementos incorporados. Sin embargo, diversos autores como Dale *et al* (2011) mencionan que “indudablemente la humanidad actual no está usando los recursos energéticos de una manera sustentable” (p. 1039).

El desarrollo sustentable, es de mucha importancia dentro del ámbito de la energía. “Cuando el uso de las fuentes de energía es examinado en términos de eficiencia de producción, y minimización de los efectos negativos sobre el medio ambiente, el concepto de fuentes de energías limpias e inagotables hace su aparición dentro de la agenda” (Acaroglu *et al.*, 2011).

“A la hora de seleccionar los combustibles energéticos y las tecnologías conexas para la producción, suministro y utilización de los servicios relacionados con la energía, resulta fundamental tener en cuenta las consecuencias económicas, sociales y ambientales” (OIEA 2008).

“Los primeros planteamientos entorno a la sustentabilidad se hallan con Thomas Robert Malthus en su célebre ensayo sobre población (1798), que planteaba que mientras la población se

desarrollaba exponencialmente, la producción de alimentos lo hacía linealmente, por lo que en algún momento éstos serían insuficientes” (Pierri, 2005, p. 38).

A finales de la primera mitad del siglo pasado, las inquietudes en la sociedad comienzan a hacerse presentes, y con ellas las presiones por establecer un cambio entorno a la concepción del desarrollo:

Para finales de la década de los 40's aparecen movimientos de la sociedad civil y la academia, que cuestionaban el modelo de industrialización y de desarrollo y, sobre todo, los efectos contaminantes en la atmosfera, el agua y los suelos, y sus impactos en la integridad de los ecosistemas y la biodiversidad. La organización socio productiva impulsada por los países en el primer mundo generaban un círculo vicioso de crecimiento, elevación del tipo de crecimiento económico vigente, sobreexplotación y degradación de los recursos naturales y el ambiente en general (Gutiérrez, 2007, p. 55).

Una vez concluida la segunda guerra mundial, las preocupaciones por los problemas del desarrollo se reflejaron abundantemente en la literatura económica, pero pronto pasó a segundo término:

Aunque la discusión acerca de la naturaleza del proceso de desarrollo, de sus múltiples dimensiones y del diseño de políticas dirigidas a impulsar su dinamismo ocupó una parte sustantiva en dicha literatura, quedaron claras las dificultades para abarcar teóricamente toda la complejidad de ese proceso que despliega su dinámica en el largo plazo. De modo que una parte importante de la producción teórica se centró en la elaboración y el análisis de modelos estilizados de crecimiento económico, pero el rápido crecimiento de la economía mundial de mediados de los años sesenta, hizo olvidar, al menos en parte la incidencia de los aspectos sociales y ambientales en el proceso de desarrollo (OLADE & CEPAL, 2003, p. 7).

Esta crítica que en sus orígenes surgió desde la sociedad civil y la producción científica, y que por un tiempo quedó en el olvido, durante la década de los años setenta se hizo evidente la insatisfacción acerca de las características y consecuencias de ese crecimiento, así esto llegó progresivamente dentro de diversas instituciones:

En 1972 con la conferencia de Estocolmo, se reconoce que el desarrollo económico requiere de una invención ambiental. Estas tesis comenzaron a difundirse cuando se crea el club de Roma (1972) que cuestionó la tesis central de las teorías del desarrollo sobre las posibilidades ilimitadas de crecimiento de los países desarrollados, y que los países subdesarrollados deberían alcanzar los niveles de consumo de las sociedades de primer mundo. Esta versión inicial del concepto fue reelaborada al año siguiente por Sachs en el artículo “*Environnement et styles de développement*” (1974). En éste, se describe el concepto de ecodesarrollo, que es utilizado para describir un estilo de desarrollo aplicable tanto a proyectos rurales como urbanos, que busca prioritariamente la satisfacción de las necesidades básicas y la promoción de la autonomía de las poblaciones envueltas en el proceso (Pierri, 2005, pp. 48- 49).

“En la declaración de Coyoco (1974) y en el reporte de Dag Hammarskjöld (1975) se analiza el carácter insostenible de crecimiento de la población, del consumo de recursos naturales no renovables y del aumento creciente de la contaminación. Según los pronósticos, la amenaza de catástrofe ambiental es evidente” (Gallopín, 2003).

El término sustentabilidad se popularizó ya por primera vez en 1987, en *La Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas* (CMMAD):

La comisión destacó al desarrollo sustentable como el tema de su informe final llamado “Nuestro futuro común” ó “Informe Brundtland”. Brundtland parte de la idea central de que desarrollo y medio ambiente no pueden ser separados. Menciona que el desarrollo no se mantiene si la base de recursos ambientales se deteriora; y el medio ambiente no puede ser protegido si el crecimiento no toma en cuenta las consecuencias de la destrucción ambiental (CMAAD, 2007).

“Así a partir de la aceptación de la definición de la CMMAD, esta corriente de pensamiento plantea que la sustentabilidad puede garantizarse por medio de la acumulación de capital físico

que permitan compensar las reducciones de acervo material” (Comisión Económica para América Latina [CEPAL], 2003, p. 89).

En la década de los noventa surgen otras propuestas de análisis para enfrentar el desarrollo, aunque desde una perspectiva holística y multidisciplinaria distinta:

A partir de 1990 y para las últimas dos décadas, los movimientos sociales y la producción del conocimiento confluyeron en el diagnóstico de que las teorías y las políticas públicas y privadas de fomento al desarrollo impulsadas hasta el momento, habían resultado insuficientes para resolver los problemas concernientes a la concepción de desarrollo sustentable. La experiencia del periodo anterior, hizo tomar conciencia de que el desarrollo sustentable debe considerar, además de las cuestiones ambientales, también aspectos relativos a la pobreza y la explosión demográfica en el mismo nivel de importancia en las cuestiones del medio ambiente y dentro del ámbito político (Gutiérrez, 2007, p. 56).

A finales del siglo pasado, y en el marco del proyecto sobre “Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe”, se plantea que el ser humano debe ser el sujeto activo y la finalidad del desarrollo. Centrando así el desarrollo humano como parte fundamental de la sustentabilidad.

En el documento de la CEPAL (2003), se menciona:

El concepto de desarrollo humano adoptado es el que se enuncia dentro de los informes anuales del *Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo* (PNUD) sobre ese tema y que lo concibe como el proceso de ampliar la gama de opciones de las personas, brindándoles mayores oportunidades de educación, atención médica, ingreso, empleo y abarcando el espectro total de las opciones humanas, desde su entorno físico en buenas condiciones hasta libertades económicas y políticas (p.27).

Es decir centra al desarrollo sustentable, su campo de conocimiento de frontera en el desarrollo económico integral y la equidad; el ambiente y la biodiversidad, y; la cultura y la sociedad. Gallopín (2003), en su trabajo realizado acerca del desarrollo sostenible desde un enfoque sistémico menciona que “lo que se necesita para que un sistema socioecológico sea sostenible, depende mucho del sistema y el componente de que se trate”. Además propone un conjunto de

atributos básicos necesarios para la sostenibilidad del sistema. Algunos surgen de subsistemas ecológicos y humanos, pero todos son importantes en conjunto:

Disponibilidad de recursos: en donde se pueden incluir recursos, activos y dotación de derechos; *Adaptabilidad y flexibilidad:* que son necesarios para detectar e interpretar los cambios del mundo exterior de acuerdo al nuevo entorno; *Homeostasis general estabilidad, resiliencia, robustez:* para que el sistema mantenga y preserve los valores de las variables esenciales acerca de, o entorno a, una trayectoria o estado determinado; *Capacidad de respuesta:* en la que se sustenta la capacidad que el ser socioecológico tiene para hacer frente al cambio. Esta se basa en las tres anteriores. Señala además que la sustentabilidad debe basarse en 4 principios básicos: *Principio de pensamiento holístico:* en donde se establece que se deben tener en cuenta en su análisis y en su solución, todas las dimensiones y factores; *Principio de precaución:* en donde se plantea que se tiene que aplicar este principio director con prudencia para prevenir catástrofes ante los cambios planteados; *Principio de equidad intergeneracional:* el cual sólo puede garantizarse si se parte el principio de insustituibilidad de los capitales; *Principio de innovación utilización tecnologías sostenibles:* que favorezca la innovación y la utilización de tecnologías de la eficiencia de los recursos minimizando los residuos producidos (pp. 19- 20).

La CMMAD estableció necesario “enfaticar en los aspectos distributivos al calificar como sustentable a un desarrollo que distribuya más equitativamente los beneficios del progreso económico, proteja al medio ambiente nacional y mundial en beneficio de las futuras generaciones y mejore genuinamente la calidad de vida” (Pistonesi, Nadal, Bravo, & Bouille, 2008, p. 43).

En respuesta a las decisiones tomadas por la *Comisión sobre el Desarrollo Sostenible* (CDS) de las Naciones Unidas y a lo solicitado en el Capítulo 40 del Programa 21, en 1995 el *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales* (UNDESA) de dicha organización comenzó a trabajar para definir un conjunto de indicadores de desarrollo sostenible:

Al principio, los indicadores abarcaban las cuatro dimensiones primordiales del desarrollo sostenible: la social, la económica, la ambiental y la institucional. En un momento dado, el conjunto de IDS de las Naciones Unidas contenía más de 130 indicadores. En la versión más reciente del conjunto figuran 58 indicadores, clasificados

en cuatro dimensiones, 15 temas y 38 subtemas. El número de indicadores se redujo considerablemente cuando se hizo evidente que un conjunto excesivo de indicadores era poco manejable y difícil de emplear en la práctica (OIEA, 2008, p.5).

Estas dimensiones (económica, social, ambiental y política) están fuertemente vinculadas e interactúan entre sí dinámicamente en la realidad de un sistema socioeconómico concreto:

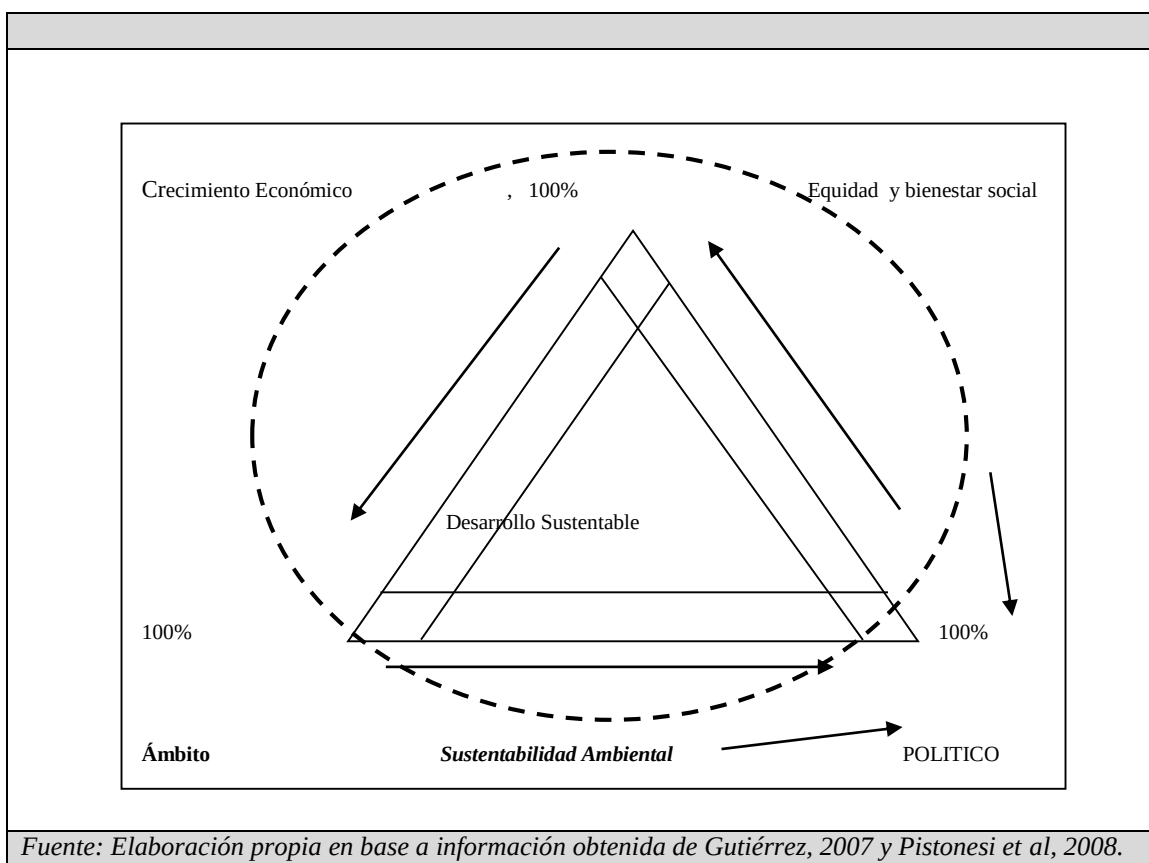
En la dimensión económica, la sustentabilidad se vincula con la posibilidad de sostener el crecimiento hacia el futuro. Por supuesto, cada sistema económico va cambiando su modalidad de acumulación en el tiempo. Sin embargo, cada modalidad de acumulación presenta un conjunto de rasgos básicos que permiten discernir sobre su viabilidad futura. Por otra parte, es claro que la disponibilidad de recursos condiciona las potencialidades del crecimiento; *En la dimensión social* es importante atender a los aspectos vinculados con la calidad de vida de la población. Pero, en términos generales y dado un contexto socio-cultural, el nivel de ingreso de las familias es el determinante principal de la calidad de vida de la población; *La dimensión ambiental* abarca la amplia gama de elementos. Por una parte, la irreversibilidad de las alteraciones, debido a las actividades de producción y consumo. Por otra parte una porción significativa de los elementos que integran la biosfera son de propiedad universal, lo que implica considerar las externalidades y sus costos sociales y privados, así como establecer propuestas (impuestos, subsidios, etc.) y sus dificultades de implementación (Pistonesi, pp. 43- 44); *En la dimensión política*, se vincula con la gobernabilidad aseguren el respeto por los derechos del hombre. En esta dimensión interesa el desarrollo institucional y la articulación entre poderes (Organización Latinoamericana de Energía [OLADE] & CEPAL, 2003, pp. 31- 32).

“Las dimensiones mencionadas, deben incluirse en un conjunto de indicadores, con los que es posible evaluar los progresos o retrocesos en cada una de ellas. En particular, en las políticas públicas, se requiere examinar los impactos potenciales de las mismas, que permita discernir sobre su aporte en favor de la sustentabilidad” (Pistonesi *et al.*, 2008, p. 48).

3.1.1 Factores determinantes de la sustentabilidad y dimensiones

Con la exposición de los enfoques y pensamientos anteriores, se concluye que la evolución histórica se ha vuelto orientada hacia una propuesta que integra principalmente tres dimensiones: la económica, la ecológica y la social, las cuales se deben encontrar incluidas en el ámbito político de cada nación. Esto se explica mediante la siguiente figura:

Figura 4. Factores determinantes de la sustentabilidad



Estas tres variables probablemente no expliquen todo lo que engloba el concepto de desarrollo sustentable pero si tienen la capacidad de explicar en buen porcentaje del mismo. Y constituyen el resultado de un intenso esfuerzo por construir una visión integral sobre como pensar el desarrollo,

recuperando las aportaciones desde la aparición de la teoría del desarrollo común de la economía, hasta la etapa actual multidisciplinaria del desarrollo sustentable.

La correcta implementación e interrelación de estas tres variables nos llevan a plantear la necesidad de la intervención tanto del Estado como de la sociedad y sus organizaciones. Es decir, un Estado promotor y una sociedad comprometida, ambos con la sustentabilidad, bajo un esquema de instituciones. De acuerdo al índice de desarrollo humano de la ONU, establecido en Gutiérrez (2007), se establece que falta por profundizar sus ejes fundamentales, dentro de los cuales se pueden destacar:

Impulsar el crecimiento y la distribución del ingreso teniendo como centro la movilización de la sociedad con iniciativas, proyectos, acciones y actitudes orientadas al cuidado de la vida en la Tierra; Crear nuevas instituciones y regulaciones que garanticen los derechos colectivos y que coloquen al medio ambiente de manera transversal en la regulación de la sociedad; Impulsar un sistema productivo basado en tecnologías que no degraden el ambiente biofísico, ni agoten los recursos naturales; Impulsar un comercio internacional que no sea antagónico con el desarrollo sustentable (p.58).

3.1.2 Indicadores Energéticos del Desarrollo Sostenible

El sector energético al ser tan importante dentro del desarrollo de una sociedad, forma parte de la política económica y este a su vez forma parte de la política socioeconómica de largo plazo de una nación. Muchos de estos aspectos, vinculados con el proceso de desarrollo de un país, se manifiestan bajo la forma de externalidades. De este modo, las decisiones de política energética pueden tener una presencia significativa para el logro de una mayor sustentabilidad del proceso de desarrollo. De acuerdo a *la Guía Para la formulación de Políticas Energéticas* presentado por la CEPAL (2003), éstas influyen directamente en:

La seguridad y calidad del abastecimiento, así como la mayor eficiencia en la producción y utilización de la energía, contribuyen al objetivo de alcanzar un ritmo sostenido de crecimiento económico; *La cobertura de los requerimientos básicos de energía*, en cantidad y calidad, resulta esencial para lograr una calidad de vida aceptable de la población y mayor equidad social; *La explotación racional de los recursos naturales energéticos, la mayor eficiencia en el uso energético y el empleo de fuentes renovables y de tecnologías limpias* contribuyen de modo decisivo a atenuar el inevitable impacto ambiental de las actividades económicas de producción y consumo (p.16).

Los indicadores son componentes esenciales en la evaluación del desarrollo sustentable:

El concepto de indicador en la literatura aparece como muy confuso; diferentes autores usan definiciones diferentes y a veces incompatibles. Estas ambigüedades no se limitan al tema de indicadores de desarrollo sostenible, o indicadores ambientales, sino que se aplican al concepto de indicador general. A nivel más operativo, los indicadores son variables (no valores como a veces se les define). Una variable es una representación operativa de un atributo (calidad, características, etc) de un sistema. Representa una imagen de un atributo del sistema definida en términos de un procedimiento específico de medición u observación (Gallopín, 2006, p. 11).

El trabajo inicial sobre indicadores energéticos emprendido por el OIEA²⁶, se presentó en el noveno período de sesiones de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible, celebrado en 2001, bajo el título de *‘Indicadores para el Desarrollo Energético Sostenible’* (IDES):

...La energía se convirtió en uno de los temas más señalados. Al año siguiente, durante la Cumbre Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, en Johannesburgo, se examinó el tema de la energía, se adoptó un plan en el que se instó a todas las naciones, grupos e instituciones a tomar medidas para alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible en la Cumbre de la Tierra. De esta manera se diseñaron un conjunto de indicadores con el fin de proporcionar información sobre las tendencias actuales en materia de energía, en un formato que simplifica la adopción de decisiones a nivel nacional, con miras a ayudar a los países a evaluar políticas efectivas destinadas a la adopción de decisiones en el ámbito del desarrollo sostenible. En un momento dado, el conjunto de indicadores de eficiencia de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas contenía más de 130 indicadores. En la versión más reciente se redujo y figuran 58 indicadores, clasificados en

²⁶ Con contribuciones del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, la Agencia Internacional de Energía (AIE) y otras organizaciones nacionales e internacionales.

cuatro dimensiones, 16 temas y 38 subtemas, debido a que se hizo evidente que el excesivo número de indicadores era poco manejable y difícil de emplear (OIEA, 2008, pp. 5-6).

3.1.2.1 La dimensión ambiental

La producción, distribución y consumo de energía dan lugar a presiones sobre el medio ambiente en el hogar, el lugar de trabajo y la ciudad y a nivel nacional, regional y mundial. “Los impactos ambientales dependen en gran medida de la forma en que se produce y se utiliza la energía, de la combinación de combustibles, la estructura de los sistemas energéticos y las medidas de reglamentación conexas en materia de energía y de estructura de los precios. Las emisiones de gases procedentes de la quema de combustibles fósiles contaminan la atmósfera” (OLEA & CEPAL, 2003, p. 22).

Tabla 5. Temas, subtemas e indicadores de la dimensión ambiental

Temas	Subtemas	Indicadores
Atmósfera	Cambio climático	Emisiones de gases de efecto invernadero
	Adelgazamiento de la capa de ozono	Consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono
	Calidad del aire	Concentración de contaminación atmosférica en áreas urbanas
Tierra	Calidad de los suelos	Zonas del suelo en las que la acidificación supera la carga crítica
	Bosques	Tasa de deforestación atribuida a la energía
	Generación de desechos sólidos	Relación entre la generación de desechos sólidos y la generación de energía producida
Agua	Calidad del agua	Descarga de contaminantes en efluentes líquidos procedentes de los sistemas energéticos incluidas las descargas de petróleo

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en el OIEA, 2008, p. 16.

3.1.2.2 La dimensión económica

Las economías modernas dependen de un suministro de energía seguro y adecuado, y los países



en desarrollo necesitan tenerlo garantizado como condición para su industrialización. Todos los sectores de la economía exigen servicios de energía modernos. A su vez, estos servicios, fomentan el desarrollo económico y social a nivel local, elevando la productividad y promoviendo la generación de ingresos. La electricidad es la forma dominante de energía para las comunicaciones, la tecnología de información, las manufacturas y servicios (OIEA, 2008, pp. 20-21).

Tabla 6. Temas, subtemas e indicadores de la dimensión económica

Temas	Subtemas	Indicadores
Seguridad	Importaciones	Dependencia de las importaciones netas de energía
	Reservas estratégicas de combustibles	Reservas de combustibles críticos por consumo del combustible correspondiente
Patrones de consumo y producción	El uso de energía	Consumo de energía anual per cápita/ proporción de consumo de energía renovables / intensidad uso energía
	Productividad Global	Uso de energía por unidad de PIB
	Producción	Relación reservas/ producción Relación recursos/ producción
	Transporte	Distancia viajada per cápita por tipo de transporte.
	Diversificación	Porcentaje de los combustibles en la energía y la electricidad Porcentaje de energía no basada en el carbono en la energía y electricidad Porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad
	Uso final	Intensidades energéticas del sector agrícola Intensidades energéticas del sector comercial/ servicios Intensidades energéticas de los hogares Intensidad energética del transporte
	Precios	Precios de energía de uso final por combustible y sector
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en el OIEA, 2008, pp. 14-15.		

3.1.2.3 La dimensión social

“La disponibilidad de energía tiene una repercusión directa sobre la pobreza, las oportunidades de empleo, la educación, la transición demográfica, la contaminación en ambientes cerrados y la salud, y posee implicaciones relacionadas con el género y la edad” (OIEA, 2008, p. 19). “Dentro de la dimensión social pueden seleccionarse indicadores tendientes a poner en evidencia el grado de cobertura de los requerimientos básicos de energía, cantidad y calidad” (OLADE & CEPAL, 2003, p.40).

Tabla 7. Temas, subtemas e indicadores de la dimensión social

Temas	Subtemas	Indicadores
Equidad	Accesibilidad	Porcentaje de hogares sin energía o muy dependientes a energías no muy comerciales
	Asequibilidad	Porcentaje de ingresos de los hogares dedicado a combustibles y electricidad
	Disparidades	Uso de energía en los hogares por grupo de ingresos y combinación de combustibles utilizados
Salud	Seguridad	Víctimas mortales de accidentes por la energía producida por la cadena de combustibles

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos en el OIEA, 2008, p. 13.

3.1.2.4 La dimensión política

Los indicadores de eficiencia del desarrollo sostenible no incluyen todavía indicadores institucionales. Esos indicadores son los más difíciles de definir, debido a dos razones:

En primer lugar, tienden a aplicarse a problemas que son, por su naturaleza, complicados de medir en términos cuantitativos. Muchos de ellos se refieren al futuro y requieren un análisis dinámico, basado en proyecciones de la producción y utilización de la energía, así como de las inversiones pertinentes. En segundo lugar, las variables medidas por los indicadores institucionales tienden a ser respuestas estructurales o políticas a las necesidades de desarrollo sostenible (OIEA, 2008, p. 23).

El desarrollo sustentable además está vinculado a categorías de escalas de calidad de vida y a la interacción entre habitantes y recursos de uno o más territorios. Lo que muestra porque está estrechamente asociado a cada cultura o estilo de vida, a la globalización de los procesos económicos, sociales y ambientales y, a la capacidad negociadora entre regiones o países:

El mismo tipo de consumo que se extiende a nivel global, ejerce cada vez más influencias enormes del medio social y ambiental de culturas antes muy diferentes que ahora pugnan por imitar lo que consideran más avanzado. El llamado desarrollo sustentable es la resultante de un conjunto de decisiones y procesos que deben llevarse a cabo por generaciones de seres humanos para su propio bienestar, dentro de condiciones de vida siempre cambiantes (Dourojeanni, 1999).

Cabe resaltar que la sociedad se ha organizado para alcanzar metas de crecimiento económico y a veces sociales pero muy pocas veces por razones naturales y/ o ambientales. Dentro de la investigación acerca de los biocombustibles, el concepto de desarrollo sustentable es de gran importancia, pero debe de tomarse en cuenta lo establecido por Gómez *et al* (2009), “Se debe partir de la eficiencia en la producción en un ambiente y desarrollo que no ponga en riesgo el acceso a su materia prima para la las futuras generaciones”.

3.2 Teorías y aproximaciones de la eficiencia

En la literatura económica el término eficiencia es ampliamente utilizado, ya que es útil en la toma de decisiones:

La eficiencia es definida como el grado de optimización de los recursos para obtener lo que la gente desea al menor costo posible. La eficiencia productiva desde el punto de vista de la teoría económica, es un concepto que se centra en la forma de convertir los factores de producción en productos. Un método de producción es considerado eficiente cuando a partir de determinadas cantidades de factores, obtiene la máxima cantidad posible de producto. Es ineficiente cuando utiliza, respecto a otro, mayor cantidad de algún factor, y no menos de los demás para producir la misma cantidad de producto que otro proceso productivo (González & Álvarez, 2001).

Históricamente la concepción y aplicación de la eficiencia ha sido distinta dentro de la economía. La delimitación conceptual del término de eficiencia no es sencillo, debido a las múltiples acepciones que existen en el análisis económico, lo cual depende de si se encuentra en el plano macroeconómico y microeconómico:

En el plano *macroeconómico* la eficiencia se traduce en la habilidad de un país para explotar completamente sus recursos disponibles y obtener su producción total (Maldonado, 2008,p. 14), de tal manera que será eficiente cuando ha alcanzado una situación en la que nadie puede mejorar su posición sin empeorar la situación de otro. Dentro del contexto *microeconómico*, la acepción es diferente, en este caso, el concepto de

eficiencia debe utilizarse en relación con los recursos empleados en la producción de una empresa, industria o, sector. Para la teoría microeconómica la función de producción constituye la base de la descripción de las relaciones tecnológicas de una unidad productiva y denota la relación técnica que mide el volumen máximo de producción que puede obtenerse a partir de una cantidad dada de factores, a la inversa, el volumen mínimo de inputs necesario para obtener una cantidad determinada de producción. La función de producción representa, por tanto, la relación puramente técnica que define las posibilidades de transformación eficiente²⁷. Si consideramos un proceso de producción simple con un input, x , empleado para la producción de un solo output, y , la función de producción, $y=f(x)$, representa la relación técnica que define las posibilidades de transformación eficiente (Gómez, 2012, p. 31).

Gómez (2012), menciona que las escasas referencias sobre la eficiencia y su medición se deben a que, “bajo los supuestos habituales, las empresas maximizan el beneficio por lo que se consideran eficientes. Sin embargo, en la práctica la ineficiencia existe, ya que aunque compartan el objetivo de maximizar sus beneficios, no todas lo consiguen” (p. 29). De acuerdo a Núñez, Díaz & Martínez (2004), “el estudio de la eficiencia entre las diferentes empresas surge de la idea de evaluar el comportamiento de las mismas según principios básicos de la teoría microeconómica, el de maximizar sus beneficios,”. De esta manera es importante saber si las empresas han elegido el nivel de producción que maximiza el beneficio, y si se ha logrado con la menor cantidad de inputs o minimizando el coste de producción. En consecuencia, la importancia del análisis de eficiencia en la producción de biodiesel, sus determinantes y su evolución es de interés primordial, ya que a mayor nivel de eficiencia, mayor nivel de productividad y y por tanto mayores ventajas competitivas, y mayor intercambio comercial.

²⁷ Dado el conjunto de técnicas factibles (la tecnología).

3.2.1 Orígenes del concepto de eficiencia

Los orígenes de este concepto teórico, se encuentran en su máximo exponente Wilfredo Pareto (1848-1923), quien reconstruyó la teoría del consumo y la demanda sobre la base del concepto ordinal de la utilidad. Según él no es posible distinguir si un bien proporciona más utilidad a una persona que a otra, pero sí, si las condiciones pueden asegurar que la utilidad social ha variado. Para alcanzar la eficiencia se tienen que satisfacer tres condiciones básicas: *Eficiencia en el uso de las producciones en el consumo*; *Eficiencia en el uso de los insumos en la producción*; *Eficiencia en igualdad de la producción y el consumo*. De acuerdo a esto, “la eficiencia en la producción requiere que sea imposible redistribuir los insumos para obtener mayor cantidad de un producto sin reducir la producción de otro producto” (Arzubi & Berbel, 2002). Con la finalidad de explicar descriptivamente dicha perspectiva de eficiencia, se utiliza de manera general un instrumento gráfico denominado la caja de Edgeworth cuyo nombre se debe al economista inglés “Francis Ysidro Edgeworth”, que permite el análisis del intercambio de dos bienes entre dos personas, representando de manera gráfica las preferencias de las dos mediante curvas de indiferencia:

Figura 5. Caja de Edgeworth

En la base se indica la cantidad del bien 1 existente, y en la altura la del bien 2. Por lo tanto, las decisiones de la persona A se representan a partir de la esquina inferior izquierda y las de B a partir de la superior derecha (Varian R. , 2006).

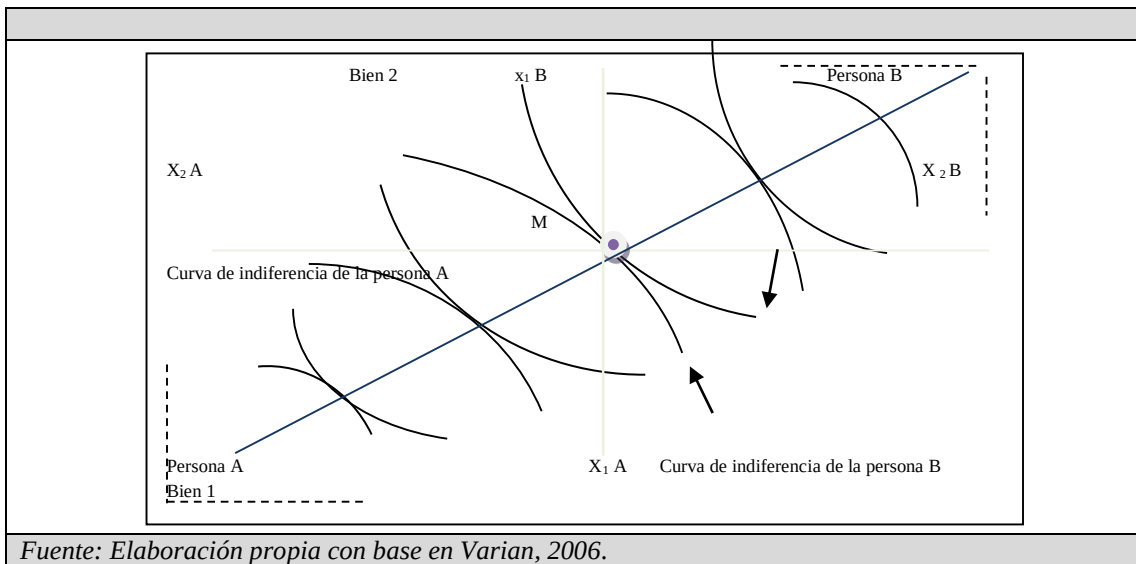
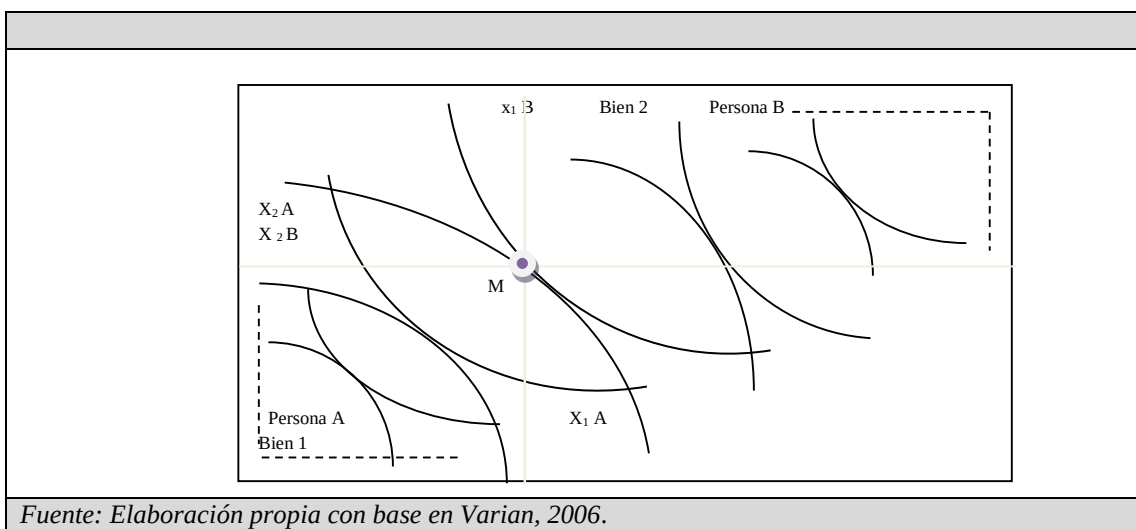


Figura 6. Asignación eficiente en el sentido de Pareto

A partir de la caja de Edgeworth se concibe la asignación eficiente de Pareto, el punto M, donde



cada una de las personas se encuentra en su curva de indiferencia más alta posible. La línea que conecta los puntos es la “línea de contrato.” El óptimo Paretiano subyace en los trabajos de Koopmans y Debreu de 1951, siendo este último el que ofreció la primera medida concreta de eficiencia:

Para Koopmans un vector input-output es técnicamente eficiente si y solo si, el aumento de algún output, o la disminución de algún input, conlleva a la disminución de algún otro output o aumento de algún otro input. Su carácter intuitivo hizo que fuera adoptada por diversos autores, pero no ofreció ninguna guía para calcular el grado de eficiencia técnica en que actúa una unidad (Gómez, 2012, p. 32).

“Este problema fue retomado por Debreu quien propuso una medida radial (proporcional) llamada coeficiente de utilización de recursos. Se trata de un ratio con orientación input que establece como medida de la eficiencia técnica la máxima reducción equiproporcional posible en todos los inputs para un nivel dado de outputs” (Gómez, 2012, p. 32). “Este ratio cuantifica la proporción entre la situación obtenida en una economía que se aleja de la óptima, considerando como tal aquella en la que fuera imposible aumentar la satisfacción de algún individuo sin, al menos, disminuir la del otro” (Romeu & Rodríguez, 2008).

Posterior a Koopmans y Debreu, surge otro trabajo de gran trascendencia ya que sugirió estimar la eficiencia técnica en términos de las desviaciones reales de la frontera de producción idealizada:

...Los trabajos de estos autores fueron continuados por Farrell (1957), quién logró sentar las bases conceptuales que han sido el germen de los métodos propuestos posteriormente para llevar a cabo las mediciones de eficiencia. Concretamente el trabajo de Farrell tuvo una enorme trascendencia, ya que fue la primera aproximación a la estimación de la eficiencia desde una perspectiva de frontera. Por ésta razón todos los autores interesados en estas mediciones citan siempre el artículo de Farrell de 1957 como el trabajo seminal en esta materia. (Galacho, 2010). El trabajo de este autor se inicia estableciendo una diferencia entre lo que él denomina *Eficiencia Técnica* en el sentido planteado por Debreu, es decir la habilidad de producir la mayor cantidad de output a partir de un input dado y la *Eficiencia Asignativa* (Gómez, 2012, p. 33).

Posterior a Farrell, hubo varios otros que proporcionaron los fundamentos necesarios para que DEA pudiera surgir y fuese utilizado tales como Seiford (1996), Aigner y Chu (1968), Afriat (1972) y otros:

En 1968, *Aigner y Chu* evaluaron los conceptos de función de producción que hacían complicado su entendimiento en Farrell. Estos autores pretendían una generalización del método de Farrell, pero también introdujeron un elemento restrictivo al considerar concreciones predeterminadas de las funciones de producción, recordando que una de las características que hacían amplia a la idea de Farrell era la no necesidad de establecer previamente la función de producción. Además dentro de su procedimiento, los test de significancia de las estimaciones se basaban en supuestos muy restrictivos acerca de las perturbaciones. Por su parte *Afriat* en 1972 estableció un enfoque diferente, basó su análisis en consideraciones específicas acerca de determinadas propiedades (no decrecimiento y concavidad) que deben tener las funciones de producción para que puedan cumplirse las conclusiones de los teoremas enunciados (Gimenez, 2003).

3.2.2 Cuantificación de la eficiencia

“Metodológicamente, para obtener una medida de eficiencia es necesario conocer la función de producción o bien el conjunto de datos de producción aplicado, así como la frontera eficiente” (Guzman, 2005, p. 5).

Como ya fue mencionado en el apartado anterior, la medición de la eficiencia se basa en la idea de comparar la actuación real o performance de una empresa respecto a un óptimo. En este sentido, “la metodología que propone Farrell es una técnica basada en el concepto de “benchmark” (Schuschny, 2007, p. 11). “El inconveniente de éste concepto es que su aplicación empírica requiere definir una empresa que optimice el beneficio. De aquí surgió otra idea de comparar lo que hace una empresa respecto a otras empresas” (Carbajal & Chang, 2011).

La aproximación cuantitativa que se muestra desde el trabajo de Farrell, “es desarrollada desde una perspectiva real y no ideal, donde cada unidad de decisión pueda ser evaluada en relación con

otras unidades homogéneas”. Por lo que se trata de un concepto relativo y no absoluto (Fernández & Flores, 2005, p. 3).

La propuesta que sugiere Farrell es recurrir al uso de cónicas ó poligonales convexas para construir las isocuantas o fronteras en forma no paramétrica, y sólo partiendo de la información disponible acerca del comportamiento de numerosas *unidades de decisión de medida* (DMUs) comparables, muchas de las cuales serán más eficientes que otras (Schuschny, 2007, p. 45). Sus dos grandes aportaciones, son basadas en la separación del componente técnico y asignativo de la eficiencia:

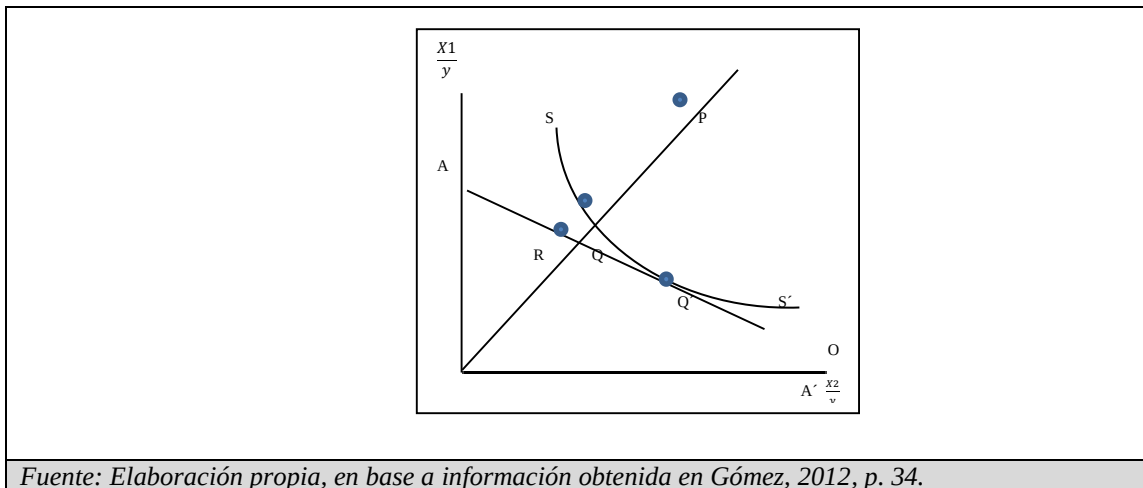
- ❶ *La eficiencia técnica*: Fue planteada en base a lo establecido por Debreu. Se refiere a la habilidad de obtener el máximo nivel de producción dado la menor combinación de insumos, bajo el supuesto de *rendimientos constantes a escala* (RCE). Además supone que la tecnología se presenta por una isocuanta unitaria. De esta manera se forma la función de producción como un conjunto de los puntos frontera del conjunto de producción, quedando así el espacio de asignaciones en eficientes, ineficientes y las imposibles (Arzubi & Berbel, 2002). Esta puede ser medida en términos de relaciones físicas entre output observable y el máximo output obtenible (posible) para un conjunto de inputs observables (Herrera & Francke, 2007, p. 5).
- ❷ *La eficiencia asignativa*: Supone lograr el costo mínimo de producción de una cantidad determinada de producción al cambiar las relaciones proporcionales de los insumos utilizados en función de sus precios y productividades marginales (Romeu & Rodríguez, 2008, p. 6).



Ambas medidas combinadas muestran una forma de eficiencia económica o eficiencia total. Por lo tanto para Farrell, la empresa presenta eficiencia productiva si opera con eficiencia técnica a la vez que con eficiencia precio o asignativa (Arzubi & Berbel, 2002, p. 106).

En la siguiente figura, Gómez (2012), muestra la situación de una empresa que para producir una unidad de output utiliza la combinación de factores productivos representada por el punto P . La curva SS' es lo que Farrell llama isocuanta unitaria.

Figura 7. Eficiencia Técnica y Asignativa



El conocimiento de la isocuanta unitaria de la empresa eficiente, representada por SS' , permite medir la eficiencia técnica. Si una empresa usa las cantidades de inputs definidas en el punto P para producir una unidad de output, la ineficiencia técnica de dicha empresa se podría representar mediante la distancia QP , que es la cantidad en que podrían reducirse proporcionalmente todos los inputs sin reducción del output. Farrell lo expresó mediante la relación QP/OP , una medida radial que representa el porcentaje en que podrían reducirse proporcionalmente los inputs. En consecuencia, como medida de la eficiencia técnica, Farrell propone $1-QP/OP$, lo que da como resultado el cociente OQ/OP , esto es, la unidad menos la máxima reducción equiproporcional posible en todos los inputs para un nivel dado de outputs. Si se supone que los precios de los factores productivos están representados por la pendiente de la recta AA' , el punto Q' es aquel en que se minimiza el coste. Tanto Q como Q' son técnicamente eficientes (están en la isocuanta) pero los costes de producción en Q' son tan sólo una fracción, OR/OQ , de los costes de producción en Q . Por eso Farrell considera al cociente OR/OQ como eficiencia precio o asignativa de Q . Esta medida de eficiencia asignativa, que Farrell refiere al punto Q , mide también la eficiencia asignativa de la entidad P que se está evaluando. En efecto, la eficiencia asignativa de P mide

exclusivamente el exceso de costes en que se está incurriendo por combinar los inputs de una forma diferente a la óptima. Por último, Farrell (1957) define la Eficiencia Económica ó Total por la ratio OR/OP , ya que si la DMU fuera completamente eficiente sus costes serían una proporción OR/OQP de los costes actuales. Como puede comprobarse, la Eficiencia Total es el producto de la Eficiencia Técnica y de la Eficiencia Asignativa (pp. 35- 38).

Farrell sugirió la aplicación empírica de sus ideas por medio de dos caminos:

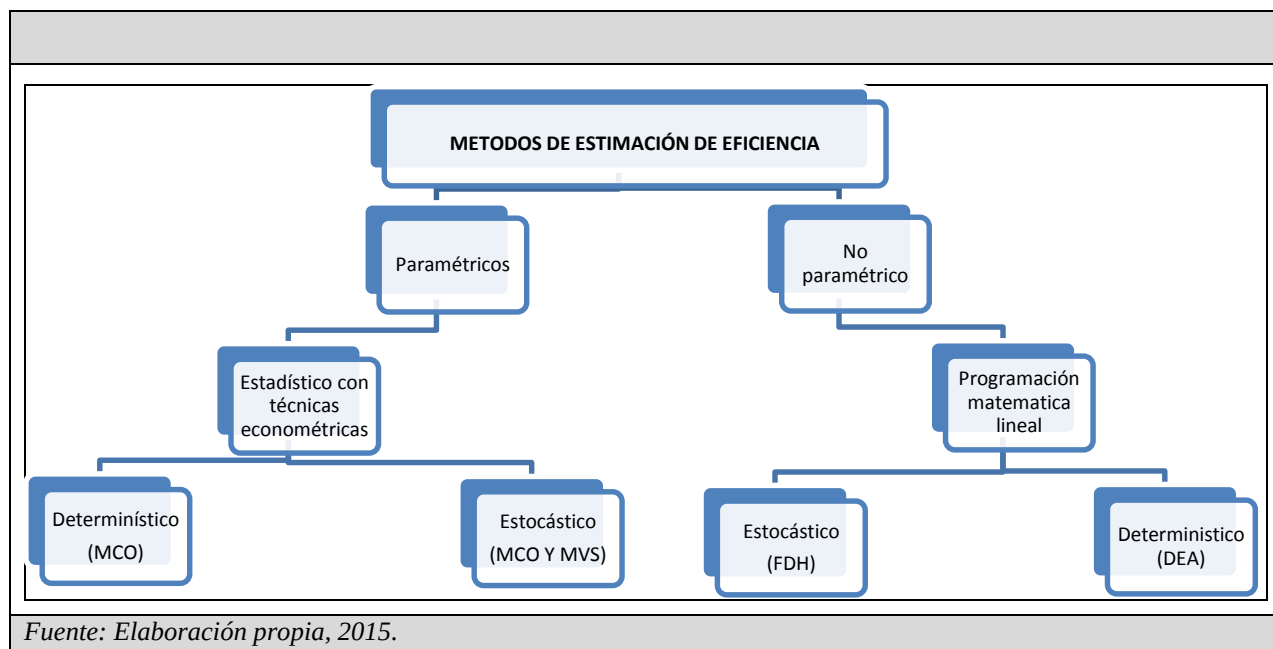
- ❶ *Establecer una forma funcional*, que constituirá la frontera eficiente. Mediante la forma Cobb-Douglas, debido a su sencillez.
- ❷ *Hallar la frontera eficiente mediante una resolución de ecuaciones lineales*. De esta manera, también dejó los cimientos para que puedan calcularse los índices de eficiencia por medio de la programación lineal.

Con estas dos posibilidades se fueron desarrollando dos formas de estimar la frontera de referencia:

Los métodos de estimación para construir la frontera de producción pueden clasificarse en función de que se requiera o no especificar una forma funcional que relacione los inputs con los outputs, es decir, métodos paramétricos y no paramétricos. A su vez, pueden emplearse métodos estadísticos o no para estimar la frontera, que en última instancia puede ser estocástica o determinística (Gómez, 2012, p. 65).

Estos dos grupos son aquellos que consideran una función de producción tipo frontera y los que su función de producción no es de tipo frontera. Los primeros que estiman el valor máximo de output que puede alcanzarse en proporción a los inputs según las unidades más eficientes de la muestra. Mientras los modelos tipo no frontera calculan el valor medio del output que puede obtenerse dada la cantidad de inputs disponible, como ya fue mencionado, los cuales se expresan a continuación:

Figura 8. Métodos de estimación de Eficiencia



“Las técnicas de análisis de eficiencia mediante función de frontera, son consideradas como las alternativas más ampliamente utilizadas para medir la eficiencia entre empresas” (Fernández & Flores, 2005, p. 3).

Aproximación paramétrica o de técnicas econométricas: Especifica una relación de causalidad entre inputs y outputs. En este enfoque se especifica una forma funcional concreta para la frontera, estimando sus parámetros mediante programación matemática o técnicas econométricas. Para ello es necesario saber si es una función de producción o de costos (Guzman, 2005, p. 6). Dentro de este tipo de estudios encontramos dos grupos:

Paramétricos determinísticos: Consideran como ineficiencia cualquier desviación de la frontera de producción y su estimación debe realizarse mediante mínimos cuadrados ordinarios corregidos, o mediante mínimos cuadrados ordinarios modificados.

Paramétricos estocásticos: Intentan conocer en las desviaciones hacia la frontera, la parte que realmente corresponde a ineficiencia respecto de aquella otra que es debida a perturbaciones aleatorias. La estimación se realiza en dos etapas, en la primera se obtiene el error compuesto mediante mínimos cuadrados ordinarios y luego se realiza la estimación mediante máxima verisimilitud y, considera que las desviaciones de frontera se descomponen en dos componentes independientes: uno aleatorio y otro de ineficiencia (Herrera & Francke, 2007, p. 7).

Como ventaja principal, se tiene que identifica ineficiencias reales. Sin embargo este tipo de metodologías presentan las siguientes deficiencias:

- ❶ Las estimaciones son muy sensibles a los outliers. Por lo que errores de medición de los datos podrían ocasionar sesgo por defecto en las medidas de eficiencia, lo que no se corrige al aumentar la muestra (Tam, 2009).
- ❷ No permite analizar de manera sencilla procesos productivos de más de un output.
- ❸ Se obvian los factores externos no considerados en la estimación de la eficiencia. Y que no necesariamente están relacionados a ineficiencias originadas por la calidad del manejo de las instituciones.
- ❹ Es necesario especificar una determinada tecnología, que en un principio puede ser desconocida (Guzman, 2005, p. 34).

Aproximación no paramétrica o de programación lineal matemática: Se llevan a cabo mediante algoritmos de programación lineal. Analizan la eficiencia de las unidades productivas a partir de un conjunto de supuestos adoptados sobre la referencia tecnológica, usualmente desconocida a partir de datos dados. Inicialmente se desarrollaron en un entorno determinístico, y posteriormente

se incorporaron versiones estocásticas (Herrera & Francke, 2007, p. 6). Las dos principales metodologías son: los modelos DEA y los FDH, cada una con sus respectivas diferencias:

La diferencia entre ambas radica en los supuestos que establecen para la construcción de la tecnología productiva de referencia. El FDH no incluye en el conjunto de posibilidades de producción, las relaciones productivas que se han resultado de la combinación convexa de observaciones que se consideren eficientes. Sin embargo, como el FDH contempla los supuestos más débiles en los que se basa la construcción de la frontera. A menudo se considera el FDH un caso especial de DEA (Romeu & Rodríguez, 2008, p. 10).

“El concepto de eficiencia puede ser extendido en varias direcciones, dependiendo de los diferentes objetivos, siendo los principales la minimización de costes, la maximización de ingresos o la maximización de beneficios” (Gómez, 2012, p. 38). Las ecuaciones que determinan la eficiencia para sus tres principales factores, de acuerdo a Gómez (2012) es:

Eficiencia en costes: La frontera de costes determina el coste mínimo (C^*) que cada empresa podría alcanzar, dado su vector de outputs (y) y el vector de precios de los inputs (v). Los costes reales de la empresa (C) dependen, además del vector de outputs (y), del vector de precios de los inputs utilizados (v), del nivel de ineficiencia en costes (ε_c). Así, se puede expresar:

$$C = C^*(y, v) + \varepsilon_c \quad (1) \text{ Eficiencia de costes}$$

La eficiencia en costes (EC), de acuerdo con el concepto de Farrell, se define como el cociente entre el mínimo coste al que es posible obtener un determinado vector de outputs y que está determinado por la frontera (C^*) y el coste en el que realmente se ha incurrido (C); $EC = C/C^*$. La eficiencia en costes está acotada entre 0- 1. Un valor de la eficiencia en costes de EC significa que sería posible producir el mismo vector de producción con un ahorro en costes de $100*(1-EC) \%$.

Eficiencia en ingresos: La eficiencia en ingresos relaciona los ingresos generados con un determinado vector de producción (I) con el máximo ingreso posible asociado a ese vector y determinado por la frontera de ingresos (I^*). Si se supone que existe competencia perfecta en los mercados de outputs de forma que las empresas son precio aceptantes y toman los precios (u) como dados, la empresa bancaria tratará de maximizar los ingresos ajustando las cantidades de los vectores de cantidad de output (y). La frontera de ingresos (I^*) puede expresarse como:

$$I = I^*(U) + \varepsilon_t \quad (2) \text{ Eficiencia de Ingresos}$$

La eficiencia en ingresos, de acuerdo con el concepto de Farrell, se define como el cociente entre el ingreso observado (I) y el ingreso máximo alcanzable determinado por la frontera dados los precios de outputs, (I^*). Un valor de la eficiencia en ingresos de $EI = I/I^*$ implica que sería posible aumentar el ingreso de la empresa en $(1-EI) \cdot 100\%$, dados los precios de los outputs a los que se enfrenta la empresa.

Eficiencia en beneficios: La eficiencia en beneficios relaciona los beneficios (B), generados con un determinado vector de producción, con el máximo beneficio posible asociado a ese vector y determinado por la frontera (B^*). Si consideramos la existencia de poder de mercado en la fijación de los precios de los outputs, siguiendo a Berger y Mester (1997) y a Maudos y Pastor (1999), se obtiene la denominada frontera de beneficios estándar. La frontera estándar de beneficios supone que existe competencia perfecta en los mercados de outputs e inputs de forma que las empresas son precios aceptantes y toman los precios como dados. Dado el vector de precios de los outputs (u) y el de precios de los inputs (v), la empresa bancaria trata de maximizar los beneficios ajustando las cantidades de los vectores de cantidad de output (y) e inputs (x). Así, en este supuesto, se puede expresar:

$$B = B^*(v, u) + E_B$$

(3) **Eficiencia de Beneficios**

La eficiencia en beneficios, de acuerdo con Farrell, se define como el cociente entre el beneficio observado (B) y el beneficio máximo alcanzable determinado por la frontera (B^*), dados los precios de outputs e inputs. Así, un valor de la eficiencia estándar en beneficios de $EB = B/B^*$ implica que sería posible aumentar el beneficio de la empresa en $(1-EB)*100\%$, dados los precios de los outputs e inputs a los que se enfrenta (pp. 39- 42). En cuanto a la opción metodológica de estimación, hay quienes prefieren los métodos paramétricos, por su uso de la econometría. Mientras otros prefieren los de programación matemática.

A continuación se presentan las principales diferencias entre modelos de estimación paramétrica y no paramétrica:

Tabla 8. Análisis comparativo entre análisis de modelos paramétricos y no paramétricos

Enfoque	Método	
	No paramétricos	Paramétricos
Relación con el error	No explica el ruido	Explica el ruido
Permite medir	Eficiencia Técnica, Eficiencia de Escala, Eficiencia Asignativa	Eficiencia Técnica, Economías de Escala, Eficiencia Asignativa y cambio en la PTF
Requerimientos de la información	Cantidades de productos e insumos. <i>Eficiencia en Costos</i> : productos e insumos y precio de insumos. <i>Eficiencia en Ingresos</i> : productos e insumos y precio de los productos. <i>Eficiencia en Beneficios</i> : productos, insumos y precio.	Depende del modelo. <i>Función de Producción</i> : productos e insumos. <i>Función de costos</i> : Costos, producto y precio de insumos. <i>Función de beneficios</i> : beneficios, cantidades, precio de insumos.
Estimación	Programación Matemática	Econometría
Otras observaciones	No requiere especificar una forma funcional para calcular la frontera eficiente. Sensible al número de variables, errores de medida y outliers. Dado su carácter determinístico, no requiere realizar supuestos sobre la distribución del término error.	La especificación de alguna forma funcional para estimar la frontera eficiente. Puede confundir ineficiencia con alguna mala especificación del modelo. Requiere una distribución para cada uno de los términos de error.

Fuente: Elaboración, propia (2014), en base a información obtenida de Carbajal, 2011, p. 3.

No existen argumentos concluyentes en favor de uno u otro método. Finalmente, la elección entre ambos dependerá de los datos con los que se cuente y de las preferencias del investigador.

3.3 Modelos con aproximación no paramétrica

Como ya fue mencionado, los principales modelos aproximación no paramétrica son el DEA Y FDH, los cuales se explicaran a detalle, pero son resumidos a continuación:

3.3.1 Modelo Free Disposal Hull (FDH)

Esta metodología fue originalmente esbozada por Farrel (1857). Quien desarrolló un índice de eficiencia técnica para medir la máxima reducción equiproporcional en la totalidad de los inputs consistente con la producción de outputs observados (Herrera & Francke, 2007, p. 17). Este modelo fué introducido ya formalmente por Deprins y Tulkens en 1984, “asume la no convexidad del conjunto de combinaciones de inputs y outputs, así como libre disponibilidad gratuita de factores y productos, sustentado en la frecuente dificultad para hallar una justificación teórica o empírica que avale el postulado de convexidad” (Gimenez, 2003, p. 72). Este aspecto fue observado desde 1957, cuando Farrell apuntó que la indivisibilidad de inputs y outputs, las economías de escala y especialización podía ser causa de violación del supuesto de convexidad.

Estos modelos son capaces de medir: La desviación global en costes de cada empresa (los ahorros potenciales); La descomposición de esta desviación en función de sus factores explicativos, distinguiendo entre la ineficiencia técnica; La asignación incorrecta de factores, la utilización de la capacidad o escala adoptada; La fijación de objetivos para los diferentes inputs y outputs, que

permitan lograr la eficiencia en costes de cada empresa; La diferenciación entre ineficiencias que son corregibles a corto y largo plazo (Gimenez, 2003, p. 70).

Como principales ventajas de este tipo de modelos se tiene:

- ❶ No requiere conocimiento a priori de la función de producción, ya que la frontera eficiente se construye en base a observaciones conocidas (Guzman, 2005).
- ❷ Cherchye, Kuosmanen y Post afirman que poseen mayor sentido económico que los DEA, ya que los precios se fijan endógenamente (Gimenez, 2003).

Los modelos FDH no están exentos de críticas y limitaciones, ya que:

Pueden calificar como técnicamente eficientes unidades con vectores asociados de inputs-outputs que son ineficientes desde el punto de vista de maximización de beneficios. Esta crítica se sustenta en el hecho que en estos modelos, las unidades consideradas como eficientes no llevan asociado necesariamente un vector de precios virtuales para los inputs y outputs que suponga un beneficio asociado a dichas unidades nulo, y negativo o nulo para el resto, a diferencia de lo que ocurre en los modelos DEA. Bajo el criterio de eficiencia económica de Nerlove (1965), afirman que una combinación de inputs-outputs es económicamente eficiente si, para unos precios dados comunes para el conjunto de unidades, no puede hallarse otra combinación que obtenga un resultado mejor; *Al basarse en programas lineales mixtos, el análisis de sensibilidad clásico asociado a los programas duales queda invalidado; Como consecuencia de la menor imposición de estructura a la función de producción de los modelos FDH respecto a los DEA, acostumbra a ser necesario disponer de un número mayor de unidades a comparar.* No obstante, esta última limitación puede considerarse ventaja, ya que aquellas unidades que aparecen como ineficientes en un análisis FDH, aunque sean en número reducido, adolecen de problemas de eficiencia (Gimenez, 2003, p. 72).

3.3.2 El análisis Envolvente de Datos (DEA)

El análisis DEA es una técnica de programación matemática no lineal donde las empresas eficientes se unen linealmente, conformando una envolvente de posibilidades de producción para el resto de las empresas ineficientes. “El segmento que une dos empresas eficientes próximas

entre sí constituye un límite eficiente y con orientación input u output, haciendo uso de algoritmos de programación lineal obteniendo resultados equivalentes” (González & Álvarez, 2001). “Dentro de los requisitos de los modelos DEA, está la homogeneidad las unidades comparadas²⁸” (Gimenez, 2003, p. 73). “En caso contrario, una evaluación negativa de alguna de ellas podría depender de factores externos y por tanto que este fuera de su alcance (Arzubi & Berbel, 2002, p. 107)”. Esto queda centrado en dos aspectos: Homogeneidad en la escala de producción, y; Homogeneidad en el uso de inputs y outputs y en las circunstancias que constituyen el ámbito de actuación de las unidades.

La información obtenida mediante la aplicación del modelo DEA hace referencia principalmente, a cuatro aspectos, los cuales son descritos por Fernández & Flores (2005):

El indicador de eficiencia, que revela si la unidad analizada es o no es eficiente; *Las holguras*, que señalan las cantidades de inputs y outputs a disminuir e incrementar, respectivamente; *Las unidades eficientes* que se toman como punto de referencia, y a las que se deberán aproximar el resto de unidades no eficientes respecto al nivel de consumo de inputs y producción de outputs y; *Los coeficientes*, que señalan la importancia de cada indicador en la determinación de la eficiencia (p. 4).

Asimismo, la información que facilita el modelo permite evaluar: *Los niveles de actividad y recursos que podrían alcanzarse en situación de eficiencia*, y con ello, los aspectos de la actividad que podrían ser mejorados; *El nivel de producto que podría obtenerse si se redujeran los recursos disponibles*. (Fernández & Flores, 2005). El hecho de que una DMU forme parte de la frontera no significa que la entidad haya obtenido su eficiencia máxima, pero si indica que las restantes unidades pueden mejorar su nivel de desempeño, situándose donde están en la frontera (Fernández & Flores, 2005).

²⁸ Lo que implica que no pueden existir grandes disparidades en términos de inputs empleados y output producidos.

De acuerdo a Romeu & Rodríguez (2008) y Arzubi & Berbel (2012), la medición de la eficiencia de una unidad productiva mediante el DEA implica el cumplimiento de dos etapas básicas:

1. La delimitación del conjunto de posibilidades de producción a partir de datos observables y supuestos tecnológicos formulados. Los supuestos más comunes son la libre disponibilidad de productos, factores y, de tecnología con rendimientos constantes o variables de escala.
2. La estimación de la medida de eficiencia relativa que proporciona la máxima expansión factible de la producción o la máxima contracción de los factores de la unidad dentro del conjunto de posibilidades de producción.

Entre las principales ventajas de esta metodología se puede comentar que:

1. Da la posibilidad de comparar cada empresa ineficiente con la eficiente con similar mix de *outputs* e *inputs*, que actúa como referente (*peer*), lo que es útil para guiar el comportamiento de las unidades de producción (Arzubi & Berbel, 2002, p. 107).
2. Permite incorporar cualquier número de inputs y outputs y; además, pueden ser de cualquier naturaleza, solo se necesita una unidad de medida que valore su magnitud.
3. Las DMU se comparan con una DMU ideal construida a partir del desempeño de DMU pares reales, productivamente más eficientes (González & Álvarez, 2001). De modo tal que ofrece una gran cantidad de información particularizada para cada DMU, que sirven de guía de las unidades ineficientes (Schuschny, 2007, p. 23).
4. Permite trabajar con múltiples insumos y productos que poseen distintos sistemas de unidades (Schuschny, 2007, p. 22).

5. El modelo incurre en diferentes escenarios, ya que no visualiza a la producción como el resultado de la suma e interacción de los factores intervenidos, si no que contempla la relación global de outputs obtenidos e inputs empleados (Quindos & Cuervo, 2000).
6. Esta metodología no obliga a suponer el pleno empleo de los factores productivos (Schuschny, 2007, p. 22).
7. El uso de programación lineal no está sujeta a problemas estadísticos tales como: sesgos de ecuaciones simultáneas y errores de especificación.
8. La propiedad fundamental es que esta técnica no requiere el uso de formas funcionales explícitas previas, solo combinaciones de factores que generen outputs (Nuñez, Perez, & Saul, 2013, p. 600).
9. Se ajusta a situaciones en que los precios de los factores y productos son desconocidos, siendo calculados propiamente por el DEA (Schuschny, 2007).
10. No tiene una orientación financiera, sino que lleva a cabo un análisis del proceso de transformación de inputs en outputs que generan una medida (Nuñez, 2013, p. 600).

Dentro de las limitaciones de esta metodología se puede comentar que:

1. El método es sensible a los errores de medición, así como los efectos ambientales. Por lo que son los outliers altamente productivos los que pueden afectar los resultados ya que la frontera se construye a partir de estos (Schuschny, 2007, p. 23).
2. Al ser una técnica no paramétrica se dificulta la formulación de test de hipótesis estadísticas, que limitan la confiabilidad (Galacho, 2010).
3. No estima eficiencias o ineficiencias absolutas (Arzubi & Berbel, 2002, p. 107).

4. La exclusión de variables no consideradas puede dar lugar a ineficiencias (espúreas), ya que es difícil distinguir entre error aleatorio e ineficiencia. Supone que cualquier alejamiento de la frontera de una asignación de insumos y productos se deberá únicamente a un comportamiento ineficiente (Schuschny, 2007, p. 23).

5.- La flexibilidad de elección en las ponderaciones, además de ventaja, puede ser un problema, en el sentido de que la evaluación de eficiencia de alguna unidad, algún input u output reciban una ponderación nula y, por tanto, no sean contemplados en el proceso de cómputo. Lo que implicaría que variables importantes para el sector pasen desapercibidas (Galacho, 2010).

6.- Es un modelo con el que se debe tener cuidado al seleccionar las variables a incluir pues no existen test adecuados para estimar si los resultados del análisis son estables o varían significativamente con la utilización de otras variables. Ello obliga a realizar estudios de sensibilidad siempre y cuando los datos necesarios sean accesibles (Pastor, 1995).

7.- La fiabilidad de los resultados también depende de la relación existente entre el número de variables y el de unidades consideradas (Galacho, 2010).

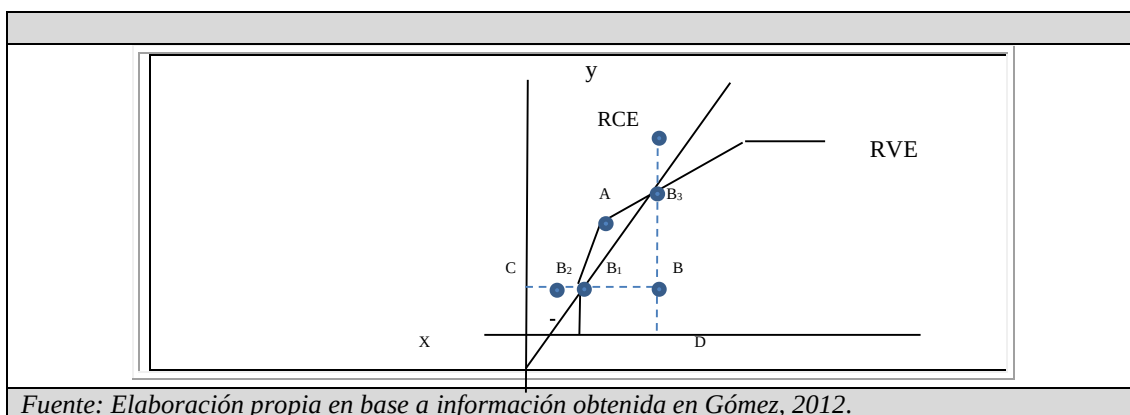
Este tipo de problemas daría lugar a una contradicción. Puesto que, si bien una correcta evaluación requeriría la inclusión de estas variables en el análisis, no tendría sentido establecer como objetivo una reducción en el consumo de un input que la DMU tendría que alcanzar para ser eficiente, si dicho input estuviera al margen de su control. Por esto surgen modelos alternativos, en los cuales se tratan los factores exógenos (Pastor, 1995).

3.3.3 El modelo básico DEA

Inicialmente el modelo de *Rendimientos Constantes a Escala* (RCE), se da a conocer en 1978 con una publicación realizada por Charner, Cooper y Rhodes, razón por la que muchas veces se le conoce como modelo CCR, en base a la tesis doctoral presentada por Rhodes, quien tomó como referencia el trabajo de Farrell (1957), la cual fue posteriormente extendida por Banker, Charnes y Cooper (1984), es decir el modelo de *Rendimientos Variables de Escala* (RVE), ó modelo BCC, también llamdo así por las inciales de sus colaboradores. “La frontera de eficiencia está formada por las observaciones del desempeño de cada uno de los productores comparados, determinadas por las relaciones entre los inputs y outputs para producir la misma cantidad de outputs que produce el resto de las empresas comparadas” (Gómez & Pascual, 2010).

En el figura siguiente, se ilustra el caso de dos entidades A y B tales que a partir de un único input, x , obtienen un único output, y . Se han representado las dos fronteras DEA respectivas de los modelos DEA-RCE y DEA-RVE: frontera de RCE y frontera de RVE.

Figura 9. Representación gráfica del modelo DEA- RCE y RVE



En la figura mostrada se expresa lo siguiente, el segmento indicado por B_1 y A representa rendimientos crecientes a escala. De manera que la unidad B_1 es técnicamente eficiente, pero

ineficiente a escala constante. El punto A se encuentra sobre ambas fronteras, por lo tanto representa eficiencia tanto técnica como a escala. El tramo A y B_3 representa rendimientos decrecientes, siendo estas técnicamente eficientes, pero ineficientes a escala.

Considerando una orientación output, puede observarse que en el supuesto de RCE, la eficiencia de la entidad B está dada por el cociente DB/DB_4 . Si la entidad opera con tecnología de rendimientos variables a escala, la eficiencia está dada por la ratio DB/DB_3 . La relación por cociente entre la *Eficiencia técnica global* y la *eficiencia técnica pura* (ETG/ETP), es decir, DB_3/DB_4 produce como resultado la eficiencia de escala. Tal eficiencia puede ser interpretada como la parte de la ineficiencia presente en ETG que obedece a la escala de producción de la entidad que se evalúa, es decir, es el resultado de descontar a la ETG la ETP .

Donde:

ETG= Eficiencia Técnica Global

ETP = Eficiencia Técnica Pura

EE = Eficiencia Técnica de Escala

¹

Por tanto, se tiene que:

$$ETG = ETP + EE$$

(4) **Eficiencia Total Global**

Puede concluirse que la frontera de RCE es más restrictiva y producirá, generalmente, un menor número de entidades eficientes así como puntuaciones menores de eficiencia. Debe observarse, además, que la eficiencia input y output bajo RVE no es necesariamente igual. Los resultados que pueden obtenerse con la aplicación del modelo $DEA-RCE$ es similar a la que proporciona el modelo RCE . A partir de los valores óptimos de la resolución del modelo para cada unidad pueden determinarse diferentes aspectos: valores objetivo, conjuntos de referencia para las unidades ineficientes, porcentajes de mejora input/output, porcentajes de contribución input/output, etc.

Además, es posible descomponer la eficiencia técnica global en eficiencia técnica pura y eficiencia de escala (Gómez, 2012, pp. 76- 78).

3.4 Desarrollo matemático del modelo

Como fue mencionado, tanto en la versión *RCE* como en la *RVE*, la eficiencia puede ser caracterizada con relación a dos orientaciones básicas: en relación a los outputs y o los inputs:

Los modelos outputs orientados, buscan, dado el nivel de inputs, el máximo incremento proporcional de los outputs permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. Una entidad no es eficiente si es posible incrementar cualquier output sin necesidad de incrementar un input y sin disminuir ningún otro output. La formulación matemática, será de maximizar la ecuación. *Los modelos inputs orientados*, que persiguen, la máxima reducción proporcional en el vector de inputs permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. Una entidad no es eficiente si es posible disminuir cualquier input sin alterar sus outputs. En este caso la función de la ecuación, será de minimización (Gómez, 2012, p. 70).

3.4.1 Modelo de rendimientos constantes a escala (RCE)

Este primer análisis de programación recibe el nombre CCR, ya que como fue mencionado anteriormente, fue desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes. Entre las hipótesis que maneja el modelo se encuentra la convexidad, la tecnología de producción con RCE y la orientación hacia la maximización del uso de los recursos productivos (Schuschny, 2007). Realiza la localización de la escala más productiva al comparar cada unidad analizada con las que tienen similar tamaño. A continuación se desarrolla el modelo matemático, de acuerdo a lo establecido por Herrera & Francke (2007), Martínez & Carrasco (2006) y, Sanueza (2003), desde una orientación input y output.

Orientación output

La representación matemática del modelo de acuerdo supone una muestra de unidades de decisión de medida (DMUs) tales que cada DMU_j ($j=1,2,3...n$) produce s outputs Y_{rj} ($r=1,2,3...s$) utilizando m inputs X_{ij} ($i=1,2,3...m$). El modelo *DEA-RCE* output orientado expresado en forma fraccional se formula mediante las ecuaciones siguientes:

$$\text{Min } h(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}} \quad (5) \text{ Modelo DEA- RCE, orientación output, forma fraccional}$$

$$\text{s.a.} \quad \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}} \geq 1 \quad ;$$

$$v_i, u_r \geq 0$$

$$j=1,...,n; \quad r=1,...,s; \quad i=1,...,m$$

El subíndice, representa a la unidad evaluada. Los pesos óptimos (u^*, v^*) , solución del problema, diferirán de una entidad a otra, ya que el modelo se resuelve para cada entidad.

El coeficiente de eficiencia de la unidad está dado por $1/h^*$.

Si la solución óptima es $h^*=1$, esto indicará que la entidad que está siendo evaluada es eficiente en relación con las otras entidades consideradas. Si el índice es mayor que uno, la unidad evaluada será ineficiente. En este caso, las entidades que con los mismos pesos (u^*, v^*) de la entidad ineficiente que está siendo evaluada, resulten ser eficientes se denominan peers (pares) y constituyen el conjunto de referencia eficiente de la unidad ineficiente.

Este programa factorial puede transformarse en un programa lineal para facilitar su resolución. Para ello, basta con minimizar el numerador de la función objetivo manteniendo constante el denominador.

$$\text{Min } h(u, v) = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} \quad (6) \text{ Modelo DEA- RCE, orientación output, programación lineal}$$

$$\begin{aligned}
s.a \quad & \sum_{i=1}^s u_r y_{rj} = 1 \\
& \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{i=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 \\
& V_i, u_r \geq 0 \\
& j=1, \dots, n; \quad r=1, \dots, s; \quad i=1, \dots, m
\end{aligned}$$

El programa lineal selecciona las ponderaciones que minimizan el input virtual de la unidad evaluada ($v_i x_{i0}$) condicionadas a que su output virtual ($u_r y_{r0}$) sea igual a la unidad, así como que la aplicación de dichas ponderaciones al resto de unidades de decisión evaluadas no permita que su output virtual exceda del input virtual. La unidad será eficiente si su input virtual es la unidad.

En la práctica, el cálculo de los índices de eficiencia resulta más sencillo si se utiliza la forma dual del modelo anterior, a través de la cual se construye una aproximación lineal por tramos a la verdadera frontera de producción. La formulación dual es la siguiente:

Max φ

$$\begin{aligned}
s.a \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0} & i=1, \dots, m & \quad (7) \text{ Forma dual del modelo DEA- RCE} \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \varphi \cdot y_{r0} & r=1, \dots, s \\
& \lambda_j \geq 0 & j=1, \dots, n
\end{aligned}$$

En este caso, $\varphi = 1$ si la unidad evaluada se considera eficiente, pues no existe otra que produzca más o que consiga el mismo nivel de producción con menores recursos que ella. Con este análisis DEA también se puede detectar posibles reducciones adicionales en los inputs o incrementos en los outputs mediante la incorporación al modelo dual de las denominadas variables de holgura o slacks. Por tanto, es posible que no se satisfaga la condición de eficiencia de Pareto- Koopmans, más restrictiva que la de Farrell, según la cual una entidad es eficiente si y solo si $\varphi^*=1$ y todas

las holguras son cero, en caso contrario la entidad es evaluada como ineficiente. Concretamente, para los inputs estas holguras representan la cantidad adicional que se podría ahorrar cada productor en la utilización de los mismos en el caso de ser eficiente, mientras que, para los outputs se identifican con cuánto podría incrementar la producción si alcanzara un comportamiento eficiente. Estas variables de holgura se pueden incluir en el DEA a través de las siguientes expresiones:

$$s_i^- = X_{i0} - (\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{ij}) ; \quad S^+ r = (\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj}) - \varphi \cdot y_{r0} \quad (8) \text{ Variables de holgura}$$

Donde s_i^- representa el exceso de input i y $S^+ r$ la carencia del output r . Por lo que el modelo dual (de maximización del output) es la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Max } \varphi + \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s S^+ r \quad (9) \text{ Forma dual del modelo DEA- RCE, Maximización} \\ \text{s.a } \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- = X_{i0} \quad i=1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S^+ r = \varphi \cdot y_{r0} \quad r=1, 2, \dots, s \\ \lambda_j \geq 0; \quad S^+ r \geq 0, \quad s_i^- \geq 0 \end{aligned}$$

Donde φ es el índice de eficiencia, λ_j son las ponderaciones y s_i^- y $S^+ r$ son las variables de holgura de los inputs y de los outputs, respectivamente. En este caso una DMU es relativamente eficiente si y solo si su índice de eficiencia es igual a la unidad y además todos los slacks son nulos. Con esta formulación del programa, además de asignar un índice de eficiencia a cada unidad evaluada, se obtiene un valor que refleja la *ineficiencia* en el uso de cada input o en la consecución de cada output. Esta información es mucho más completa que la que ofrece el índice de eficiencia y puede ser de gran utilidad a la hora de identificar el origen de posibles ineficiencias por parte del productor.

A nivel práctico, uno de los resultados DEA que puede resultar más interesante consiste en la obtención, para toda entidad ineficiente, de un *punto de proyección* $(X_0, \bar{Y}_0)$ sobre la frontera eficiente que represente a una entidad (real o virtual) eficiente, la cual, en un modelo outputs orientado producirá, como mínimo, la proporción ϕ de los outputs de la unidad evaluada y consumirá, como mucho, la misma cantidad de inputs.

El referido punto de proyección vendrá dado por $X_0 = \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j$; $Y_0 = \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j$ es decir, la entidad eficiente resultante de la proyección es obtenida como una combinación lineal de los puntos observados, esto es, de otras entidades, que se dice constituyen el conjunto de referencia de la entidad evaluada y calificada como ineficiente. Conocidas para la entidad ineficiente las coordenadas de su proyección sobre la frontera, es posible determinar otros dos importantes resultados: *sus valores objetivo* (input y output) y *la mejora potencial* que debería promoverse.

Los *valores objetivo*, también conocidos como *targets*, son los niveles input y output que, en caso de alcanzarlos, convertirían a una entidad ineficiente en eficiente. La *mejora potencial*, en términos absolutos o relativos, se obtiene al comparar los valores observados para la entidad evaluada con sus valores objetivo, y permite establecer la cuantía de la reducción input y/o incremento output que ésta debería tratar de promover para convertirse en eficiente. A su vez, la mejora potencial de una entidad puede ser descompuesta en mejora proporcional (reducción radial) y mejora holgura (reducción holgura). Determinado el conjunto de referencia y los valores objetivo de una entidad ineficiente, también resulta muy interesante poder saber en qué medida cada una de las unidades del *conjunto de referencia* (benchmark) contribuye a éstos. Esta información expresa la mayor o menor importancia que, en cada variable input y output,

representa la benchmark para la entidad ineficiente. La mejora potencial, en términos absolutos o relativos, se obtiene al comparar los valores observados para la entidad evaluada con sus valores objetivo, y permite establecer la cuantía de la reducción input y/o incremento output que ésta debería tratar de promover para convertirse en eficiente. A su vez, la mejora potencial de una entidad puede ser descompuesta en mejora proporcional, derivada de la reducción radial, y mejora holgura, derivada de la reducción holgura.

Determinado el conjunto de referencia y los valores objetivo de una entidad ineficiente, también resulta muy interesante poder saber en qué medida cada una de las unidades del conjunto de referencia (benchmark) contribuye a éstos. Esta información permitirá poner de manifiesto la mayor o menor importancia que, en cada variable input y output, representa la benchmark para la entidad ineficiente. El porcentaje de contribución de la entidad eficiente k a los valores objetivo del output r de una entidad ineficiente ($PC_{k,r}$), vendrá dado por:

$$PC_{kr} = 100 \frac{\lambda r_k Y r_k}{\sum_{j=1}^n \lambda^* j Y r_j} \quad (10) \text{ Porcentaje de Contribución de la unidad Eficiente a los valores objetivos output}$$

En tanto que el porcentaje de contribución de la entidad eficiente k a los valores objetivo del input i de una entidad ineficiente ($PC_{k,i}$) será:

$$PC_{ki} = \frac{100 (\lambda i_k X i_r)}{\sum_{j=1}^n \lambda^* j X i_j} \quad (11) \text{ Porcentaje de Contribución de la unidad Eficiente a los valores objetivos input}$$

Eficiencia débil y eficiencia fuerte

Los modelos anteriores proporcionan el resultados de eficiencia para la unidad de evaluación, escalando cada entrada o salida por la misma cantidad. De esta manera, resulta posible que como resultado de estos modelos aparezcan unidades catalogadas como eficientes, $\varphi = 1$, las cuales, sin embargo, podrían tomar menos de alguna entrada o producir más de alguna salida en comparación

a su correspondiente DMU compuesta óptima. Para ilustrar de mejor manera, Sanhueza (2003) presenta el siguiente ejemplo, donde el modelo DEA encuentra que las tres DMUs son eficientes ($\phi = 1$), sin embargo se observa que la DMU_0 puede reducir aún más la entrada, es decir, existe una holgura en la operación eficiente de la DMU_0 . Esta situación se conoce como eficiencia débil y ocurre porque en el modelo DEA para que una DMU sea eficiente, basta que ésta utilice la cantidad eficiente en solo una de sus entradas (X_{10}, X_{11})

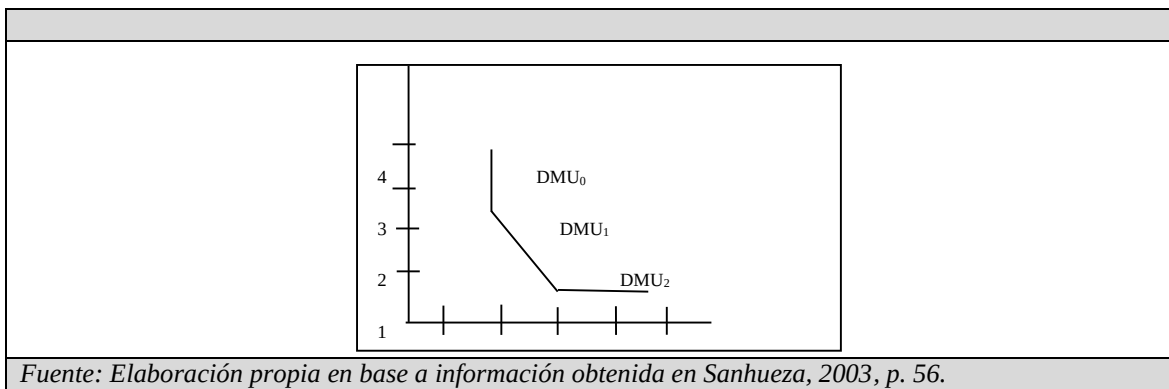
Tabla 9. Ejemplo de eficiencia débil y eficiencia fuerte

	y	X_1	X_2	ϕ	V_0	U_1	U_2
DMU₀	1	2	4	1	1	0.50	0.00
DMU₁	1	3	3	1	1	0.28	0.14
DMU₂	1	2	1	1	1	0.16	0.50

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en Sanhueza, 2013, p. 56.

Como una manera de evitar estas dificultades, Charnes, Cooper y Rhodes, propusieron que el problema podría reformularse imponiendo que u_r, v_i fuesen positivas. Si se revisa el resultado de eficiencia de la DMU_0 en el ejemplo, se encuentra que la solución se obtiene con $v=1, u_1=0.5$ y $u_2=0$, donde claramente el resultado $u_2=0$ contradice la consideración impuesta en la segunda entrada.

Figura 10. Eficiencia débil en DEA



De esta manera, para obtener la condición de eficiencia fuerte se debe de asegurar que el máximo exista con ur y ui positivos.

3.4.2 Modelo de rendimientos variables de escala (RVE)

Desde el punto económico supone el proceso productivo de la empresa bajo el horizonte temporal de largo plazo. Al no establecer la restricción de convexidad como en el caso anterior, permite disponer de una región más amplia para obtener la solución.

Orientación output

Los modelos vistos anteriormente, son modelos que permiten medir la eficiencia puramente técnica, eliminando la influencia que pudiera tener la existencia de economías de escala. La medida de eficiencia de una unidad puede estar condicionada no solo por la gestión de la misma; sino también, por la escala en la que opere y los modelos anteriores suponen RCE. Esto significa que las unidades se comparan como si estuvieran sometidas a rendimientos constantes y se contempla la posibilidad de existencia de ineficiencias debidas a las diferencias entre escalas operativas en cada DMU. Banker, Charnes Y Cooper (1984), propusieron como solución a esa consideración implícita el añadir una restricción adicional al modelo de RCE de manera de restringir la búsqueda de DMU compuesta más eficiente sobre la envoltura convexa definida para las DMUs, con lo cual la comparación se realiza entre DMU con características similares

$$\text{Max } h(u, v) = \sum_{r=1}^s UrYr0 + \mu \quad (12) \text{ Modelo DEA- RVE, orientación output fraccional}$$

$$\text{s.a } \sum_{r=1}^s VrYrj - \sum_{i=1}^m UiXij + \mu \leq 0; \quad j = 1, L, n \quad (13.) \text{ Modelo DEA- RVE rendimientos crecientes}$$

$$\sum_{r=1}^s UrYrj = 1 \quad j: 1, \dots, n \quad (14) \text{ Modelo DEA- RVE rendimientos constantes}$$

$$Vr, ui \geq 0 \quad j: 1, \dots, n \quad (15) \text{ Modelo DEA- RVE rendimientos decrecientes}$$

$$\mu \text{ libre}$$

En este último modelo el óptimo, μ , indica las posibilidades de rendimientos a escala en que se encuentra operando la unidad. “ $\mu \leq 0$ implica que la unidad evaluada está operando con rendimientos crecientes a escala; $\mu \geq 0$ implica que la unidad está operando bajo rendimientos decrecientes y, finalmente $\mu = 0$ indica que está operando bajo RCE” (Sanhueza, 2003, p. 89).

3.5 Modelo DEA en diferentes etapas

En la actualidad, los factores de eficiencia y factores de eficiencia se hacen presente en múltiples estudios, dada su influencia que estos tienen en el logro de los niveles de eficiencia:

Recientemente se vienen desarrollando métodos de estimación de eficiencia que tienen en cuenta la presencia de factores externos al proceso de producción, los llamados factores de ambiente o de entorno, y que son incontrolables por parte de los responsables de las unidades de gestión de la muestra. Estos factores responden al hecho de que existen circunstancias particulares para las distintas submuestras, que provoca que la frontera no sea común a todas las unidades. La realización de un análisis sin tener en cuenta estos, da lugar a que empresas no lleguen a la frontera por imperativos fuera de su entorno y sean calificadas como ineficientes. Por esta razón se introducen variables de entorno o factores de eficiencia en los trabajos de investigación. (Palomares, , 2012, p. 4) La idea central de los métodos de análisis con variables de entorno es que la eficiencia que se deriva de la resolución de la frontera incluyendo únicamente las variables propias de la producción (input y output) contiene solapados dos efectos distintos que se deben por un lado a la eficiencia de la empresa dentro de su entorno (frontera) y otro a la diferencia en productividad debida a dicho entorno en comparación con los demás (Palomares, Martínez, & Carrasco, 2006, p. 478).

De manera general, se puede decir que los esfuerzos efectuados para descomponer estos efectos han dado lugar a distintos métodos, según se trate de variables cuantitativas o categóricas (Palomares, 2012). Uno de los enfoques que se ha llevado a cabo para la inclusión en el análisis de eficiencia de variables de entorno es el que se denomina, de programas y, fue inicialmente planteado por Charnes, *et al.* en 1981:

...Uno de los enfoques que se ha llevado a cabo con el fin de estudiar posibles diferencias inducidas por la aplicación de un programa de actuación en un subgrupo concreto de colegios públicos. Este método estima fronteras separadas para los distintos subsectores y posteriormente proyecta la frontera para eliminar la ineficiencia intraprograma. Una segunda frontera a partir de los datos corregidos para toda la muestra, da lugar a estimaciones de distancias que únicamente se deben al efecto del programa; estas últimas distancias permiten la evaluación de dicho programa (Palomares, 2012, p. 4).

Dentro de este tipo de análisis es importante considerar cuál es el objetivo planteado con el análisis. Es decir, la corrección del efecto del entorno, o la detección y estudio del mismo.

Martínez y Palomares, (2010) en su investigación de variables de eficiencia, describen los distintos métodos que existen para medir la eficiencia de acuerdo al número de etapas que estos presentan:

1.- De una etapa: estos incluyen la información sobre los inputs no controlables en la construcción de los índices de eficiencia, en el cual se modifican ciertas restricciones para dar un tratamiento diferenciado a éstas variables. Este tipo de planteamiento tiene la ventaja de simplificar el cálculo de los índices de eficiencia; sin embargo, presenta algunos problemas de carácter metodológico relacionados fundamentalmente con la pérdida de grados de libertad por la incorporación de nuevas variables al modelo. Además de ello, éste modelo es posible aplicarlo, tan sólo si la orientación elegida es al input, siendo los índices obtenidos bajo esta metodología siempre mayores o iguales que los resultantes bajo un modelo DEA sin variables exógenas. Resultando imposible ajustar a la baja el índice de las unidades que se benefician de un entorno relativamente favorable.

⊙ **DEA+ Regresión (Banker y Morey, 1986):** Este método considera las variables de entorno en una única etapa, determinando los niveles de eficiencia que se suponen correctivo para variable.

Se realiza un análisis DEA e incluyen a las variables de entorno, junto con los inputs y outputs propios de la producción, considerándolos como inputs fijos.

① DEA (Lozano, Pastor y Pastor (2002): Es similar al de Banker y Morey ya que resuelve en un solo modelo incluyendo las variables de entorno. La diferencia sustancial que los autores le dan a las variables de entorno, es el carácter de input u output dependiendo de la posible influencia sobre eficiencia. Si la variable proporciona un aumento de eficiencia porque favorece la misma, se introduce en el modelo como input, en el caso contrario es introduce como output. La base conceptual del método es que la comparación de cada DMU con respecto al resto de las unidades, se han realizado con aquellas que tienen condiciones iguales o mejores que ella con respecto a la variable en torno.

2.- De dos etapas: Consiste en realizar un ajuste sobre los índices de eficiencia iniciales a partir de los parámetros estimados en una regresión en la que se incluyen los índices de eficiencia iniciales como variable dependiente y las variables representativas de los input no controlables o variables de entorno como regresores. Dicha estimación es posible realizarla de diferentes maneras; sin embargo, la más recomendable es aplicando un modelo Tobit, puesto que los índices de eficiencia presentan censura. Sin embargo, estos modelos presentan importantes limitaciones. Una de ellas es que, al considerar únicamente el componente radial de la eficiencia, asumen erróneamente que la influencia de las variables discrecionales es la misma sobre todas las variables del proceso (inputs y outputs). La segunda limitación, más relevante, es el hecho de generar sesgo en los parámetros de la estimación, debido a la existencia de correlación entre los valores de los índices de eficiencia calculados en la primera etapa (variable dependiente), incumpléndose, un requisito fundamental en el análisis de regresión. Este tipo de problemas

puede evitarse usando los algoritmos propuestos por Simar y Wilson (2007), quienes mediante la aplicación de técnicas de doble bootstrap en la estimación de los parámetros dan solución a este problema.

① DEA+ Regresión: De las primeras aplicaciones de este método encontramos a Ray (1991) y Bhattacharyya (1997), que presentan un enfoque de las variables de entorno en el sector bancario. Este método se puede sintetizar de la siguiente forma: en una primera etapa se estima en la frontera. El resultado de esta primera etapa da lugar a la estimación de un índice de eficiencia contaminado con el efecto de entorno. Posteriormente se corrige el índice de eficiencia del efecto debido a las variables en torno a las variables de entorno restándole el valor de predicción del modelo estimado.

① DEA+ DEA Pastor (1994): En una primera etapa se resuelve un modelo DEA incluyendo solo outputs y las variables de entorno. Posteriormente se calcula las proyecciones de la frontera de las unidades ineficientes corrigiendo los outputs. En la segunda fase se resuelve un modelo DEA de todas las unidades con los datos originales observado, añadiendo los dominados ineficientes inputs u outputs (dependiendo de la orientación) corregidos.

① Método de Programas (Charnes, Cooper y Rhodes, 1981): Conocido como CCR. Esta variable fue concebida para ser aplicada a casos en los que la variable de entorno es categórica y sobre todo al objetivo de estimar la eficiencia técnica la variable entorno. En una primera etapa se divide la muestra en submuestras crops correspondientes a distintos valores de la variable de entorno, y se destinan a plantear mediante DEA. Posteriormente se sustituyen los valores observados de inputs u outputs puesto en valores objetivos, cada uno en una submuestra correspondiente. De esta manera se elimina en cada submuestra la ineficiencia de las unidades

ineficiente. En una segunda etapa se estima la frontera y el índice de eficiencia con toda la muestra y con los datos corregidos. El nuevo índice de eficiencia recoge el efecto que se debe únicamente hay diferencias entre las categorías de la variable de entorno. En caso de programas estas variables nos daría la eficiencia de los mismos.

Este método realiza en primer lugar la estimación de la eficiencia de cada DMU dentro de cada programa, corrigiendo posteriormente la ineficiencia mediante una proyección a la frontera, con lo que el slack residual contendría dos componentes: el efecto del entorno (programa) y el del error. En la resolución del modelo DEA de la segunda etapa de este método, que incluye toda la muestra, la distancia a la frontera recoge precisamente esos dos efectos conjuntos, habiendo sido corregida la ineficiencia en la primera etapa. Dado que el objetivo del método es comparar y estudiar la incidencia de la variable de entorno (programa), los slacks que resultan de dicha resolución proporcionan la información requerida para las comparaciones. Este método resulta por tanto apropiado para ser utilizado con este objetivo, sobretodo cuando las variables de entorno son del tipo categórica (o discretizada), con pocas categorías, y en aquellos casos en que las submuestras no se pueden escalonar o es difícil aventurar su efecto en la productividad de los distintos subgrupos.

Este modelo implica rendimientos a escala constantes y está orientado hacia los inputs. Se parte de la definición tradicional de eficiencia (cociente entre outputs e inputs) y el propósito es intentar conseguir unos pesos tales que a través de la programación se maximice ese ratio entre outputs e inputs. Para resolver la eficiencia de n unidades, se debe resolver n problemas de programación lineal para obtener los valores tanto de los pesos asociados a los inputs como los de los asociados

a los outputs. Su uso está recomendado bajo la hipótesis de que todas las empresas están operando a una escala óptima (Nuñez *et al*, 2013).

① **Modelo RVE:** Se retoma dada la ausencia de información sobre la frontera de producción. Este es muy parecido al anterior, pero presenta la propiedad de permitir RVE. Y está orientado hacia la minimización de los inputs (Nuñez, Diaz, & Martínez, 2004).

3.- De tres etapas: Se basan en la utilización de los slacks totales (componente radial y no radial) de las variables estimadas en el DEA inicial estándar. El objetivo es identificar que parte de estos slacks se explica por el efecto de los inputs no controlables y que parte está asociada con la propia ineficiencia técnica de los productores. Esta descomposición permite realizar ajustes directos sobre los valores de las variables (inputs y outputs controlables), descontando de esta manera efectos de los factores exógenos. La última etapa, coincidente en todas las alternativas, consiste en realizar un nuevo DEA incluyendo los valores corregidos de las variables en función de la dotación de inputs no controlables de cada DMU, recogiendo los índices de eficiencia estimados concerniente al desempeño de las DMU's. Los métodos de tres etapas tienen las siguientes características y etapas en común:

- ① En una primera etapa se realiza una estimación de la frontera considerando solo los inputs u outputs propios de la producción, y sin que intervengan las variables de entorno. La idea es que los slacks totales le proporcione la solución de este modelo. Contiene el aspecto tanto de eficiencia de gestión intra-entorno, como la del entorno.
- ① En la segunda fase se busca un mínimo para cada input y output el slack dentro de su entorno, y se corrige el efecto de cada input y output.

- ① En la tercera y última etapa se resuelve, mediante el DEA, el modelo de la primera fase con los datos corregidos provenientes de la segunda etapa. La eficiencia que resulta de esta última etapa es sólo de gestión.

DEA+ Múltiple DEA+ DEA (Muñiz, 2001): Nuevamente, la primera etapa del método sería la común al grupo. Este método realiza la segunda etapa igual que Fried y Lovell (1996) en la resolución de los modelos DEA para la determinación de los slacks mínimos dentro del entorno. Introduce una interesante modificación en la corrección de los inputs y outputs, ya que no suma los slacks resultantes de la segunda etapa, sino precisamente los target (proyecciones en la envolvente) por considerar que estos son los que están recogiendo el efecto debido al entorno. La tercera etapa es la común.

- ① DEA+ Múltiple MLG+ DEA (Fried, Schmidt y Yaisawang, 1999): la primera etapa común en grupo, le sigue una segunda en la que emplean métodos econométricos con el fin de separar el efecto debido al entorno. Para ellos destino modelo econométrico para cada input con la siguiente especificación:

- ① Variable endógena: Slack total del input correspondiente a ese modelo.
- ① Variable exógena: Variables de entorno.

Posteriormente, se corrigen los valores correspondientes a ese input, sumándole a su valor observado, para cada empresa, la diferencia del slack predicho tras la estimación y el mínimo predicho de toda la muestra. La tercera etapa es la común grupo (Palomares, 2010, pp. 483- 486).

“A la vista de los métodos descritos en el apartado anterior, si bien todos tienen como fin común introducir en el análisis de eficiencia las variables de entorno, cada uno pudiera resultar más o menos apropiado dependiendo, entre otras cosas, de la naturaleza de las variables, del tamaño de las distintas submuestras o del número total de variables” (Palomares, Martínez, & Carrasco, 2006, p. 487).

En este trabajo, Palomares (2006) propone un nuevo método de tres etapas con variables categóricas, que supone una continuación de la propuesta comentada de Charnes, *et al.* (1981), y que tiene una parte común al de dichos autores, que incluye solo la primera etapa, y la segunda hasta la estimación del modelo *DEA* conjunto. Para ello se propone una nueva corrección de datos dentro de la segunda etapa, y una tercera etapa que dará origen a las eficiencias corregidas por la variable de entorno (Palomares, 2012, pp. 4- 5).

Modelo Múltiple DEA+ DEA+ DEA

Para describir el método propuesto, se plantea el caso de una variable de entorno dicotómica y orientada al input, por simplicidad y sin que esto suponga una grave pérdida de generalidad. Se considera una muestra de N empresas, donde las variables a contemplar en el análisis de eficiencia son M outputs (y_i), L inputs (x_j), con una variable de entorno dicotómica z (con valores z_h para $h = a, b$). En función de dicha variable, la muestra queda dividida en dos submuestras, de tamaño Nh , cuyas matrices de datos serán $Y_h (Nh \times M)$ para los outputs y $X_h (Nh \times L)$ para los inputs, ambas para $h = a, b$. El método se puede analizar describiendo las tres etapas en las que se estructura, tal y como se propone a continuación:

1.- *Primera etapa*: Se divide la muestra en las submuestras correspondientes a distintos valores de la variable de entorno, y se estima una frontera mediante DEA para cada una de ellas. Siguiendo con el ejemplo propuesto, se estiman dos fronteras para $h=a$ y $h=b$ mediante dos modelos DEA orientados al input, obteniendo en cada una los slacks totales correspondientes a cada input y outputs (en su caso), que se denominan $Sxjh$ para $j = 1, \dots, L$, y $Syih$ para $i=1, \dots, M$. Posteriormente se sustituyen los valores observados de input o de output por sus valores objetivos (proyectados sobre la frontera), cada uno en su submuestra correspondiente. De esta forma se elimina la componente de ineficiencia relativa de cada unidad dentro de su grupo. Siguiendo nuevamente con el ejemplo, se calculan para cada valor de h (a y b) los nuevos valores para los inputs y outputs según la siguiente corrección:

$$X^{*h}(nh, j) = Xh(nh, j) - Sxjh \quad (16) \text{ Eficiencia en la primera etapa, inputs}$$

$$j = 1, \dots, L; nh = 1, \dots, Nh$$

$$Y^{*h}(nh, i) = Yh(nh, i) + Syih \quad (17) \text{ Eficiencia en la primera etapa, inputs}$$

$$i = 1, \dots, M; nh = 1, \dots, Nh$$

Donde:

Xh y Yh los valores originales, respectivamente, de inputs y outputs.

2.- *Segunda etapa*: Se estima una nueva frontera mediante DEA, con todas las unidades y con los valores corregidos. En esta etapa los nuevos slacks recogen el efecto debido a los dos componentes restantes, que son la influencia del entorno y el error. Continuando con el ejemplo, las nuevas matrices con los datos de output e input corregidos en la etapa anterior contienen todas las unidades muestrales y las denominamos Y^* ($N \times M$), y X^* ($N \times L$). En estas se basa el modelo DEA, que se resuelve en esta etapa orientado al input, y que dará como resultado slacks totales para cada input y output (en su caso) que son S^*xj para $j = 1, \dots, L$, y $S^*y i$ para $i=1, \dots, M$.

Posteriormente se corrigen los datos originales de input y output con dichos slacks para eliminar esos dos efectos. En el ejemplo, la corrección que se efectúa es la siguiente:

$$X^{**}(n, j) = X(n, j) - S^*x_j \quad (18) \text{ Eficiencia en la segunda etapa, outputs}$$

$$j = 1, \dots, L; n = 1, \dots, N$$

$$Y^{**}(n, i) = Y(n, i) + S^*y_i \quad (19) \text{ Eficiencia en la segunda etapa, inputs}$$

$$i = 1, \dots, M; n = 1, \dots, N$$

3.- *Tercera etapa:* Se estima de nuevo mediante DEA la envolvente definitiva con los datos originales corregidos y procedentes de la segunda etapa. Como resultado de la corrección, las nuevas distancias a la frontera solo recogerán el efecto de la propia ineficiencia de cada DMU. En el ejemplo, las nuevas matrices con los datos de output e input corregidos en la etapa anterior contienen todas las unidades muestrales y se denominan $Y^{**}(N \times M)$, y $X^{**}(N \times L)$. En estas se basa el modelo DEA, que se resuelve en esta etapa orientada al input y que dará los índices de eficiencia de cada empresa que ya no contienen el efecto de la variable de entorno ni del error.

3.6 Método de selección de variables

El proceso de evaluación de la eficiencia a través de los modelos DEA se inicia con la selección de unidades de decisión que serán objeto de análisis. Dentro de los modelos frontera, uno de los aspectos más complejos y controvertidos es precisamente la determinación de los inputs y outputs a utilizar, ya que no existe un conjunto claramente definido y consensuado de la cantidad óptima para emplear. De acuerdo a lo establecido por Araya & Valenzuela (2009), “el primer desafío para aplicar los modelos DEA consiste en seleccionar las variables (inputs y outputs) que describan

con mayor precisión el proceso de transformación de las DMUs evaluadas y permita discriminar claramente las eficientes de las ineficientes” (p. 49).

Particularmente en la literatura no existen directrices precisas sobre cuáles deben ser las variables a emplear en materia de biocombustibles. Algunos autores que han propuesto métodos para seleccionar inputs y outputs han sido Lins & Moreira (1999), Soares de Mello *et al.* (2004), Senra *et al.* (2005), Wagner & Shimshak (2007). Todos ellos han enfocado sus esfuerzos en ordenar y seleccionar aquellas variables que permitan discriminar de la mejor forma posible el desempeño obtenido por cada DMU evaluada, en los casos cuando el número de inputs y outputs potenciales es mucho mayor que el número de observaciones²⁹. Los trabajos de estos investigadores son descritos por Araya & Valenzuela (2009) de la siguiente manera:

Lins & Moreira (1999), parten de un par input- output inicial que tenga alta correlación. El criterio de selección de las variables a ser incluidas consiste en verificar cuál de las variables candidatas provoca mayor eficiencia media en el modelo. El método se detiene al alcanzar un número considerado ideal. El inconveniente de éste procedimiento es que no toma en cuenta el número de DMUs eficientes obtenido en la evaluación de cada promedio, lo cual aísla el criterio de selección al ámbito de mejor ajuste de la frontera. *Soares de Mello et al. (2004)*, propone una metodología de Apoyo Multicriterio a las Decisiones para resolver una problemática de selección $P\alpha$, según clasificación de las problemáticas básicas de apoyo a las decisiones de Roy & Bouyssou (1993). Este método considera como alternativas a las variables candidatas a ser incluidas en el modelo DEA y, como criterios, al mejor ajuste a la frontera y la máxima discriminación. El ajuste a la frontera es medido a través de la eficiencia media, y su normalización crea la variable SEF, que describe el impacto del criterio mejor ajuste a la frontera, alcanzando el valor 10 en la eficiencia máxima y 0 en la eficiencia mínima. La máxima discriminación es medida por el número de DMUs eficientes que se desea minimizar. La normalización de esta medida genera la variable SDIS, la que describe el impacto del criterio máxima discriminación, que alcanza el valor 10 para el menor número de DMUs en la frontera y 0 para el mayor. Para seleccionar la variable que produce la mejor solución, y que debiera entrar en el model, se agregan los criterios mejor ajuste a la frontera y máxima discriminación en un criterio síntesis, a través de la suma ponderada de los respectivos descriptores de impacto, *SEF* y *SDIS*. El descriptor de impacto de este

²⁹ Estos esfuerzos se deben a que es reconocido en la literatura de DEA que mientras mayor es el número de inputs y outputs considerados en el análisis de eficiencia, menores serán las restricciones a los pesos o multiplicadores asignados por el modelo a estas variables y, por lo tanto, menor será el poder discriminatorio de la evaluación realizada.

criterio síntesis es la variable S , tal que $S = \omega \times SEF + (1-\omega) \times SDIS$, con ω es un escalar entre 0 y 1. Para que no exista predominancia de uno de los dos criterios, a menos que existan fuertes razones para estimar lo contrario, se debe hacer $\omega = 0.5$. Senra et al. (2005): Seleccionan variables (inputs y outputs) a partir de un procedimiento exhaustivo usando todas las combinaciones posibles de variables, a las que denomina escenarios. De esta manera, aquella variable que presenta el mayor valor de S , tal como se describió anteriormente en la propuesta de Soares de Mello et al. (2004), es seleccionada para entrar en el modelo. Sin embargo, y pese a que este método es exhaustivo, se puede criticar que al comparar modelos con distinto número de variables, el término SEF perjudica a aquellos modelos que poseen menor número de variables, ya que demostraciones empíricas señalan que al aumentar el número de variables, aumenta en promedio la eficiencia. Stepwise de Wagner & Shimshak (2007), tienen un método que inicialmente estima el promedio de eficiencia de las DMUs evaluadas usando todas las variables disponibles y, a continuación, secuencialmente las va eliminando del conjunto de variables según el cambio promedio de las eficiencias de las DMUs. Este procedimiento se detiene cuando en el conjunto de variables sólo resta un input y un output. La desventaja es que no toma en cuenta los criterios de mejor ajuste a la frontera y de máxima discriminación de las DMUs (pp.46-47).

Romeau y Rodriguez (2008), sugieren los siguientes métodos para llevar a cabo la selección de variables:

Comprobación de relevancia teórica de la variable, para lo cual es necesaria una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con la investigación, que permita comprobar la existencia de esa justificación conceptual. *Método de expertos*, que ayuda a organizar las variables según el nivel de importancia teniendo en cuenta que el criterio de especialistas o expertos en el tema, de tal forma que se minimice la subjetividad en el proceso de decisión (Araya & Valenzuela, pp. 46- 48).

Para garantizar la efectividad en la aplicación del método, debe justificarse el número de expertos necesario, utilizando un método probabilístico y asumiendo una ley de probabilidad binomial mediante la siguiente expresión:

$$m = \frac{p*(1-p)*k}{i^2} \quad (20) \text{ Cálculo del número de expertos}$$

Donde:

i = Nivel de precisión deseado

p = Proporción estimada de expertos

k = Constante asociada al nivel de confianza elegido

Luego se realiza un proceso de selección de expertos. La calidad de los expertos influye decisivamente en la exactitud y fiabilidad de los resultados, y en ello interviene la calificación técnica, los conocimientos y la posibilidad de decisión, entre otros.

Para valorar la concordancia de los expertos, se emplea el coeficiente de concordancia de Kendall (Siegel, 1972), basándose en la siguiente expresión:

$$W = \frac{12 \cdot \sum \Delta_i^2}{m^2(n^3 - n)} \quad (21) \text{ Valoración de concordancia de expertos}$$

Donde:

I = representa las variables $i = 1 \dots n$

J = representa los expertos $j = 1 \dots n$

Δ_i = Desviación del valor medio de los juicios emitidos y se calcula por la siguiente expresión:

$$\Delta_i = R_i - t$$

Donde:

R_i = Puntuación dada a la variable i por el experto j

t = Puntuación promedio de las variables

Estos parámetros se calculan aplicando las siguientes expresiones:

$$R_i = \sum_{j=1}^m R_{ij}$$

$$t = \frac{1}{2} * m * (n + 1)$$

El coeficiente de concordancia de Kendall varía entre 0 y 1. Valores cercanos a 1 expresan que hay total acuerdo. Siegel (1972) y Ferrel *et al.* (1998) plantean que debe de oscilar entre 0.5 y 1. Determinado el coeficiente de Kendall, es necesario realizar la prueba de hipótesis que los expertos no tienen comunidad de preferencia. Con este criterio se intenta verificar la hipótesis fundamental:

Ho: No hay concordancia entre los expertos.

Hi: Hay una concordancia usual entre los expertos.

Ello puede hacerse utilizando las tablas de Friedman cuando $n > 7$ o mediante la prueba de Chi-cuadrado cuando $n \geq 7$. A partir del cumplimiento o no de la Región crítica se acepta o rechaza la hipótesis nula (H_0). De rechazarse, la concordancia en el juicio emitido por los expertos es significativa; en caso contrario se deben cambiar los expertos y repetir el proceso.

- 1) *El análisis de correlación* facilita comprobar la existencia de al menos una moderada relación estadística entre los factores involucrados en el proceso que se analiza y productos seleccionados.

Banker (1989) establece, a modo orientativo, el requisito de que el número de unidades analizadas sea mayor o igual a la suma de inputs y outputs para que el modelo tenga carácter discriminatorio. Otros autores mencionan que veinte unidades serían suficientes sin hacer depender el número de la cantidad de variables, Mancebón (1996) recoge la recomendación de que el número de entidades analizadas sea al menos el triple de las variables relevantes introducidas en el modelo (Galacho, 2010).

3.6.1 Método de selección cuando el número de variables es mucho menor que el de DMUS

Existen aplicaciones en DEA, como la presentada en este estudio, en que el número de variables disponibles para la evaluación es mucho menor que el número de DMUs. Una de las propuestas de selección de variables es el método propuesto por Soares de Mello *et al.* (2004). El procedimiento se inicia estableciendo la contribución técnica media de cada variable ingresada al modelo. Después de establecer la contribución técnica media de cada variable ingresada, se debe calcular, también para cada variable, la contribución porcentual de eficiencia técnica (C_p) y la

contribución porcentual normalizada de eficiencia técnica (CN). El valor de Cp es el incremento de la eficiencia técnica media producido por el ingreso de una variable, dividido por la suma de contribuciones de todas las variables ingresadas. El valor de CN corresponde a la normalización de Cp , la cual se realiza multiplicando el término recién mencionado por un factor de normalización. Este factor corresponde a la cantidad de variables del modelo evaluado, dividida por la cantidad máxima de variables ingresada para la evaluación de modelos DEA. A continuación, se calcula el término que es utilizado como criterio para seleccionar las variables a ser usadas en los modelos DEA, el cual corresponde a un “límite de contribución porcentual normalizada aceptable” y se denotará por N^* . Este término corresponde al promedio de CN , representado por $\bar{CN}$, menos la mitad de la desviación de CN , denotada por $N\sigma/2$. El siguiente paso del método consiste en comparar el valor CN de cada variable con N^* ; y según el criterio de selección establecido, seleccionar a las variables que cumplan con la condición: $CN \geq N^*$. El método concluye cuando la contribución porcentual normalizada de la eficiencia técnica de cada variable, CN , ha sido comparada con el límite de contribución porcentual normalizada aceptable, N^* (Gómez, 2012, p. 48).

Por tanto, el primer desafío, al aplicar el modelo DEA, consiste en seleccionar las variables que describan con mayor precisión el proceso de transformación de las DMUs evaluadas y permita discriminar claramente las DMUs eficientes de las ineficientes.

3.7 Importancia de la medición de la eficiencia técnica en el sector de los biocombustibles

El análisis DEA, como herramienta de análisis económico cuantitativo, es válida para estudiar el desempeño de países, sectores o unidades productivas como el sector biocombustibles. “El *análisis envolvente de datos* (DEA, por sus siglas en inglés) brinda una perspectiva sistémica e integrada para estudiar, en forma comparada, el desempeño de las unidades de producción consideradas para el análisis” (Schuschny, 2007, p. 5). Es válido mencionar además, que se está desarrollando como un campo de aplicación en el aspecto medioambiental, dando lugar a la estimación de los biocombustibles.

La necesidad de la medición de la eficiencia técnica, obedecen a la necesidad de evaluar de manera objetiva el desempeño en cuanto a la utilización de los recursos de una de las actividades claves dentro de una economía, en este caso el sector biocombustibles. En México son escasos los trabajos relacionados a la eficiencia, a partir de la estimación de fronteras de producción. Existen únicamente aplicaciones en el sector bancario, portuario, así como los sectores agropecuarios y ninguno detectado para los biocombustibles.

La meta del DEA dentro del análisis de los biocombustibles consiste en la utilización de toda la información disponible para categorizar el desempeño de las unidades productivas en los cinco países seleccionados que participan en el estudio, mediante la identificación de unidades pares (eficientes) a partir de las cuales se construirán otras unidades, que resultan comparables y, gracias a las cuales se calculan los indicadores de eficiencia y sus cambios a lo largo del tiempo. Toda esta información permite establecer medidas de mejora en la minimización de insumos y maximización de producto (Gimenez, 2003).

3.8 Modelos DEA aplicados a diversos casos

A continuación se hace énfasis en algunas investigaciones que abordan o tienen relación al análisis de eficiencia:

En la investigación de Pastor (1995), titulada “*Eficiencia, Cambio Productivo y Cambio técnico en los Bancos y las cajas de ahorro Españolas*”, se realiza una investigación sobre eficiencia, cambio productivo y cambio técnico en los bancos y cajas de ahorro españolas para el periodo 1986- 1992, mediante un análisis no paramétrico de frontera DEA e índice Malmquist, que permite descomponer el cambio productivo en factores de eficiencia y cambio técnico. Además efectúa una descomposición en eficiencia técnica pura y de escala.

Per, Bogetoft & Tind (2000) dentro de su investigación “*Incentive Plans for Productive Efficiency, Innovations and Learning*”, presentan los esquemas de producción en el sector eléctrico noruego, donde se basa en información de costos, modelos de análisis de productividad y modelos DEA.

Posteriormente, Sanhueza (2003), en su tesis doctoral “*Fronteras de Eficiencia, Metodologías para la determinación del Valor Agregado de Distribución*” lleva a cabo una investigación sobre la determinación del valor agregado de distribución eléctrica de las empresas, desde el punto de vista de la eficiencia productiva, mediante la identificación de los indicadores de la misma. La metodología utilizada hace uso de las técnicas estadísticas del análisis del modelo DEA. La novedad del trabajo radicó en la aplicación de un estimador “bootstrap”, para construir intervalos

de confianza del cálculo de eficiencia de cada empresa. Así mismo se realizó un contraste metodológico de los resultados mediante una estimación estocástica.

Martínez, H. & Romero (2004) presentan en el mismo año un estudio no paramétrico para evaluar la eficiencia de las tres industrias de la cadena de madera en Madrid.

Fernández (2005), realiza una investigación titulada “*Aplicación Del Modelo DEA en la gestión Pública: Un Análisis de Eficiencia de los Capitales de Provincias Españolas*”. Ya para el año 2006, elabora la investigación de nombre “*La eficiencia técnica como medida de rendimiento de las cooperativas agrarias*” en donde evalúa si las medidas para llevar a cabo la eficiencia técnica gozan de poder predictivo sobre los resultados futuros de la empresa. Se utilizó como variable regresora una medida de eficiencia basada en las puntuaciones obtenidas a través del arte indicado paramétrica del DEA en orientación output, bajo la doble óptica de rendimientos a escala variables (modelo RVE) y constantes (modelo RCE). Aplicaron inicialmente el modelo CCR bajo rendimientos de escala constantes, que permite conocer la *Eficiencia Técnica Global* (ETG) de las entidades analizadas, para desarrollar posteriormente el modelo RCE bajo rendimientos de escala variables, que muestra la *Eficiencia Técnica Pura* (ETP) de cada DMU. Así, una vez obtenidos ambos resultados para cada unidad de decisión se podrá calcular su *Eficiencia de Escala* (EE).

En el mismo año Palomares *et al.* (2006) llevan a cabo la investigación “*Análisis de Eficiencia con Variables de Entorno*”, donde se realiza una revisión de los métodos que tienen en consideración variables de entorno mediante métodos frontera.

Un año después, Herrera & Franke (2007), realizaron un análisis de eficiencia del gasto en 168 municipalidades de Perú, en la investigación de nombre “*Un análisis de la Eficiencia del Gasto Municipal y sus Determinantes*”. Se utilizaron cinco metodologías para analizar la eficiencia del gasto local, 3 no paramétricas: FDH y DEA para rendimientos constantes y variables de escala, y 2 paramétricas: una determinística y otra estocástica. Dichas metodologías aproximaron eficiencia del gasto mediante la frontera de posibilidades de producción formada por la combinación de los mejores resultados dentro de cada categoría de municipalidades y posteriormente evaluó la eficiencia relativa como la distancia dicho frontera.

En ese mismo año, Schuschny (2007) realizó una investigación preparada para la División de Estadísticas y Proyecciones Económicas de la CEPAL “*El método DEA y su Aplicación al Estudio del Sector Energético y las Emisiones de CO₂ en América Latina*”, en el cuál el objetivo principal fué presentar el método DEA como herramienta de análisis cuantitativo válida para estudiar el desempeño de las unidades productivas, sectores y países. La investigación empírica se basa en el uso de cuatro indicadores que dan cuenta por un lado de la actividad económica, la intensidad de las emisiones de CO₂ y el consumo de energía basado en el uso de fuentes fósiles o limpias y alternativas. Con el análisis se identificó aquellos países que mejor desempeño han tenido en términos de su eficiencia y capacidad de sustituir el consumo de energías no renovables por otras. Se propone además un nuevo método de tres etapas que supone una continuación del propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1981), siendo apropiado para los análisis de eficiencia que incluyen variables de entorno de carácter categórico. El nuevo método de estimación propuesto, no sólo permite el estudio del efecto de la variable de entorno, sino que separa este efecto de la eficiencia de cada empresa del sector. De la aplicación de dicho método al análisis de

eficiencia de la Industria de conservas vegetales de la Región de Murcia se deduce que el efecto debido a la pertenencia al Centro Tecnológico queda corregido en la última etapa, y que esta corrección es superior para las empresas que no pertenecen al mismo. Del estudio de asociaciones con factores de eficiencia se deduce que no existe dicha asociación entre la misma y la capacidad exportadora de la empresa, ni tampoco con la antigüedad como proxy de experiencia. Asimismo, las empresas con presencia en internet no han resultado significativamente más eficientes. Se detecta como característica asociada a la eficiencia el ser filial de una empresa extranjera, siendo por tanto este punto un interesante referente de cara a plantear las mejoras a emprender en el conjunto del sector, aprendiendo de las acciones emprendidas por sus empresas líderes.

Romeu & Rodriguez (2008), centran su evaluación en la medición de la eficiencia técnica en el proceso de transportación o tiro de caña *“Procedimiento para la Evaluación de la Eficiencia Técnica en la Transportación de la Caña en las UPBC Cañeras de la Provincia de Villa Clara”*, con la finalidad de enriquecer los mecanismos de análisis técnico- económicos y conocer las fases del proceso productivo que requieren de mejoras para lograr la eficiencia.

Ya en el 2010, Galacho en su investigación *“La Medida de la Eficiencia Técnica de los Grupos de Investigación del Área de Economía de la Universidad de Málaga”* evalúa 24 grupos de investigación del área de Economía de la Universidad de Málaga, mediante la aplicación de un modelo DEA CCR.

Durante ese mismo año, Halkos, Nickolaos & Stravos (2010) en el análisis *“An Application of Statistical Interference in DEA Models: An Analysis of Public Owned University Department Efficiency”* analizan los comportamientos de eficiencia en 16 departamentos de la Universidad de

Thessaly. Concluyen que hay marcadas ineficiencias entre ellos, lo que indica errores de localización de los recursos.

Por su parte, Martínez & Pérez (2010) realizan un modelo no Paramétrico titulado *“Un modelo no paramétrico de evaluación de la eficiencia y la gestión de las redes sociales virtuales: Una aplicación a las empresas del sector de las telecomunicaciones en España”*, tanto los que cuentan con tecnologías 2.0, como los que no. En una primera etapa, se aplica el análisis DEA, incorporando varios indicadores de actividad “Social Media”. En una segunda etapa, se utiliza una regresión logística para caracterizar las empresas eficientes. Los resultados muestran que la capacidad de absorción es un factor determinante.

Un año después, Chang & Carbajal (2011), llevan a cabo una medición de productividad y eficiencia *“Medición de la Productividad y Eficiencia de los Puertos Regionales del Perú: Un enfoque no Paramétrico”*.

Gómez (2012) en su tesis doctoral titulada *“Eficiencia y Diversificación: cajas de ahorro”*. Aporta evidencia para un sector de entidades financieras españolas, las cajas de ahorros, en el periodo 2000-2009. Para ello, se evalúa el nivel de eficiencia técnica, en costes, en ingresos y en beneficios de cada entidad. Se valora el nivel de diversificación en el sector.

Nuevamente en el 2012, Palomares de la Universidad de Córdoba plantea un método, denominado 3SPM dentro del análisis *“Análisis de Eficiencia con Variables Categóricas: Un Estudio Monte Carlo para contrarrestar un Nuevo Método”*, en este estudio se estima la eficiencia en presencia de variables exógenas o de entorno, cuando éstas son categóricas. Dicho método, supone una

ampliación del planteado por Charnes, Cooper y Rhodes (1981), y además, a la resolución de los modelos DEA se le incorpora la metodología bootstrap. Dicho método, detecta y evalúa el efecto debido a las variables de entorno y además estima la eficiencia debida solo a la gestión del empresario. Para este fin, se corrige durante el procedimiento el efecto de las variables fuera de su control. La contrastación del mismo se realiza mediante la implementación de un experimento Monte Carlo. Para todos los puntos experimentales se aplican dos métodos: El 3SPM que se plantea y el método DEA con bootstrap, que no tiene en cuenta el efecto entorno. Como medida de evaluación del método, en su capacidad de captar el efecto comportamiento en relación a la capacidad de estimar la eficiencia, se han calculado el error cuadrático Medio para la eficiencia media y la disparidad para eficiencia individual. Los resultados nos llevan a concluir que el método 3SPM cumple con el fin que se propone, tanto detectando el efecto entorno, como corrigiendo el mismo.

3.9 Hipótesis de investigación

De acuerdo con Hernández *et al.* (2006), “las hipótesis son las guías para una investigación o estudio. Estas indican lo que se trata de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado”. De hecho, son respuestas provisionales a las preguntas de investigación”.

Las hipótesis no necesariamente son verdaderas, pueden serlo o no, y pueden o no comprobarse con datos. Son explicaciones tentativas, no los hechos en sí. Una hipótesis es diferente de la afirmación de un hecho (Briones, 2006).

Existen diversas formas de clasificar las hipótesis, de acuerdo a Hernández *et al.* (2010), se presenta la siguiente:

- a) De investigación. Son proposiciones tentativas acerca de las posibles relaciones entre dos o más variables.
- b) Nulas. Son en cierto modo, el reverso de las hipótesis de investigación. También constituyen proposiciones acerca de la relación entre variables, sólo sirven para refutar o negar lo que afirma la hipótesis de la investigación.
- c) Alternativas. Son posibilidades alternas ante las hipótesis de investigación y nula.
- d) Estadísticas. Son exclusivas del enfoque cuantitativo y representan la transformación de las hipótesis de investigación, nulas y alternativas.

Se sabe además, que las hipótesis no necesariamente son verdaderas, y pueden o no comprobarse, son una explicación tentativa. Así tomando en cuenta lo establecido por los autores mencionados, y retomando la situación problemática, al objetivo de investigación y la literatura establecida hasta el momento, se tienen las siguientes hipótesis:

3.9.1 Hipótesis general de investigación

El nivel de eficiencia técnica productiva relativa de las empresas productoras de BAVyGAD de México es inferior a la encontrada en las empresas de España y Estados Unidos, y similar a las de Costa Rica al utilizar las variables de entrada, las variables de salida, los factores de eficiencia y las variables de entorno y haciendo uso del modelo DEA.

3.9.2 Hipótesis específicas de investigación

- a. Un mejor uso en la cantidad de empleados y la capacidad instalada eleva el nivel de eficiencia técnica relativa en el sector de BAVyGAD.
- b. El precio alto de biodiesel, la comercialización interna y externa del combustible, la mayor gama de productos, la comercialización vía intermediarios y un mayor número de personas dedicadas a la investigación y desarrollo elevan el nivel de eficiencia técnica relativa en el sector de BAVyGAD, mediante el uso del modelo DEA.
- c. El mayor número de habitantes, el alto precio del diesel, la existencia de políticas cuantitativas y de apoyos gubernamentales elevan el nivel de eficiencia técnica relativa en el sector de BAVyGAD, mediante el uso del modelo DEA.

3.10 Variables

Para llevar a cabo el análisis de eficiencia mediante métodos de frontera se necesita estudiar previamente las variables que recogerán los efectos relacionados con los aspectos de interés en el análisis. Las variables que intervienen se pueden clasificar y definir atendiendo a la implicación que tienen, de acuerdo a Palomares y Martínez, (2010) se distinguen:

1.- Variables de salida (outputs): Son las variables que representan el producto y servicio obtenido en el proceso de producción, y pueden ser:

- ❶ Deseables: Son los bienes y servicios con un valor económico, para cuya obtención se realiza la actividad productiva.

- ❶ No deseables: Productos que se derivan del proceso de producción. Son considerados por su carácter perjudicial, principalmente en el medio ambiente.

2.- Variables de entrada (Input): Son los factores que se consumen en el proceso, y son:

- ❶ Controlados: Están bajo el control de la empresa, que decide sobre su cantidad, calidad, distribución, etc.
- ❶ Fijos: Aunque intervienen como factores de producción, vienen determinados de forma exógena, fuera del control del empresario en el corto plazo.

3.- Variables entorno o ambientales: Son aquellas variables no controlables en el corto plazo que inciden en los distintos niveles de eficiencia y por lo tanto en distintas fronteras. Dependiendo de su espacio muestral se dividen en:

- ❶ Cualitativas: La variable es categórica y divide la muestra total en pocas submuestras correspondientes a distintos entornos de producción, por ejemplo la distinción entre empresas pública y privada.
- ❶ Cuantitativas: Estas se subdividen a su vez en continuas y discretas. Las primeras corresponden con casos en los que cada empresa toman un valor distinto, siempre dentro de una escala continua (por ejemplo medidas tomadas en ratios o tantos porcientos), las segundas en las que los valores quedan reducidos a un número determinado de categorías entre las que hay un orden que se relaciona con la productividad.

4.- Factores de eficiencia: Se refiere a aquellas variables que determinan distintos niveles de eficiencia dentro de la misma frontera. Representan características relacionadas con la mejor o

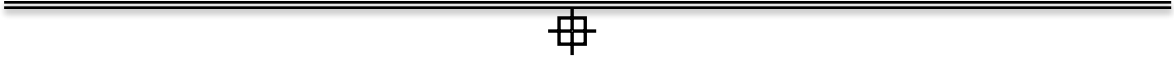
peor gestión de los recursos en el proceso de producción y que pueden ser corregidas en el corto plazo:

- ❶ Cualitativas: Variables que toman valores categóricos, siendo un ejemplo habitual de las mismas el nivel de estudios del empresario.
- ❷ Cuantitativas: Variables que toman valores numéricos, tales como los ratios de la organización interna o los niveles de inversión de una empresa.

La clasificación expuesta puede dar origen a una segunda agrupación de variables, atendiendo al grado de control que ejercen sobre las empresas:

- ❶ Las variables bajo control: que son elementos que pueden ser controlados por la empresa: los output, los input variables y los factores de eficiencia.
- ❷ Variables exógenas: Los input fijos y las variables de entorno serían exógenas en la medida de que vienen determinados desde el exterior, sin que la empresa pueda decidir sobre ellos a corto plazo (pp. 479- 481).

Como referencia a los métodos implementados con variables cuantitativas cabe señalar, entre otros, los de Banker y Morey en 1986, el de Lozano en el 2002, el de Muñiz en 2002, el de Fried en 1999, y en el 2002. En todos ellos se estima la eficiencia incorporando la información procedente de las variables de entorno, si bien se diferencian en que tomando el DEA como base, utilizan procedimientos distintos para evaluar y corregir el efecto del entorno. De hecho, utilizan incluso distinto número de etapas para cumplir su objetivo. Darairo y Simar en el año 2005, dedican su atención a las variables de entorno, desde un punto de vista probabilístico con métodos no paramétricos (Palomares, 2012).



CAPÍTULO IV. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO



En este capítulo se describen los aspectos relevantes para la selección de la muestra a analizar, se presentan las variables a utilizar, así mismo, se realiza una descripción detallada de algunas variables, que a diferencia del resto (factores de eficiencias y variables de entorno), juegan un papel primordial en el desarrollo del sector dentro de un país.

El coeficiente de eficiencia puede variar ampliamente dependiendo del entorno en el cuál se desarrolle el subsector. Para el caso de las políticas gubernamentales, la situación en cada país se diferencia ampliamente, ya que países como España y EE UU. han trabajado fuertemente en brindar un marco que incentiva a la producción, así como a los consumidores. Contrario a esta situación, se presenta el caso de Costa Rica y México en donde las políticas no proporcionan lineamientos específicos que sirvan de guía tanto a los productores como a los consumidores, sobre la mejor manera de producir y adquirir combustibles favorables al medio ambiente. En el caso de los impuestos, es muy importante retomar y analizar en qué situación se desarrolla el sector, tal como los impuestos al diesel que pueden favorecer el crecimiento del mismo. Así analizar el sistema impositivo de cada nación permite obtener coeficientes más certeros en cuanto a la eficiencia que cada empresa presenta en su producción. En el caso de las certificaciones, el hecho de contar con estas, se estimula la compra por parte de los consumidores, ya que la empresa

puede contar con un distintivo que proporcione mayor seguridad al individuo en cuanto a su origen y procesamiento. En el caso de países como España y EE UU. las certificaciones son un aspecto que las empresas productoras de biodiesel tienen que incorporar si desean incursionar tanto en el mercado nacional como en el internacional. En ellas por ejemplo, se incluye el origen de la materia prima, con lo cual se corrobora si el biocombustible se basa en productos agrícolas o no, pero en el caso de México y Costa Rica, estas aún no han sido incorporadas ampliamente.

4.1 Programa a utilizar

Existen numerosas aplicaciones comerciales y gratuitas para realizar los cálculos que demanda el análisis DEA, lo cual no resulta ser un impedimento. Durante los últimos años, ha dejado de ser un tema circunscrito a los ámbitos académicos para comenzar a ser aplicado en numerosos círculos profesionales. Entre los paquetes comerciales se encuentran:

Tabla 10. Programas para uso de DEA de aplicación comercial

Nombre	Dirección electrónica
El DEA-Solver-Pro	www.saitechinc.com/Products/Prod-DSP
El OnFront®2	www.emq.com) www.banxia.com/
E Frontier Analyst®	www.deasoftware.co.uk/
Data Envelopment Analysis Online Software	https://www.deaos.com

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Así mismo, existen numerosas aplicaciones no comerciales disponibles, entre ellas:

Tabla 11. Programas para uso de DEA de aplicación no comercial

Nombre	Dirección electrónica
El DEA Excel Solver	www.deafrontier.com/software.htm www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.htm

Fuente: Elaboración propia, 2014

El programa *DEAOS*, cuenta con una versión gratuita y otra de pago. La diferencia radica en la cantidad de DMUs que pueden ser utilizadas. En la presente investigación se utiliza la versión de pago con un rango mayor de uso en cuanto a sus unidades de medida.

4.2 Delimitación temporal, espacial y sectorial de la muestra

El presente estudio analiza la situación de 30 empresas productoras de BAVYGA de biodiesel en el año 2014, de 4 países: Costa Rica, Estados Unidos, España y México. Las cuales son mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 12. Empresas productoras de BAVGA

EMPRESAS PRODUCTORAS DE BIODIESEL MEDIANTE DESECHOS			
Costa Rica			
Cooperativa Agrícola Industrial Victoria	Energías Biodegradables		-
México			
Combustibles Biológicos de México	Moreco	Renovables Maya Verde	
España			
Biodiesel Castilla-La Mancha	Bio Bionet Europa, S.A.	Bionor Transformación, S.A.	Bionorte
Grupo Ecológico Natural, S.L.	Stocks Del Valles, S.A.	<u>Ecofuel</u>	<u>Energética Española</u>
Estados Unidos			
Baker Commodities Los Angeles	Bay Biodiesel, LLC (San Jose)	Biodiesel Industries of Ventura, LLC	BioDiesel One Ltd
Bridgeport Biodiesel, LLC	CGF Clayton LLC	Community Fuels	Crimson Renewable Energy, LP
Delta American Fuel, LLC	FL Biofuels, LLC	Genuine Bio-Fuel	GeoGreen Biofuels, Inc.
Healy Biodiesel	Imperial Western Products	Iowa Renewable Energy, LLC	Middle Georgia Biofuel
New Leaf Biofuel, LLC			

Para la elección de las empresas se procedió a la búsqueda de las empresas que producen biodiesel basando su materia prima en desechos de grasas animales y aceites vegetales; además, se tomó en cuenta la disponibilidad de datos en bases estadísticas nacionales y páginas de las empresas y asociaciones, finalmente; se contempló la disponibilidad de las empresas para responder a los cuestionarios que fueron enviados vía electrónica y de manera personal en el caso de la empresa moreliana *Moreco*.

4.3 Selección de la técnica y forma de estudio

Una unidad puede convertirse en eficiente, bien maximizando la producción dado un nivel de recursos, o minimizando el empleo de los recursos para un nivel de producción dado, de tal manera que en la presente investigación se pretende evaluar la maximización de la producción, es decir se retomará *la orientación output*. Esta orientación se justifica cuando se trabaja con un nivel determinado y prefijado de inputs (Fernández & Flores, 2005, p. 7).

Los rendimientos de escala, indican los incrementos de la producción que se derivan del incremento de los factores productivos en el mismo porcentaje y puede ser constantes o variables. En las fronteras DEA que se estiman con mayor frecuencia son las que presentan rendimientos constantes escala (RCE³⁰), rendimientos crecientes (RCREE³¹) y rendimientos variables escala (RVE³²). La definición de la tipología los rendimientos escala condiciona la medida de eficiencia técnica utilizada. Si se considera rendimientos constantes escala, entonces se puede terminar un índice eficiencia técnica global. En caso de que la tecnología sea de rendimientos variables o

³⁰ El incremento porcentual de la producción es igual al incremento porcentual de los factores.

³¹ El incremento porcentual de la producción es mayor al incremento porcentual de los factores.

³² El incremento porcentual de la producción es diferente al incremento porcentual de los factores.

crecientes a escala se puede estimar un índice eficiencia técnica pura. En el presente análisis se realizará un comparativo entre *eficiencia técnica global* y *eficiencia técnica pura*. Para ello deben calcularse los dos modelos BBC y CCR, es decir con rendimientos constantes y variables. “Si hay una diferencia entre las dos mediciones para empresa, entonces significa que dicha entidad posee ineficiencia de escala, y que el valor de ineficiencia es la diferencia entre la medición RCE y la medición RVE” (Arzubi & Berbel, 2002, p. 108). Para identificar los supuestos en que se fundamenta el modelo propuesto, se establece y resume lo propuesto por Romeu & Rodríguez (2008):

- ① Selección de la medida de eficiencia técnica: *Análisis DEA*
- ① Establecimiento de la orientación de la medida de eficiencia: *Output*
- ① Especificación de la tipología de rendimientos de escala: *Crecientes y Variables*

4.4 Especificación de las variables utilizadas

Para la selección de las variables que mejor describieran el proceso de transformación de las DMUs evaluadas, se tomó en cuenta el método de selección de variables propuesto por Romeu y Rodríguez (2008), en donde se estableció que para ser incorporadas las variables tendrían que tener al menos una moderada correlación entre las variables. En el proceso de búsqueda de las variables para el análisis de eficiencia de los biocombustibles, se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- Variables de entrada

Empleados: Dentro de esta variable se incluye el total de personas que son necesarias para llevar a cabo el proceso de producción de biodiesel, desde la recolección del aceite vegetal y la grasa animal de desecho, hasta su entrega para su uso.

Capacidad de producción: En esta variable se toma en cuenta la capacidad máxima que la planta tiene para producir el biodiesel, bajo el supuesto de que se tenga la disponibilidad de la materia prima.

- Variables de salida

Litros de biodiesel: Para esta variable se tomó en cuenta la cantidad de litros que la empresa produjo en el año anterior. Para la equiparación de la unidad de medida, de la cantidad obtenida en toneladas, se tomó en cuenta que la densidad del diesel es de 0.88 g/cm^3 . Algunas empresas venden los subproductos o productos complementarios, pero la obtención del monto total de ingresos no fue posible obtener.

- Factores de eficiencia

Destino de la mercancía: Esta variable fue considerada de gran importancia, ya que existen empresas en donde el mercado externo ha fortalecido el sector, dadas las condiciones vulnerables del mercado interno (España). Y en algunos otros casos, el mercado interno ha potencializado las ventas del mismo (EE UU.).

Precio del biodiesel: El precio del producto en venta permite expandir o restringir las ventas según sea el entorno en el cual se desarrolle el mismo.

Forma de comercialización: Esta variable dicótoma se representa como comercialización interna o externa. Es considerada de importancia, ya que en el caso de las empresas grandes las comercializadoras pueden jugar un papel importante reduciendo tiempos o costos.

Gama de productos: La gama de productos de una empresa puede ayudar a solventar gastos cuando una empresa atraviesa por periodos de bajas ventas.

- Variables de entorno

Apoyo gubernamental: Los apoyos directos del gobierno hacia empresas nuevas y/o pequeñas, resulta de gran utilidad en el periodo en el cual estas se encuentran en periodo de despegue.

Políticas gubernamentales: Las políticas gubernamentales, son una herramienta muy importante en empresas de mercado reciente, para que estas puedan desenvolverse plenamente.

Impuestos: Los impuestos pueden favorecer el nivel de ventas de un producto, cuando se aplica a los bienes sustitutos. A la vez puede perjudicar al sector cuando estos son aplicados directamente al bien al que son vendidos.

El precio del diesel: Como se mostrará en el apartado siguiente. El precio de un bien sustituto, así como de las políticas nacionales de elevación del mismo, permiten hacer más competitivo el biodiesel a nivel nacional.

La operacionalización de las variables independientes y dependientes se presenta en la matriz o esquema de congruencia. La cual muestra las preguntas, los objetivos, las hipótesis y sus variables de trabajo y es incorporada en los anexos.

Tabla 13. Variables a considerar en el análisis de eficiencia de los biocombustibles

	Concepto	Indicador	Medición
Output: Variable de salida	Cantidad obtenida de biodiesel	Unidades obtenidas	Litros anuales obtenidos

	Concepto	Indicador	Medición
Input: Variables de entradas, utilizadas directamente en la producción	Empleados	Empleados para producción de biodiesel	Cantidad total de personas empleadas
	Capacidad de producción	Capacidad instalada de producción	Capacidad de producción anual de la planta en litros

	Concepto	Indicador	Medición
Factores de Eficiencia: Representan características relacionadas con la mejor o peor gestión de los recursos y que pueden ser corregidas en el corto plazo			
	Venta	Precio de venta en dólares	Precio de venta en dólares por litro de biodiesel
	Cualitativas		
	Destino de la mercancía	Destino de la mercancía hacia el interior o exterior	1-Mercancías para el interior; 0- Mercancías destinadas al exterior
	Comercialización	Comercialización directa o indirecta	1- Comercialización directa; 0- Comercialización con Intermediarios
	Gama de productos	Variedad de productos elaborados	Cantidad de productos ofrecidos diferentes al biodiesel

	Concepto	Indicador	Medición
Variables de entorno Son aquellas variables no controlables en el corto plazo que inciden en los distintos niveles de eficiencia	Cualitativas		
	• Apoyos de incentivo • Políticas de incentivo	• Apoyo gubernamental estatal y federal • Apoyos y políticas de apoyo gubernamental estatal y federal	• 1 Existen apoyos cuantitativos al sector • 0 No existen apoyos cuantitativos al sector • 1 Existen políticas gubernamentales de restricción u obligación cuantitativa • 0 No existen políticas gubernamentales de restricción u obligación cuantitativa
	Cuantitativas		
	• Sistema impositivo • Precio de venta del bien sustituto	• Impuesto al diesel • Precio de venta en dólares	• Porcentaje de dólar aplicado a cada litro de diesel • Precio en dólares por litro de diesel

Fuente: Elaboración propia, 2013.

4.5 Manejo y obtención de las variables

En el análisis se incorporan los cuatro tipos de variables mencionados anteriormente: inputs, outputs, factores de eficiencia y variables de entorno o ambientales, de las empresas de los cuatro países. La información fue obtenida de las bases de datos de cada nación y de las páginas de cada empresa. Además se aplicó un cuestionario a las empresas, con la finalidad de obtener información clara y precisa, o en su caso completar la información necesaria.

La encuesta realizada cumplió con los requisitos de “validez”, ya que obtuvo de manera significativa y en un grado suficiente y satisfactorio, la información necesaria que representan las variables. Así mismo, con los requisitos de “fiabilidad”, dada por la capacidad de obtener iguales y similares resultados aplicando las mismas preguntas. Ésta fué realizada por vía electrónica de manera directa a los encargados de las empresas. Las preguntas formuladas se encuentran dentro de los anexos.

4.6 Políticas y programas gubernamentales

Lattanzi (2004) menciona que “en las condiciones actuales en las que se desenvuelve el sector de biocombustibles, sería difícil que este se desarrolle por sí solo. Así los hacedores de las políticas, al darse cuenta de su importancia, han desarrollado diversas políticas y programas, como medidas de impulso” (pp. 3). En relación a este tema Duffey (2011) afirma que “la industria de los biocombustibles se ha ido desarrollado gracias a la existencia de ambiciosas políticas establecidas por los gobiernos. Hoy en día la gran mayoría de los países del mundo poseen algún tipo de política o instrumento para favorecer su desarrollo” (p. 7).

Las políticas que se están desarrollando para llevar a cabo una transición a tecnologías bajas en carbono son muy variadas, oscilando entre aquéllas que priman la utilización de energías renovables y los biocombustibles, las que ponen un precio a las emisiones GEI y por supuesto la basada en la financiación de proyectos de I &D (Castillo & Lozano, 2009, p. 9).

De acuerdo a Carranza (2011), “una Política Pública es un conjunto de actividades de las instituciones de gobierno, que actúan directamente o a través de agentes, para influir en la forma de vida de los ciudadanos” (p. 11). De acuerdo a este mismo autor, antes de definir lo que es una política pública en materia ambiental, se debe establecer lo que es gestión ambiental:

La gestión ambiental es el conjunto de actividades humanas que tienen por objeto el ordenamiento del ambiente. *La Política pública ambiental* (PMA) es el conjunto de acciones que se diseñan para lograr esa ordenación del ambiente cuando se estima que dicha ordenación no puede lograrse sino mediante una intervención deliberada del hombre sobre la realidad (p. 11).

“Recientemente se ha mostrado cómo los mercados de biocombustibles pueden resultar afectados por los cambios en los paquetes de política, los sucesos macroeconómicos y los cambios en los precios del petróleo. Su interacción afecta la rentabilidad de la industria y, las decisiones de inversión y el gasto en I&D” (OCDE- FAO, 2011, p. 102). Las políticas que se están desarrollando son muy variadas, desde la utilización de energías renovables y biocombustibles, hasta aquéllas que ponen un precio a las emisiones GEI”. De manera general se consideran tres generaciones de PMA:

La primera generación comenzó en la década de los setenta con la CMAAD celebrada en Estocolmo en 1972; aquí, el medio ambiente es tratado sectorialmente, mediante políticas específicas y considerando al crecimiento económico acelerado como el origen del deterioro del medio ambiente. *En la segunda Generación* se abandona el tratamiento sectorial de los problemas, pues el deterioro del medio ambiente es global y obedece a una interacción de factores; el crecimiento económico no es la causa de los problemas ambientales, sino el modelo de desarrollo y estilo de vida; hay que resolver o controlar los costos sociales

que origina el deterioro del medio ambiente; los desniveles entre las sociedades de los países del primer mundo y los tercermundistas, hacen necesario que el medio ambiente sea un factor de desarrollo y justicia simultáneamente; además las PMA deben estar integradas al resto de políticas públicas, ya que desarrollo y medio ambiente no son antagónicos, sino complementarios; finalmente es necesario contar con la participación social para el éxito y no sólo utilizar el principio contaminador-pagador. *La tercera generación* sigue abandonando el tratamiento sectorial de los problemas; además sigue considerando que el modelo de desarrollo y estilo de vida son la causa de los problemas ambientales; adicionalmente surge un reconocimiento de que no son sólo los fallos del sistema de mercado, sino una gestión ineficiente de los recursos naturales la causa del constante deterioro ambiental; aunque es necesario conservar la visión global del daño y deterioro del medio ambiente, la división entre los países desarrollados y subdesarrollados impide un tratamiento mundial, por lo que es necesario regionalizar las PMAs; la regionalización de las PMA no impide que haya acuerdos internacionales sectoriales para combatir la contaminación y degradación; se sigue considerando que las PMA deben estar integradas al resto de políticas públicas; se continua con la necesidad de contar con la participación social, finalmente; es necesario encontrar métodos que le otorguen un valor que permita contabilizar adecuadamente (Carranza, 2011, pp. 11- 14).

A nivel internacional , son numerosos los motivos por los cuales se han establecido diversas políticas e incentivos en las naciones con la finalidad de fomentar al subsector biocombustibles. Cada país tiene sus propios intereses, pero en la mayoría de los casos son los mismos. En México el principio de la Política Pública Medioambiental previstos en la *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente* (LGEEPA) se basa en el derecho al medio ambiente sano que dice que “toda persona tiene derecho a disfrutar de un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado y sus municipios, tomarán las medidas necesarias para garantizarlo” (Carranza, 2011, p. 19).

Barde (2005), menciona que “el camino hacia el desarrollo sustentable requiere la integración efectiva entre políticas económicas y ambientales” (p. 13). La elección de políticas de promoción de los biocombustibles depende de que los legisladores se decidan definir grandes objetivos y dejar su curso a los mercados, ó promover un desarrollo específico para la estrategia de largo

plazo (Berndes *et al.*, 2009). Así mismo se debe encontrar un equilibrio entre compradores y vendedores. Esto se puede llevar a cabo haciendo dos frentes:

- ❶ *La demanda*, garantizando precios accesibles para los consumidores.
- ❷ *La oferta*, reduciendo el riesgo y la incertidumbre hacia los productores para la recuperación de los costos iniciales de instalación.

Carranza (2011) menciona que los instrumentos que pueden implementarse dentro de las políticas PMA, son de tipo correctivo o preventivo, lo que adecuándolas al ordenamiento que presenta la *Ley 62 de Protección Ambiental*, la clasifica de la siguiente manera.

Los instrumentos correctivos se derivan de una orientación relacionada a la aplicación de criterios de precaución y de fomento a la internalización de los costos ambientales, y sobre la base de que las causas del deterioro ambiental deben buscarse en el estilo de desarrollo predominante, y pueden ser: La planeación ambiental; El ordenamiento ecológico del territorio; Los instrumentos económicos; La regulación ambiental de los asentamientos humanos; La evaluación del impacto ambiental; Autorregulación y auditorías ambientales; Los criterios y normas ambientales y, por último; La educación, la formulación y la investigación ambiental. Los instrumentos correctivos, son también calificados como “instrumentos de control” debido a que su propósito es asegurar la aplicación de la Ley Ambiental, y estos pueden ser: Los procedimientos de inspección y vigilancia; Las medidas de seguridad y las sanciones administrativas; Las sanciones penales y civiles que se derivan de hechos ambientales ilícito (pp. 21- 22).

Dentro de una PMA existen instrumentos específicos. Lattanzi (2004) mencion los siguientes:

1. *Beneficios impositivos*: Generalmente se concretan mediante una reducción de impuestos a los biocombustibles pagados por los consumidores³³. También en el se incluyen los subsidios, préstamos a tasas preferenciales, incentivos impositivos a las empresas o a los ingresos de las personas, aranceles, etc.

³³ De esta manera la mezcla de biocombustibles son gravadas a una tasa impositiva menor que los combustibles fósiles, situación que permite que sean vendidos a un precio más económico o al menos igual.

2. *Disposiciones legales*: En este rubro se establece una obligación para que los combustibles derivados del petróleo sean mezclados con biocombustibles en un porcentaje mínimo requerido.
3. *Disposiciones de materia prima*: Principalmente para cuestiones agrícolas, siendo estos créditos o pagos del gobierno utilizadas como recompensa a los agricultores (p. 4).

Dentro de los apoyos que pueden ser otorgados por parte del gobierno hacia los productores o consumidores, se tiene dos tipos:

Incentivos fiscales: Cuyo objetivo es facilitar o reducir los costos para la compra de instalación de sistemas y equipos para la producción. En EU, la mayoría duran entre 5 y 10 años con la opción de renovarlos. Estos se encuentran implementados a través de: *Incentivos a las empresas*, en donde los gobiernos dan créditos y deducciones fiscales que van del 10% al 35% del costo de los equipos o instalaciones. En algunos casos estos disminuyen a lo largo del tiempo y en la mayoría de los casos no existe un límite máximo del crédito; *Incentivos a los ingresos*, en donde estas deducciones permiten cubrir los gastos de compra e instalación de los equipos. Alguno de estos beneficios tiene un porcentaje límite sobre el costo y la instalación, que va del 5% al 40% y se encuentra limitado a una cierta cantidad de años siguientes a la compra de los equipos; *Incentivos a los bienes y a las ventas*, que pueden ser exenciones, exclusiones, créditos y aranceles. Los instrumentos de mayor uso son los incentivos fiscales o las sanciones tributarias, que pueden afectar drásticamente la competitividad. Las exenciones fiscales representan un medio para estimular la demanda de biocombustibles; *Incentivos a las ventas*, las cuales proporcionan exenciones a la venta por el costo de compra del equipo de instalación, y; *Aranceles* se usan generalmente para proteger la agricultura y la industria nacional de

biocombustibles, sostener sus precios y proporcionar un incentivo para la producción nacional (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético [IDAE], 2011).

Incentivos financieros: Los cuales se aplican directamente al precio del consumidor o al costo del productor. Dentro de estos se tienen: *El Programa de subsidios*, que es destinado principalmente al comercio, a la industria, a los servicios públicos, a la educación y el sector gubernamental. Algunos programas centran su atención en investigación y desarrollo, mientras que otros ayudan a que los proyectos pueden llegar a realizarse. El porcentaje del costo total del proyecto cubierto va desde el 15% hasta el 30%; *El Incentivo para la radicación de industrias*, el cual se centra en los programas diseñados en atraer a las industrias para que se establezcan en un determinado lugar. Para tal propósito generalmente se otorgan alicientes con créditos fiscales, subsidios o, el compromiso de compra por parte del gobierno de un monto específico del producto elaborado. La mayoría de las veces los incentivos financieros son temporales, que permite a las industrias su sostenimiento y financiamiento en los primeros años y luego van desapareciendo hasta lograr la autosuficiencia; *Los Programa de préstamos*, que ofrecen la posibilidad de financiar la compra de equipos productores de energías renovables, lo más común es que sea a bajas tasas de interés ó simplemente sin intereses y los periodos más comunes van de los 7 a los 10 años; *El Incentivo a la producción*, que consiste en un pago de dinero basados en el volumen de combustibles renovables producidos. Este es un mecanismo efectivo para asegurar que los proyectos se lleven a cabo; *El Programa de bonificaciones o devoluciones*, el cual tiene por objeto promover la compra e instalación de equipos de energías renovables. En algunos casos estos están combinados con bajas tasas de interés³⁴, y finalmente; *El Estímulo a la*

³⁴ La mayoría de los programas envían al comprador un reembolso después de algunas semanas en las que realizó la compra.

investigación y desarrollo, donde los gobiernos realizan o financian proyectos de investigación y desarrollo en las diversas etapas del proceso de producción.

La investigación y el desarrollo dentro de la bioenergía se ha orientado al desarrollo de tecnologías para mejorar la eficiencia de conversión (Lattanzi, pp. 5- 7). Es importante que los legisladores puedan promover el desarrollo y conversión hacia biocombustibles de origen no agrícola, mediante el uso de los instrumentos anteriormente descritos. Además de asegurar no solo la implementación, sino ejecución y seguimiento de los mismos. Al retomar diversos artículos, tales como los de la UNCTAD (2009), del *Departamento de Energía de los EU* ([DOE], 2006), de Berndes *et al.*, (2009), de Gardner, (2007), de W. Ogg (2009), de Tran (2011), Carriquiry *et al.*, 2011 y de García (2011), se recomienda:

Por el lado de la oferta

- ❶ Apoyar la investigación y desarrollo para obtención de la materia prima, su procesamiento y canales de distribución, mediante un procedimiento sustentable. Y con ello empujar la frontera tecnológica en materia energética.
- ❷ Verificar que los subsidios establecidos a los agricultores o productores de biodiesel lleguen adecuadamente y sean a su vez utilizados de una manera correcta.
- ❸ Evitar la tergiversación de las subvenciones a los mercados, monitoreando que estos se hagan llegar a las personas y sean utilizados adecuadamente.
- ❹ Explotar la infraestructura en energía existente, con la finalidad de alcanzar menores costos y reducir el riesgo.
- ❺ Hacer uso de créditos a los impuestos hacia los productores, por cada galón de sus biocombustible que sean mezclados.

- ① Cuidar que la certificación del biodiesel, en caso de existir, se encuentre bajo un esquema sustentable debido a su importancia internacional.
- ① Establecer programas de mejora de infraestructura tanto para el comercio nacional, como para el comercio internacional.
- ① Vigilar las restricciones a las importaciones que incentivan la industria naciente, y que van del 9% en Canadá al 45 % en los EE UU.

Por el lado de la demanda

- ① Verificar que los subsidios a los consumidores sean los necesario para incentivar el consumo y establecer su eliminación gradual.
- ① Establecer un acta de política de energía que establezca los estándares mínimos obligatorios para la utilización de combustibles alternativos en la sociedad.
- ① Establecer políticas de elevación de costo de combustibles convencionales para promocionar los biocombustibles.

Estas recomendaciones evitan caer en la experiencia de los programas de impulso de biocombustibles, en países como en Brasil, donde las políticas fueron implementadas sin considerar sus efectos ambientales y de alimentos (Gardner & Tyner, 2007).

4.7 Políticas y programas gubernamentales de impulso en los países seleccionados

“Conocer las políticas activas de fomento a los biocombustibles en los países más avanzados, permite desarrollar no sólo un marco legal que otorgue la seguridad necesaria e iniciativas de este tipo, sino, también concentrar los esfuerzos de la sociedad para aprovechar las ventajas que nuestro país ofrece” (Lattanzi, 2004, p. 3).

4.7.1 En Europa

En la UE el uso de biocombustibles comenzó a promoverse en los años 80's para prevenir la caída en las áreas rurales y responder a los crecientes niveles de demanda energética. En los últimos años ha crecido notablemente alcanzando para 1999 los 12 millones³⁵ y acaparando el 79.5% de los biocombustibles (Ericcson & Nilsson, 2004, pp. 205). “Estos han sido tradicionalmente utilizados en el área de producción, sin embargo; esta tendencia comienza a cambiar³⁶, debido a su mayor uso en la industria, transporte, etc.” (Heinimo, 2008, p. 703).

Actualmente el contexto nacional e internacional, ha propiciado la generación de diversos instrumentos y políticas que incentivan la producción de biocombustibles:

Más del 30% del consumo final de energía en toda la UE, incluida España es originado por el sector transporte, sector que se halla en fase de expansión, por lo que es previsible el incremento de su peso relativo en el consumo total de energía. Este hecho, unido a la fuerte dependencia energética (más del 50% de la energía primaria procede de países de fuera de la Unión), ha originado distintas acciones encaminadas a fomentar el uso de los biocombustibles. Con ello se busca reducir la dependencia exterior, garantizando una fuente de energía "autóctona" con sus ventajas. Otro punto de referencia al que igualmente van dirigidas todas estas medidas es a alcanzar los compromisos adquiridos mediante la ratificación y firma del Protocolo de Kyoto (Castillo & Lozano, 2009, p. 6).

³⁵ Representando un crecimiento del 400%, respecto al 2004.

³⁶ Dinamarca y Suiza son los más grandes importadores de biocombustibles en Europa, adquiriéndolos de los países Bálticos, Estados Unidos y Canadá. Suiza además importa madera y biocombustibles usados de Alemania y Noruega. Los países del este de Europa central tienen un potencial para la producción de biomasa y exportación.

“La comisión Europea ha indicado que las fuentes de energía renovable, jugarán un papel particular en las estrategias de la Unión para mitigar el cambio climático” (Ericcson & Nilsson, 2004, p. 205). Para tal efecto se han comenzado a establecer con una serie de cambios, “La UE ha colocado objetivos ambiciosos para incrementar el uso de fuentes de energía renovable de las cuales una gran parte tiene que provenir de la biomasa” (Van Dam, Faaij C., Lewandowski, & Zeebroeck Van, 2011, pp. 728). Para lograr estos objetivos han surgido una serie de reglamentos, programas y políticas para uso y obtención de la misma, siendo los principales los que se describirán a continuación:

En el año 2003, surgen dos de las principales directivas que proyectan con claridad el cambio en el uso de energías:

...En el 2003 surgieron dos directivas, para la diversificación energética y la reducción de emisiones de GEI. Estableciéndose en ellas metas para el consumo de biocombustibles en el sector transporte y créditos tributarios de hasta un 100 % para el biodiesel (Comisiones Obreras [CCOO], 2011).

Dos años después entra en vigor un plan a nivel nacional, ya con medidas más claras:

En el 2005 se lanzó el Plan de Acción de Biomasa, que establece una serie de medidas para el desarrollo de la energía procedente de la biomasa a partir de madera, residuos y cultivos agrícolas, para reducir la demanda de gasolina, y aumentar las compras gubernamentales de vehículos limpios (CAP, 2008, p. 22).

Un años después, “en el 2006, se estableció la estrategia transectorial de siete ejes³⁷ para promover la producción y uso sustentable de biocombustibles a gran escala” (Berndes *et al.*, 2009).

³⁷ Estimulación de la demanda; captura de beneficios ambientales; desarrollo de producción y distribución de biocombustibles; expansión de la oferta de cultivos energéticos; incremento de las oportunidades comerciales; apoyo a países en desarrollo; y apoyo para investigación y desarrollo.

La Directiva 2009, establece para finales del 2020 un reto global denominado 20-20-20, que significa reducir las emisiones un 20%; que el 20% de la energía primaria consumida proceda de fuentes renovables y disminuir un 20% la energía consumida (Montes, 2010, p. 26).

En cuestión de biodiesel, la UE, tiene un B₅₇₅, y planea ir por el B₁₀ en el 2020 aproximadamente (Rueda, 2012). “Se proyecta que el uso de biodiesel en la UE aumente cerca de un 85% durante el periodo de proyección y llegue a los 20 Mml para 2020, lo que representa una proporción promedio del biodiesel en los combustibles tipo diésel del 6.5%, esto es, un 70% más alta que durante el periodo de 2008-2010” (OCDE, 2011, p. 96). “Además de la reducción de GEI, el uso de biocombustibles debe alcanzarse en un 35%, no se permite el uso de materias primas con elevado valor de carbono y, terceros países fuente de éstas deben haber ratificado y aplicado el Protocolo de Bioseguridad de Cartagena” (Montes, 2010, pp. 28- 29). “El cumplimiento de estos postulados se revisa cada dos años a partir del 2012 y los Estados obligan a los agentes económicos a demostrar su cumplimiento” (Dale, *et al.* 2011).

4.7.2 En España

El consumo de los biocombustibles en España ha experimentado un crecimiento espectacular en los últimos años. Torres & Carrera (2010) mencionan que “se ha tenido un incremento del 669% en el periodo 2005- 2009. En este periodo el biodiesel representó el 85.5%, pasando de 23,000 toneladas en 2005 a 894,000 en 2009. A pesar de las tasas altas de crecimiento, el sector presenta un aspecto negativo debido a la importación masiva de materias primas, principalmente de

Argentina e Indonesia³⁸” (p.11). El Informe de la CNE señala que “en 2009, se importaron 357,772 m³ de biodiesel (el 30% del consumo nacional) y se produjeron en territorio nacional 907,000 m³, de los cuales, el 18.07% se elaboró con materias primas nacionales y el resto con importadas. En cuanto a las emisiones de GEI, España cumplió en 2009 con las cuotas establecidas” (AOP, 2007). Según el informe anual de la CNE, (2009) “se cumplió la exigencia legal superándola en tres centésimas (objetivo global era de 3.43%), gracias al diesel con un 3.67% (el objetivo era de 2.50%)”. De acuerdo a Sorda *et al.*, (2010), esto ha sido resultado en gran medida de las políticas de impulso establecidas, entre ellas:

El Real Decreto 1700/2003 establecido por la Unión estipula las especificaciones para gasolinas, gasóleos, fuelóleos, *gases licuados del petróleo* (GLP) y parcialmente de biocarburantes. Además estableció el límite del 5%. (CAP, 2008, p. 27). Colocó además objetivos de penetración de biocombustibles de 5.75 % para el 2010. Aunque no entró como una normativa oficial para cada país, pero si incentivaba a fijar un 2% para el 2005 (Sorda, *et al.*, 2010, p. 6982).

Cuatro años después, *La Ley 12/2007* establece las exigencias para la gasolina y el diesel³⁹, con un objetivo global de 3.40% y con una fracción de incumplimiento de 30 millones de Euros (CNE, 2009).

³⁸ Principalmente de Argentina e Indonesia.

³⁹ En la gasolina los objetivos son del 2.5%, para 2009, y el 3.9% de cantidad mínima para 2010. Las exigencias del diesel son 2.5% y 3.9% para los mismos años.

En el año 2012, *La ley de Presupuesto* de ese año, estableció a los biocarburantes, mezclado o no, un tipo especial de gravamen de cero euros por 1,000 litros. De manera resumida, las medidas actuales son las siguientes:

Tabla 14. Contenido mínimo de biocombustibles

	2008	2009	2010
Contenido de biocarburantes	1.9 %	3.4%	5.83%
Carácter	Indicativo	Obligatorio	Obligatorio

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la CAP de España, 2012, p. 29.

Las hipótesis del Gobierno, recogidas en el *Plan de Acción Nacional de Energías Renovables* (PANER) 2011-2020, establecen que “el biodiesel será el producto de mayor protagonismo en la contribución del sector de transportes y, al final del periodo representará el 88.6%, frente al 86.4% del 2010. El crecimiento en los 10 años será del 110.7%” (AOP, 2007). Para el logro de estos objetivos se estipula las siguientes acciones de apoyo y de impulso:

- ❶ Mejorar el control, la calidad y la confianza del sector, mediante especificaciones técnicas para los productos B₁₀ y E₈₅ y la implantación del sistema AENOR de calidad.
- ❷ Elaboración de un sistema de control en toda la cadena de valor.
- ❸ Ejemplificación en las administraciones mediante uso de biocombustibles.

Recoge además una serie de medidas e incentivos:

- ❶ Exención y subvenciones a los Hidrocarburos.
- ❷ Subvenciones a la inversión.
- ❸ Ayudas a las tierras que se utilicen para la producción de bioetanol.

- ① Establecimiento de un sistema de recolección de aceites usados, oleínas y grasas animales que sean usados para fabricar biodiesel.
- ① Acuerdos con las compañías petroleras para facilitar la utilización y distribución de biocarburantes.
- ① Adaptación de la normativa para aumentar los límites máximos de las mezclas de bioetanol- gasolina (Fernández, 2003).

4.7.3 En América

En América las políticas de incentivo hacia los biocombustibles, difieren de país a país. En algunos como en EE UU. Las políticas son tendientes hacia el reemplazo parcial de los combustibles fósiles, mediante políticas, programas y apoyos concretos. Mientras que en países como en México, los cambios comienzan a gestarse.

4.7.4 En Costa Rica

Las energías alternativas, principalmente la bioenergía se encuentran en un estado incipiente. El *Instituto Costarricense de Electricidad* (ICE) planea incursionar a mediano plazo en la generación eléctrica mediante la utilización de biodiesel, como parte de su política de producción eléctrica basada en fuentes renovables. Este objetivo también responde a lo contemplado en el *Plan Nacional de Desarrollo* (PND), con el cual se pretende alcanzar dos objetivos cruciales: seguridad en el suministro y calidad mediante emisiones mínimas de contaminantes. Gracias a la privilegiada ubicación geográfica de Costa Rica, el ICE produce el 93.31% de la electricidad a partir de fuentes renovables, tales como la hidráulica (76.65%) y la geotérmica (5.34%) (Machin, 2008).

Con estas cifras se observa que el sector de bioenergéticos es reducido, sin embargo han comenzado ya a ponerse en práctica algunos proyectos.

4.7.5 En Estados Unidos (EE UU)

“En EE UU. es muy amplio y complejo el apoyo recibido a los biocombustibles por parte del gobierno en sus diferentes niveles. Este apoyo abarca desde una visión global hacia las diferentes fuentes de energías renovables, hasta una más reducida específicamente a los biocombustibles” (Lamers, Hamelinck, Faaij, & Junginger, 2011). En relación a este apoyo, existen autores que ejemplifican ampliamente el tipo de apoyo otorgado por los EE UU. “A partir de la información del DOE de los EE UU. y por el DSIRE⁴⁰ es posible conocer los incentivos federales, estatales y locales que promueven el uso de tecnologías renovables” (Lattanzi, 2004).

El interés en los biocombustibles en los EE UU. comenzó como una respuesta a la crisis del petróleo de la década de los 70's, cuando se aprobó una legislación que promovía la producción y uso de bioetanol en el transporte. “La Ley del impuesto sobre la energía de 1978, aplicada durante la presidencia de Carter, representó el punto de partida para los incentivos financieros en la producción de biocombustibles. Este decreto otorgaba una exención de impuestos sobre la venta de mezclas de combustibles alcohólicos de un 100% del impuesto sobre la gasolina⁴¹” (Carey, 2010).

Más tarde comienzan a establecerse y aplicarse diversas normativas, políticas y programas gubernamentales, tales como:

⁴⁰Database of State Incentives for Renewable Energy.

⁴¹ En ese tiempo era de 4 centavos el galón.

Las modificaciones al Acta de Aire Puro de 1990, que establece que el petróleo vendido en áreas con altos niveles de CO₂ debía contener 7% de oxígeno” (Carey, 2010).

El programa voluntario de Ciudades Limpias entre el gobierno y las industrias, que tiene como objetivo primordial el promover el uso de vehículos que utilizan combustibles alternativos (US. Department of Energy [DOE], 2013).

El Programa de bioenergía del 2000, tiene como objeto expandir el consumo industrial de productos agrícolas mediante la utilización en la producción de bioenergía:

El programa consiste en el pago de autorización de 40% del costo de compra de semillas de oleaginosas. Originalmente era aplicado al incremento en la producción obtenida con respecto al año precedente, por lo que para continuar con las ventajas de este subsidio, un productor de biodiesel debía continuamente desarrollar e incrementar su nivel de producción. El programa actual permite pagos parciales sobre la producción existente (Sorda, Banse, & Kemfert, 2010)

Dos años después se establece el “Proyecto de Ley Agrícola del 2002”, el cual incluye varias disposiciones para fomentar el desarrollo de las biorrefinerías (Larson, 2010).

Posteriormente se establece, la *Ley de energía de 2005*, en donde se estipulan diferentes incentivos fiscales para la producción y consumo tanto del etanol como del biodiesel

La ley de energía de 2005 incluye un crédito tributario de US\$ 1 por galón de biodiesel mezclado con petrodiesel y basado en aceite vegetal o animal. Además amplió la bonificación fiscal de la Ley de creación de empleo de los EU de 2004, que instauró la bonificación fiscal del impuesto sobre las ventas de etanol, para que se incluyera también el biodiésel y la prolongó hasta 2010. Por lo que los productores de biodiesel que utilizaran materias primas agrícolas se les otorgaría una bonificación fiscal equivalente a 1 USD por galón, mientras que a los que utilizan aceites usados recibirían sólo 0.50 USD por galón (Carey, 2010).

La Ley de independencia y seguridad energéticas del 2007, en donde se establece que 9,000 millones de galones del total de combustibles deberían ser de origen renovable y a partir de

entonces debería producirse un incremento progresivo hasta llegar a los 36,000 millones de galones en el 2022⁴² (Carey, 2010). Además concedería 500 millones de dólares anuales entre 2008 y 2015, para nuevos biocombustibles (DOE, 2009).

En Julio de 2010, entra en vigor el *Estandar RFS2*, estableciéndose con ellos los contenidos propuestos en *Acta de Seguridad Energética* (EISA) de 2007, que entre otras cosas incluye una disminución mínima de 50% de las emisiones GEI en todo el ciclo de vida del biodombustible (Sorda *et al*, 2010, p. 6979).

Más recientemente, *La Ley de política energética*, establece que a partir del 2012 el volumen de venta de gasolina para motores alcanzaría los 7,500 millones de galones⁴³ y debía mantenerse la cifra (Tran, Illukpitiya, Yanagida F., & Ogoshi, 2011).

4.7.6 En México

El uso de biocombustibles en México es casi inexistente. No obstante existen diversas plantas productoras de bioetanol y biodiesel que han comenzado a producir volúmenes pequeños. “México inició una serie de medidas tendientes a crear un mercado interno de los biocombustibles” (Moreno G. &, 2002). Sin embargo “las líneas actuales de desarrollo de parten de dos materias primas con niveles altos de producción en el país: caña de azúcar y el maíz amarillo para la obtención de biocombustibles” (Montiel, 2008, p.8). Entre estas políticas se mencionan las siguientes:

⁴² De estos últimos, 21 000 millones deberán proceder de nuevos combustibles.

⁴³ 1 galón equivale a 3.785 litros.

*El Programa Sectorial de Energía 2001-2006 establece los principios rectores de la Política Energética*⁴⁴, con una meta de 1,000 MW adicionales a la generación de electricidad a partir de fuentes renovables⁴⁵ para el año 2006 (Zamarripa, 2011, p.4).

En el Programa Sectorial de Energía 2007- 2012, uno de los objetivos fundamentales es el aprovechamiento de fuentes renovables de energías y biocombustibles, técnica, económica, ambiental y socialmente viables, como medio para garantizar la seguridad energética (SENER, 2007).

El eje 2 del Plan Nacional de Desarrollo 2007- 2012, incorpora como estrategias la diversificación de fuentes primarias de energía y el fomento del aprovechamiento sustentable de energías renovables.

Ya en el año 2008, entró en vigor *Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos*. En el marco de esta ley, se crea la Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos⁴⁶. (Montiel, 2010, p. 58). La cual tiene como objetivos:

Participar en el marco del Plan Nacional de Desarrollo y de los programas sectoriales, en la elaboración de programas relacionados con la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de Bioenergéticos; Establecer las bases y lineamientos para la suscripción de acuerdos de coordinación entre los gobiernos federal, estatales y municipales; Establecer las bases para la concurrencia de los sectores social y privado; Fomentar la agroindustria, la inversión, infraestructura y tecnologías para la producción, almacenamiento, transporte, distribución, comercialización y uso de Bioenergéticos (Zamarripa, 2011, pp. 5- 6).

⁴⁴ Soberanía energética, seguridad de abasto, compromiso social, modernización del sector, mayor participación privada, orientación al desarrollo sustentable y compromiso con las generaciones futuras.

⁴⁵ Se excluyen las grandes hidroeléctricas programadas por el Gobierno Federal a través de la Comisión Federal de Electricidad.

⁴⁶ Integrada por los titulares de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), Alimentación (SAGARPA), Secretaría de Energía (SENER), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Economía (SE) y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

En el año 2010 la *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación* (SAGARPA) presentó el *Proyecto de bioeconomía*, con un presupuesto de 1,000 millones de pesos, para contribuir a la conservación, uso y manejo sustentable de los recursos utilizados en la producción de biocombustibles y otras energías renovables. De acuerdo al trabajo de Zamarripa (2011), publicado por la FAO, el proyecto considera a cuatro unidades ejecutoras:

Tabla 15. Líneas de acción para promover el desarrollo agroindustrial de los biocombustibles en México

Líneas de Acción	Unidades ejecutoras
Multiplicación de semillas, plantas y material vegetativo para la producción de insumos de bioenergéticos como: sorgo, jatropha y caña de azúcar, etc.	FIRCO(Apoyos directos)
Establecimiento de cultivos a nivel comercial para la producción de insumos de bioenergéticos.	FIRA (Garantías)
Apoyo a proyectos de plantas piloto y/o proyectos integrales, y proyectos innovadores de producción de insumos para bioenergéticos.	Fondo Sectorial SAGARPA -
Investigación y desarrollo tecnológico, paquetes tecnológicos de cultivos agrícolas o de algas para la obtención de biomasa utilizada en los biocombustibles.	FOCIR

Fuente: Elaboración propia, en base a información obtenida de Zamarripa, 2011, p. 8.

El objetivo del proyecto era de contribuir a la conservación, uso y manejo sustentable de los recursos mediante el otorgamiento de apoyos equivalentes a 1,000 MDP distribuidos a cuatro unidades ejecutoras, las cuáles se presentan a continuación:

Tabla 16. Apoyo para el desarrollo sustentable de los biocombustibles

Unidades ejecutoras	Monto asignado
Fondo de Capitalización e Inversión del Sector Rural (FOCIR)	Hasta 200 MDP
Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA)	Hasta 200 MDP
Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)	Hasta 500 MDP
Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT	Hasta 100 MDP

Fuente: Elaboración propia, en base a información obtenida de Zamarripa, 2011, p. 8.

Para llevar a cabo las actividades productivas, se requiere de la obtención de un permiso por parte de la autoridad competente en la materia o en ciertos casos solo de un aviso a la SENER, SAGARPA y/o la SEMARNAT (Zamarripa, 2011).

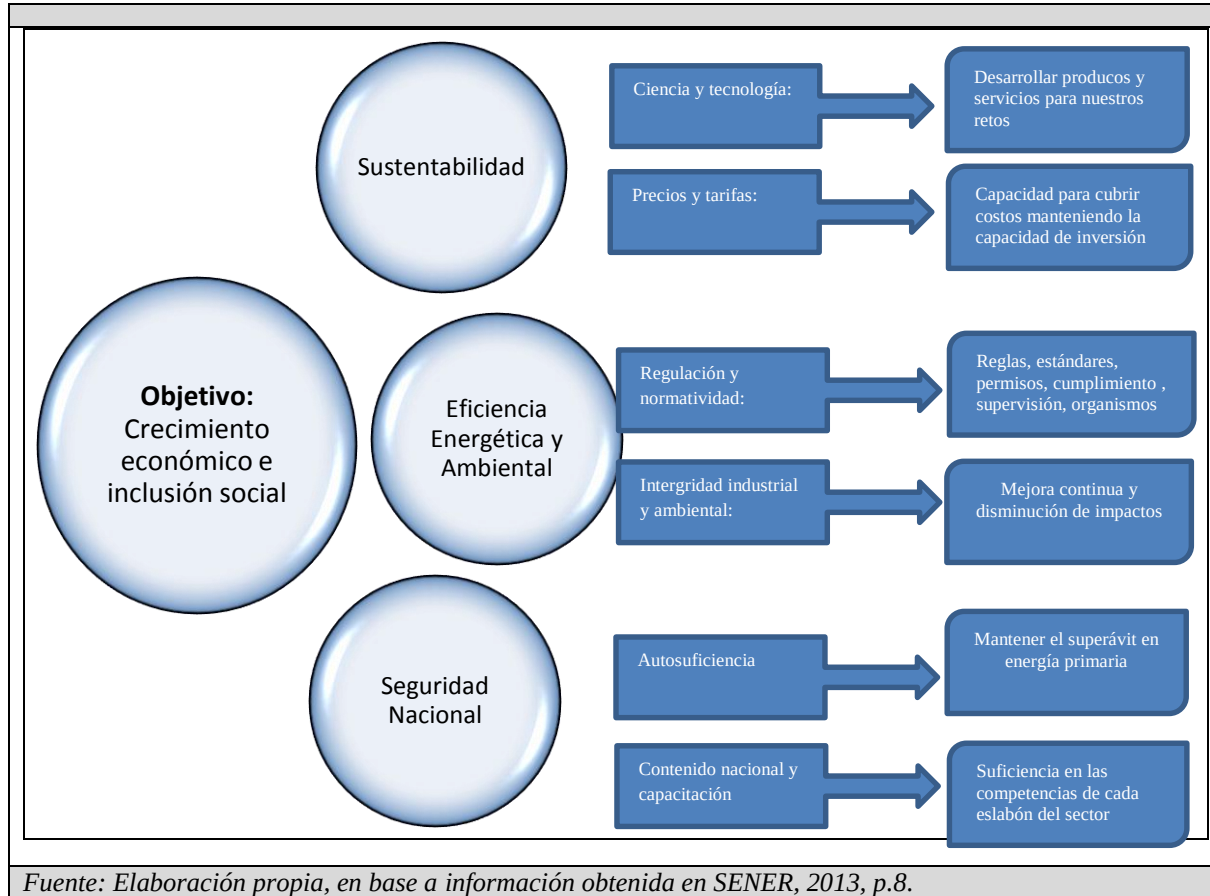
En el 2012 *El Consejo Económico y Social de Jalisco* (CESJAL) aprobó la introducción de gasolinas mezcladas con etanol en un 10% en el área metropolitana de Guadalajara.

La disposición más reciente se establece en el año 2013, dentro de la *Estrategia Nacional de Energía* (ENE) 2013- 2010, las cuales estipulan las medidas de política energética establecidas por la SENER (2015) de la siguiente manera:

Participar en la *producción, almacenamiento, transporte*, distribución, comercialización y uso eficiente de insumos y bioenergéticos, en donde la ENE aborda los retos relacionados con la producción de los combustibles que el país demanda, así como aquellos asociados a la diversificación; La segunda medida tiene que ver con la *producción de petróleo* ya que, aún cuando en los últimos dos años se han logrado estabilizar los niveles de producción, durante la última década ha descendido el nivel de reservas, de producción y de exportaciones; Además *fomentar la agroindustria, la inversión e infraestructura, así como el uso de tecnologías eficientes*, para reducir la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía; Adicionalmente, se cuenta con una meta legal para incrementar el porcentaje de energías no fósiles en el portafolio de fuentes primarias de energía para la generación de electricidad en por lo menos 35% al 2024. Igualmente, existe una tendencia apoyada por el desarrollo de las energías renovables, la cogeneración *in situ* y el desarrollo de infraestructura de comunicación e informática que está llevando a que los sistemas eléctricos integren capacidades de generación en pequeñas capacidades pero en gran cantidad de puntos (SENER, 2013, p.7).

La ENE queda ejemplificada en la siguiente figura, en donde se muestra el objetivo y las bases en las que se sustenta el objetivo:

Figura 11. Mapa de Plan de Energía Estratégica



Dentro del objetivo nacional, el cual estipula el crecimiento económico mediante la inclusión social, sentando como bases el crecimiento con sustentabilidad, eficiencia energética y seguridad nacional, cada uno de los cuáles son sustentados en determinados aspectos y actividades.

4.8 Análisis del sistema impositivo

De acuerdo a la Confederación Sindical de Comisiones Obreras ([CCO], 2011) “la política fiscal juega un papel determinante dentro del modelo social y económico de un país. La gestión

adecuada puede mejorar el uso de los recursos, alcanzar un reparto más equilibrado y justo, pero además, limitar el uso de algunos bienes y servicios que puedan dañar a la sociedad”. Araya (2010), menciona que la estructura tributaria debe basarse en cuatro principios básicos: orden fiscal, orden económico, orden social y orden administrativo (p. 2219). Aunque, aquí se considera también el orden ambiental. De acuerdo a este autor el sistema tributario de la mayor parte de las naciones, se divide en tres categorías básicas:

- ❶ Tasas: Son un tributo que se exige cuando el sector público realiza una actividad o presta un servicio que afecta o beneficia de forma particular al contribuyente. Esta no se solicita de forma voluntaria por el contribuyente⁴⁷.
- ❷ Contribuciones: Se aplican cuando el sujeto obtiene un beneficio o un aumento del valor de sus bienes como consecuencia de la realización o ampliación de una obra o servicio público. Pero es necesario que la obra beneficie a determinados sujetos⁴⁸.
- ❸ Impuestos: Debe ser satisfecho por el contribuyente sin recibir a cambio ningún tipo de contraprestación directa y es aprobado por una ley.

Las distintas naciones han implementado diferentes impuestos. Pero únicamente se analizarán aquellos que tienen influencia en la dinámica de desarrollo del mercado de los biocombustibles “Impuestos Especiales y/ o impuestos a la gasolina y diesel” e “Impuestos Ambientales”.

De acuerdo a datos presentados por la CEPAL (2013), durante el seminario de Recaudación Tributaria, en Marzo de ese año, se especifica que “en la última década la mayoría de los países

⁴⁷ Por ejemplo, las tasas que se pagan a la administración por la expedición de un Documento Nacional de identidad.

⁴⁸ Por ejemplo, cuando se trata de obras de construcción de galerías subterráneas por un ayuntamiento, el importe total de la contribución especial será distribuido entre las compañías o empresas que vayan a utilizarlas.

de la región experimentaron un fuerte crecimiento de la carga tributaria en relación al PIB (especialmente a partir de 2002)⁴⁹ y la introducción de impuestos en materia ambiental”.

En Costa Rica, las características de las principales leyes tributarias son las siguientes:

Sistema cedular, ya que se cobra independientemente y con diferentes tasas, sobre distintos ingresos de una misma persona⁵⁰; Sistema contable autodevengado: Lo cual no permite ponerse de acuerdo para programar la recepción de sus ingresos, pero sí crear gastos con facturas ficticias; Sistemas de renta del producto: El sistema de renta producto implica que solo se gravan las rentas obtenidas por el resultado del ejercicio de los factores de producción organizados empresarialmente con fines de lucro⁵¹; Poca claridad en el origen de los contribuyentes: Ya que la Ley del Impuesto sobre la Renta establece a los contribuyentes que van desde personas físicas y jurídicas, hasta formas contractuales⁵² y tampoco distingue entre los residentes y no residentes (Araya, 2010, pp. 2215- 2222).

En España, “la mayor recaudación de ingresos por impuestos se dio entre 1976-1992, debido a la introducción de nuevos tributos similares a los existentes en la UE⁵³” (CSCO, 2011). Las distintas etapas de la recaudación española se encuentran en la siguiente descripción realizada por Rueda (2012):

El periodo que comprende la última etapa expansiva de la economía española (1994-2007) tiene un crecimiento de los ingresos por impuestos y cuotas sociales más reducido en relación al PIB (3.7%) que en volumen de ingresos⁵⁴, como consecuencia del aumento de la actividad económica. La etapa más reciente coincide con la crisis de la economía española (2007-2010), la cual muestra una brusca y abrupta caída en los ingresos por impuestos, -4.9% del PIB⁵⁵. El aumento de los ingresos en relación con el PIB tuvo su origen en los impuestos directos (2.2% del PIB) y los impuestos indirectos (2.2% del PIB), mientras la

⁴⁹ Entre 2000 y 2011 los ingresos fiscales totales de América Latina aumentaron del 19,6% al 23,6% del PIB, mientras que la carga tributaria (excluidos los aportes a la Seguridad Social) aumentó del 12,7% al 15,7%. México es un país de baja recaudación respecto al PIB, a otros países como Argentina, Brasil, Chile, entre otros.

⁵⁰ Esta modalidad no sigue la tendencia que impera en otros países, donde el impuesto de renta se aplica en forma global; esto implica que todos los ingresos se suman para conformar un ingreso total y sobre esa base se cobra el impuesto.

⁵¹ El sistema de renta ingreso, es independiente del origen de la renta y esta debe someterse a tributación. Y no se excluyen las rentas que se producen por especulación, por ejemplo, en bienes raíces.

⁵² Como los fideicomisos o las sociedades.

⁵³ Impuesto sobre la Renta de las Personas físicas, Impuesto sobre Sociedades e Impuesto sobre Valor Añadido.

⁵⁴ +88,1% en términos reales y +181,3% nominal.

⁵⁵ Este descenso implica una pérdida de ingresos públicos por valor de -48.690 millones de euros en 2007-2010 con un máximo de -63,033.00 millones en 2007-2009.

recaudación de las cuotas sociales se redujo (-0.7% del PIB). A partir de 2008, se generaron una serie de cambios que responden a la crisis económica y a la necesidad de intensificar la recaudación.

En Estados Unidos, la constitución permite que ambos órdenes de gobierno (Federal y Estatal), puedan establecer cualquier tributo no prohibido por la Constitución o, en el caso de los Estados por la Legislación Federal (Mora, 2009).

En México, el IVA representa del 10% al 39% de sus ingresos tributarios, con tasas impositivas que se ubican entre 5 y 25%, para los bienes y servicios de consumo interno.

A continuación se describen los siguientes impuestos pueden afectar el desarrollo del sector biocombustibles, ya que la CRA (2013) menciona que estos pueden retener parte de las ganancias obtenidas, aumentar su valor o incentivar a comprar del mismo por aumento del bien sustituto.

4.8.1 Impuesto a la gasolina, el diesel y/o Impuestos Especiales

Los impuestos especiales gravan el consumo de bienes como alcohol, tabaco, hidrocarburos y, electricidad. Se caracterizan por generar costes sociales, mediante el perjuicio a la salud y el medio ambiente. Por ello, estos impuestos, además de recaudar, se utilizan como herramientas de políticas dirigidas a reducir el consumo de los mismos⁵⁶. En la mayoría de los países seleccionados, los impuestos a la gasolina y el diesel forman parte de los impuestos especiales.

⁵⁶ Suecia, Reino Unido, Finlandia e Irlanda han establecido tipos impositivos muy elevados para penalizar así el consumo, fundamentalmente, del tabaco y el alcohol.

Tabla 17. Análisis comparativo del impuesto a la gasolina, el diesel y/o impuestos especiales

Costa Rica	Estados Unidos
La baja en los precios del petróleo a nivel internacional provocará que durante el mes de febrero los costarricenses perciban una nueva disminución en los costos de los combustibles. El impuesto en Costa Rica es de 0.24 centavos de dólar. Superior al de México pero inferior al de EE UU. (Clark, 2008)	El gobierno federal, tiene varios créditos disponibles a los impuestos para la producción y mezcla de los biocombustibles. Los mayores créditos son para el biodiesel, el cual fue implementado en el 2005, y se ha ido introduciendo en diferentes actas, reglamentos y directivas. Los productores de biodiesel puro o mezclas de biodiesel renovable que cumplen con las especificaciones de la norma ASTM, son acreedoras a un crédito al impuesto de \$1.00 por galón. Para los pequeños productores de agro-biodiesel es de 10 centavos (IRS, 2013).
España	México
De Acuerdo a la (CSOO, 2011), dentro del IVA ampliado se contabilizan los hidrocarburos. A partir de Enero de 2013, subieron los precios de los hidrocarburos, ya que se les obligó a las petroleras a mezclar porcentajes de biocombustibles en sus carburantes tradicionales⁵⁷. También entró en vigor una normativa comunitaria que obligó a los productores a presentar certificados de la sostenibilidad de materia prima (Fernández G. M., 2006).	De los cambios en los impuestos es el único gravamen que tuvo reducciones, ya que los aumentos serán s de 6 centavos mensuales para la gasolina magna y 8 centavos para la gasolina Premium, en lugar de 11 centavos. Se exentan el petróleo crudo y el gas natural, y se permite que el pago se pueda realizar con la entrega de bonos de carbono. Se acredita el IEPS con una deducción del 100% por el diesel para el uso en las actividades agropecuarias o silvícolas, y para maquinaria y el equipo para generación de energías renovables (Gutiérrez, 2013).

Fuente: Elaboración propia en base a información previa, 2014.

4.8.2 Impuestos Ambientales

De acuerdo a la Comisión Europea, la *Organización de Cooperación y Desarrollo Económico* (OECD) y la *Agencia Internacional de la Energía* (IEA), se definen los impuestos ambientales como aquellos cuya base imponible consiste en una unidad física de algún material que tiene un impacto negativo sobre el medioambiente (Martínez G. B.,

⁵⁷. La gasolina mezclada con el bioetanol y el gasoil con el biodiésel. El porcentaje de mezcla ronda el 6% para el conjunto de todos los hidrocarburos.

2012). “Los teóricos mencionan que cambios en los precios relativos conducen a cambios en la demanda ingreso” (Keney & Hertel W., Noviembre, 2009, p. 896).

Para Barde (2005), la recaudación de un impuesto tiene un doble objetivo: recaudar ingresos por el uso de algún bien, y; modificar las conductas de los individuos y empresas sobre los costos ambientales de sus acciones (pp. 24- 25). Los efectos positivos y negativos se resumen a continuación:

Tabla 18. Efectos positivos y negativos de los impuestos ambientales

Positivos	Negativos
❶ Generan ingresos que pueden ser aprovechados positivamente por el Estado. ❷ Resuelven problemas ambientales al generar señales todo el tiempo a los consumidores. ❸ Generan empleo ❹ Ajuste automático de las emisiones a los impuestos ❺ Internalización de externalidades, porque se apropian del perjuicio que generan al resto de la sociedad.	❶ Suelen ser regresivos ❷ Afectan la competitividad de las empresas ❸ Generan cargas fiscales nuevas ❹ Puede ser complicado fijar el nivel adecuado del impuesto

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida en Moreno, 2012, Martínez, 2012 & Barde (2005, pp.

De acuerdo a Barde (2005), “muchos de los impuestos relacionados con el medio ambiente son creados por razones fiscales y colateralmente ayudan a incentivar un comportamiento adecuado desde el punto de vista ambiental”. Sin embargo, para el medio ambiente es importante que los instrumentos incidan en el comportamiento, por lo que a continuación y de acuerdo al autor mencionado se describen los factores que determinan que la respuesta de la sociedad sea la deseada:

La elasticidad del bien: A mayor elasticidad, mayor será la respuesta con cambios en el precio generado por un impuesto⁵⁸. *El grado de sustitución del bien:* Los bienes que tienen menos grado de sustitución presentarán un mayor impacto. *Impacto de los impuestos en los costos marginales de los individuos:* Es necesario que el individuo perciba que el impuesto aumentará al emitir una unidad más de contaminante, por lo que las tasas fijas no generan incentivos para modificar conductas (pp. 53- 54).

Se debe tomar en cuenta las elasticidades grandes para que así, los pequeños movimientos generen grandes cambios. Ante esta situación, los impuestos ambientales pueden ser un instrumento muy poderoso porque la sociedad encuentra la forma de adaptarse de una manera mucho más creativa. Un ejemplo claro de este grado de respuesta puede observarse entre países con bajo nivel de impuestos en combustibles y lo de alto nivel:

...Ejemplo claro de la efectividad de estas adaptaciones a largo plazo se encuentran en EE UU., México y Canadá, países en los que los precios de la gasolina son muy bajos y existe un mayor consumo que en los países Europeos, donde los precios de la gasolina son realmente altos. En estos casos generalmente se observa que las elasticidades en el corto plazo son bajas, pero la demanda en el largo plazo responderá al ingreso y al precio del combustible (Martínez B. , 2012, p. 7).

Debe además distinguirse claramente entre impuestos y cargos. Los cargos ambientales son pagos por servicios específicos, tales como la recogida y el tratamiento de residuos, etc. (Barde, 2005).

Durante la década pasada, en los países de la OCDE hubo un aumento considerable del uso de instrumentos económicos para la protección del medio ambiente. En el contexto de las reformas tributarias ambientales, se ha puesto un énfasis creciente en los instrumentos fiscales, que han demostrado ser un medio ideal para emitir las señales apropiadas al mercado, eliminar o reducir

⁵⁸ Ejemplo claro de la efectividad de estas adaptaciones a largo plazo es que en Estados Unidos, México y Canadá, donde los precios de la gasolina son muy bajos, existe un mayor consumo que en los países Europeos, donde los precios de la gasolina son realmente altos.

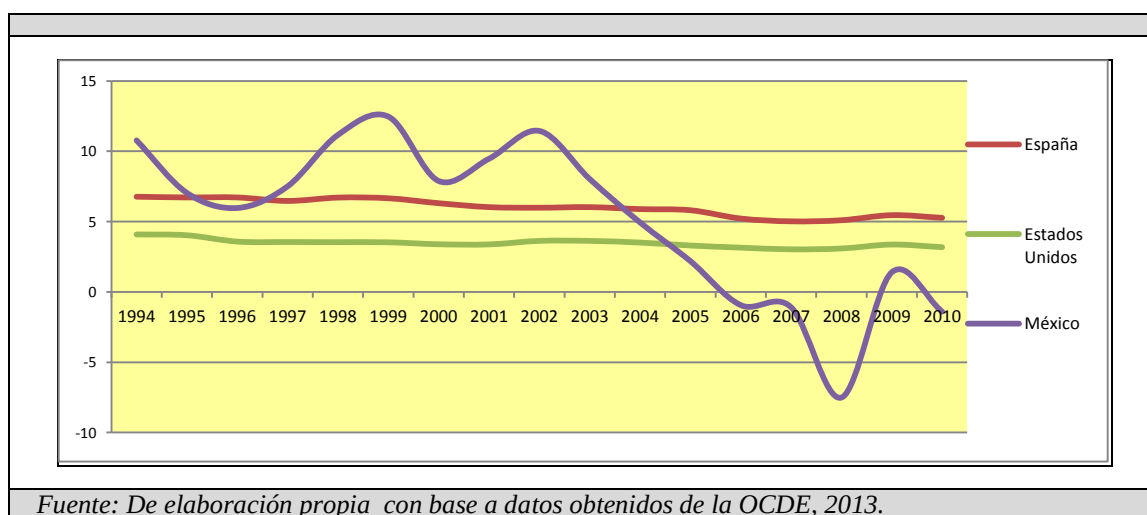
distorsiones, e internalizar las externalidades. La recaudación osciló entre -1.2% y el 15% de los ingresos fiscales totales para el periodo 2000- 2010 (OCDE, 2013).

La OCDE, en su informe de 2013, menciona que:

...En México se están generando presiones ambientales⁵⁹. Los costos de degradación ambiental y el agotamiento de recursos naturales se estiman en 7% del PIB en el 2010. Para esto una forma de presionar esta tendencia a la baja es la implementación de impuestos, pero éstos son bajos, y basados principalmente en imposiciones sobre combustibles. Sin embargo este reporte no deja claro que tipo de impuestos cubre cada nación. México tiene tributos ambientales pero no los define claramente. Su referencia debe basarse a los gravámenes sobre gasolinas, aunque no queda claro si cumplen su función y, por lo tanto, si se puede usar el calificativo de ambiental (Rodríguez, 2008).

Todos los países muestran un retroceso en el cobro de impuestos como proporción del PIB. De los países seleccionados y miembros de la OCDE, México es el único país que presenta cifras negativas (OCDE, 2013).

Gráfico 12. Recaudación por impuestos ambientales como porcentaje del PIB en países seleccionados



⁵⁹ Debido a la rápida urbanización, el crecimiento demográfico y el aumento en el nivel de ingresos.

Los altos precios de los combustibles, causan sustitución:

...En todos los países de la OCDE, esto tuvo un aislamiento que contribuyó a la reducción en los ingresos de los impuestos de energía medidos en porcentaje del PIB. En algunos países esta tendencia ha sido contrarrestada por incrementos en los impuestos de los combustibles⁶⁰. En otros casos, el impacto negativo sobre los ingresos de los impuestos de la energía de los altos precios de los combustibles ha sido contrarrestado por las reducciones reales en las tasas de impuestos⁶¹. En México, el sistema usado para estabilizar los precios del consumidor final de los combustibles de motor, causaron que ingresos por los impuestos se volvieran negativos en los años con altos precios de los combustibles internacionales (OCDE, 2013).

La recaudación per cápita de impuestos relacionados con el medio ambiente es pequeña en algunos países entre ellos México. EE UU. cobra una pequeña proporción por este concepto en relación con el resto de sus impuestos, pero el monto total que paga una persona promedio es de \$230 dólares anuales (Braathen, 2002, p. 41).

Los impuestos relacionados con el medio ambiente, gravan en primer lugar a los energéticos para el transporte, en segundo lugar, los vehículos de motor, en tercer lugar otros procesos de combustión y en menor medida, la generación eléctrica, de residuos, entre otros (Carranza, 2011).

Las tres principales categorías son: *Impuesto por la adquisición de autos nuevos; Impuestos anuales a vehículos usados por el derecho de uso (en México se aplica la tenencia anual); Cobro de derechos por el uso de caminos o carreteras.*

⁶⁰ Estonia, Alemania, Turquía y Reino Unido.

⁶¹ Australia, Canadá, Francia, Grecia, Italia, y en el caso extremo México.

Estos impuestos surgen en un inicio por razones fiscales sin embargo, dado que el uso de vehículos automotores de alguna manera tiene un impacto sobre el medio ambiente, el impuesto puede ser modificado de tal manera que se incluya el factor ambiental. El impuesto puede variar según: el tamaño de la máquina o de su poder; el peso del vehículo (Braathen, 2002, p. 47).

Impuestos ambientales a productos energéticos

El impuesto ambiental más importante en la mayoría de los países en el presente análisis son los impuestos sobre los energéticos, principalmente a la gasolina. “Inicialmente estos impuestos se crearon por una razón fiscal, pero en años posteriores comenzaron a gravarse por su contenido de azufre o plomo” (Braathen, 2002, p. 46). La OCDE (2013), por su parte menciona que prácticamente la totalidad de los ingresos correspondientes a impuestos ambientales (90%) proviene de gravámenes a la gasolina, el diesel y los vehículos automotores. Se aplican muy pocos impuestos a los combustibles pesados de uso industrial. Otra característica es que afectan muy poco a las industrias debido a las numerosas exenciones, por lo que la mayor parte de la carga impositiva de los gravámenes relacionados con la energía recae en los hogares (OCDE, 2013). Sin embargo, en materia de impuestos a los energéticos algunas naciones suelen tener excepciones para el sector industrial por razones de competitividad (Martínez, 2012):

Un impuesto al combustible no suele ser la mejor manera de alcanzar todas las metas ambientales relacionadas con el sector transporte, pero puede ser parte importante de un paquete de instrumentos de política ambiental. Sin embargo, un impuesto al transporte puede ser progresivo en países como EE UU., donde se combina una dependencia total del automóvil con distribución del ingreso bastante desigual (Martínez, 2012, p. 6).

En la UE, los impuestos ambientales han representado un instrumento efectivo para influir en los consumidores para utilizar y adquirir productos menos perjudiciales para el medio ambiente.

En 2007, los impuestos sobre energía representaron el 72% de los impuestos ambientales en la UE, los relacionados con el transporte supusieron el 24%, mientras que los relacionados con la contaminación y el uso de recursos representaban el porcentaje restante. Ya para el 2008, los impuestos energéticos representaron el 79.9% del total, mientras que los impuestos sobre el transporte el 19.2% (EUROSAT, 2013).

El análisis además, muestra que la evolución de la participación de los impuestos ambientales en relación a los impuestos como proporción del PIB está muy ligado a los precios de los combustibles de los vehículos de motor. Los altos precios internacionales de los combustibles llevan a la sustitución, además de que los combustibles de motor están tasados en mayor proporción que otras mercancías y servicios. Esta fue de alguna manera contrarrestado por la reducción en ingresos provenientes de los vehículos de motor y de transporte (excluyendo los combustibles de vehículos de motor), probablemente en respuesta a la crisis económica, la cual hizo que mucha gente se abstuviera de llevar a cabo mayores inversiones de capital (Moreno & Mendoza, 2002).

4.9 Análisis de las certificaciones

4.9.1 Importancia de las certificaciones en el proceso de producción de biodiesel

Hoy en día, los procesos de certificación se han convertido en un elemento esencial para el desempeño eficiente de empresas, personas y organizaciones:

En algunos mercados la certificación no es solo un valor añadido para la empresa que la obtiene como un requisito para competir, ya que son exigidas o valoradas positivamente por consumidores finales, por los grandes clientes industriales o por las administraciones públicas en los contratos y licitaciones de obras y servicios públicos, etc. (Miranda, Chamorro, & Rubio, 2010).

Cuando no todos los actores cuentan con cada uno de los elementos sobre un producto, se produce un problema generado por información imperfecta de los mercados. Casasola, Cortés, & Muñoz (2010), mencionan que “la falta de información puede conducir a una elección incorrecta por parte de los consumidores, o transformarse en oportunismo de los productores que cuentan con toda la información para manejar el precio y otros elementos en una negociación”

En el caso de los biocombustibles, podrían no tomarse en cuenta los costos ambientales de la contaminación que genera su producción incluyendo todas sus fases, y solo considerar los posibles beneficios de su uso, como es el caso de los agrocombustibles:

Una forma de corregir la ausencia de información es dando señales correctas que inciten a los productores a revelar sus prácticas o niveles de emisiones, mediante la certificación. La obtención de un distintivo es una estrategia de diferenciación donde hay productos o servicios que aseguran ser menos nocivos para el medio ambiente (Casassola *et al*, 2012).

En los últimos años, los investigadores se han centrado en determinar cuáles son los cultivos que pueden ser producidos de una manera sustentable. Sin embargo medir las emisiones de GEI producidas por los biocombustibles en todas las fases, desde el crecimiento de la biomasa hasta su uso es difícil; sin embargo, las certificaciones de alguna manera proporcionan seguridad al consumidor y pueden generar una pauta sobre estas emisiones. En general, estas deben reflejar lo siguiente para catalogarse como sustentables:

- La materia prima de los biocombustibles, debe ser cultivada tomando en cuenta la huella ecológica que dejan en el uso de la tierra, el agua y los demás recursos naturales.

- Se debe dar prioridad a los biocombustibles que pueden secuestrar carbono, que tengan un balance cero o negativo en el ciclo entero de producción, como los producidos en base a desechos (Groom, *et al.*, 2008).

Sin embargo FAO (2013) advirtió de que los sistemas de certificación de biocombustibles pueden convertirse en barreras comerciales indirectas para los pequeños agricultores si no se gestionan adecuadamente. El informe señala:

Los biocombustibles y el reto de la sostenibilidad”, hecho público por la FAO sostiene que los actuales sistemas de certificación, voluntarios y en gran parte privados, pueden excluir a los pequeños campesinos al estar principalmente diseñados para la agroindustria a gran escala. El informe advierte que las grandes inversiones necesarias en muchos sistemas de certificación pueden dejar fuera a los pequeños productores (Elberhi & Lui, 2013).

Actualmente la mayoría de las líneas de acción en certificación plantean que se deben definir estándares parciales por fase de producción del biocombustible, que sean de aplicación voluntaria primero y obligatoria después cuando esos estándares parciales puedan ser aunados en una meta estándar global:

La certificación se considera uno de los más importantes factores de la gestión de riesgos del sector. Sin embargo, la cuestión que se plantea es la de cómo debe aplicarse el proceso de certificación. Para ello los países de la región deberán recorrer el largo camino para alcanzar un enfoque común hacia un mercado sostenible conciliando los intereses de los distintos sectores (Lobato, 2010).

4.9.2 Beneficio de obtener de las certificaciones

De manea resumida se muestra a continuación los beneficios de obtener una certificación:

- Permite al productor diferenciar su producto de sus similares;

- ⦿ Evita mensajes publicitarios poco transparentes para el consumidor;
- ⦿ Es una herramienta de comercialización y marketing;
- ⦿ Demuestra el compromiso del productor con la calidad y el consumidor;
- ⦿ Establece una relación de confianza entre el productor y el consumidor;
- ⦿ Da un valor agregado al producto.

4.9.3 Efectividad de la certificación

De acuerdo a lo establecido por Hereford (2004), para que los certificados de calidad sean efectivos al mostrar los atributos de valor diferenciadores se requiere:

- ⦿ Que el certificado sea reconocido por el mercado objetivo.
- ⦿ Que el certificado garantice que un organismo independiente controla o verifica las características diferenciales.
- ⦿ Que la certificadora sea reconocida como autoridad en la materia que avala.
- ⦿ Que el consumidor sea educado en los atributos diferenciadores.
- ⦿ Que exista un mercado con capacidad de compra para pagar el valor agregado por el atributo.

En México como en otros países, principalmente en desarrollo, estas características en las certificaciones son limitadas. El sector de biocombustibles es reducido y muy poco conocido ante la sociedad mexicana, por esta razón las certificaciones y las características anteriormente descritas son de muy poco impacto en el subsector. Pero en países como España y EE UU. se tiene un impacto mayor.

En cuanto a la certificación de los biocombustibles, diferentes actores han propuesto directrices para una adecuada implementación de certificaciones, así como de su funcionamiento, siendo estos:

- ❶ Elegir instrumentos que encuadren con los objetivos de política nacional.
- ❷ Que las certificaciones aplicadas sean verificables y ejecutable con sanciones en los incumplimientos o fallas.

4.9.4 Las certificaciones por tipo de empresas

La proporción de las empresas certificadas tiende a diferir de acuerdo al tamaño y la región. Fundamentalmente, en América Latina, se tiene una gran desproporción en cuanto a las empresas certificadas por tipo. De acuerdo a Cohen y Baralla (2012), se afirma:

...Para el año 2010, sólo dos países contaban con más del 20% de empresas certificadas por instituciones de reconocimiento internacional respecto al total de cada nación (Venezuela y México). En cuanto al tamaño, las empresas grandes contaban con una proporción superior al 30%, exceptuando Venezuela que mantenía únicamente un 17%. Esto nos indica la gran variabilidad que se tiene por tipo de empresas, y refleja el grado de importancia que se tiene para pequeños y medianos productores.

Si a esto se le agrega el hecho de que el mercado de biodiesel es incipiente en naciones como México y Costa Rica y que en su mayoría son empresas pequeñas o medianas, se puede establecer cómo muy pocas empresas han tratado de obtener las certificaciones.

4.9.5 Tipos de certificaciones

Identificar el tipo de certificación en la cual una empresa se encuentra sujeta. Es de suma importancia, ya que ella reflejará el alcance y el respaldo que tenga la misma en el consumo y por

tanto el crecimiento económico del producto, y el caso del subsector biodiesel también de su grado de desarrollo. Las certificaciones se pueden dividir de acuerdo a diferentes criterios. De acuerdo a Miranda, Chamorro, & Rubio (2010), estas pueden ser de tres tipos y varían de acuerdo a:

- 1) La función *de la naturaleza del organismo acreditador/normalizador* que intervienen en el proceso, y pueden ser normalizadores o como acreditadores. Además hay certificaciones de naturaleza pública, y de naturaleza privada.
- 2) La función *del alcance de la norma base de la certificación* se puede hablar de certificaciones generales y de certificaciones sectoriales, dependiendo si es para todos los sectores de la economía, o únicamente para un determinado sector de actividad.
- 3) La función *de la naturaleza de la entidad certificada*, se distinguen tres principales categorías: empresas, productos y personas

Certificación de empresas. En este caso la entidad objeto de la certificación es una empresa o una parte de la misma. Una empresa puede optar por certificar su modelo de gestión de acuerdo con criterios de calidad, medioambientales, de responsabilidad social, de gestión de personas, etc. En función del objeto de la certificación se puede distinguir los siguientes tipos:

- ❶ *Sistemas de gestión calidad (SGC):* En la cual la estructura organizativa, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos necesarios para llevar a cabo la gestión de la calidad en la organización, es emitido por un organismo que atestigua la calidad, el principal es el *International Standard Organization* (ISO).
- ❷ *Sistemas de gestión medioambientales (SGMA):* Consiste en la emisión por parte de un organismo independiente de un documento que atestigua que el sistema de gestión medioambiental de una empresa es conforme con una determinada norma de

referencia y comprende la estructura organizativa, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para determinar y llevar a cabo la política medioambiental. Las más empleadas son: la ISO 14001 y la EMAS (Sistema Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría).

- ❶ *Sistemas de gestión de prevención de riesgos laborales:* La elevada tasa de siniestralidad laboral que existe en muchos países, ha llevado en los últimos años a una mayor sensibilización por parte de las autoridades, que han promulgado leyes y normas tendentes a su reducción.
- ❷ *Responsabilidad social:* es la emisión por parte de un organismo independiente de un certificado que garantiza que la empresa cumple unas mínimas exigencias sociales.
- ❸ *Gestión de personas:* La importancia de los recursos humanos dentro de la gestión de empresas ha hecho que muchas empresas se planteen la necesidad de implantar sistemas de gestión de personas orientados a un mejor aprovechamiento de los conocimientos y capacidades de sus empleados.

Certificación de productos: En este caso el objeto de la certificación es un producto (bienes materiales o los servicios). Y consiste en una verificación por parte de una entidad independiente de que sus propiedades y características están de acuerdo con las normas y especificaciones técnicas que le son de aplicación. Dentro de las certificaciones de productos se encuentran: *Marcas de conformidad o certificados de calidad de productos*, con las que se certifica que un producto cumple con una norma; *Certificados de producto ecológico o eco etiquetas*; *Denominaciones de origen y similares*; *Especialidades tradicionales garantizadas*; *Marcas de garantía*; *Certificados de proyectos de I&D*.

Certificación de personas: La certificación de personas consiste en un documento que avala los conocimientos y destrezas de una persona para llevar a cabo actividades de carácter particularmente exigente o precisas. La consecución de esta certificación exige el dominio de conocimientos teóricos y prácticos según el trabajo que se vaya a desarrollar y que la persona debe demostrar mediante unas pruebas preestablecidas por la normativa aplicable. A través de este proceso se reconoce formalmente y de manera temporal las capacidades laborales que la persona posee, sin importar cómo fueron adquiridas (Miranda, Chamorro, & Rubio, 2010).

Para obtener las certificaciones hay dos maneras directas de hacerlas dentro de un país, De acuerdo a Devereaux y Lee (2009), estas pueden ser:

- Uno de manera voluntaria, en donde una tercera parte certifica su producción, procesos, o producto como sustentable.
- Otra forma es que el gobierno de cada nación establezca un mandato, en el cual se establezcan ciertos requerimientos y especificaciones para el producto. Adquiriendo de esta manera un carácter más obligatorio.

En México la mayoría de las certificaciones que existen, las cuales son pocas y en su gran mayoría enfocadas a la certificación ISO, son de carácter voluntario.

4.9.6 Certificaciones por regiones

En la Unión Europea

Los objetivos que persiguen las certificaciones dentro de la UE se describen a continuación:

La Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, establece la obligación, para todos los Estados miembros, de garantizar que los agentes

económicos presenten información fiable referente a los criterios de sostenibilidad de los biocarburantes y líquidos. Las disposiciones normativas europeas para el fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, y, en concreto, en lo relativo a la sostenibilidad de los biocarburantes, a pesar de que imponen objetivos comunes dejan a los Estados miembros un elevado grado de discrecionalidad en su aplicación. (CNE, 2012).

El 19 de julio de 2011, la Comisión Europea anunció los siete primeros esquemas para los voluntarios nacionales que habían logrado su homologación.

...Se considera que estos esquemas cumplen en forma completa, o por lo menos parcialmente, con los requisitos establecidos en la EU RED. Se ha verificado rigurosamente cada uno de ellos para garantizar que se cubran de forma efectiva todos los criterios de sostenibilidad. La aprobación es válida durante cinco años y confirma que el esquema puede emitir un certificado en caso que el producto se haya evaluado y cumpla con todos sus criterios. (Muñoz & Hilbert, 2012).

Los siete esquemas que cuentan actualmente con la homologación de la CE son: *Certificación Internacional de Sostenibilidad del Carbono (ISCC por sus siglas en inglés)*; *Mesa Redonda en Soja Responsable (RTRS por sus siglas en inglés)*; *Mesa Redonda en Biocombustibles Sostenibles (RSB por sus siglas en inglés)*; *2BSvs Sostenibilidad de los Biocombustibles de Biomasa*; *RED Estándar de Garantía de Sostenibilidad Bioenergética (RBSA)*; *Greenenergy (Programa de Verificación de Bioetanol Brasileño)*.

La UE deja caer el peso sobre los sistemas de verificación privados. Pero estas son dependientes de los incentivos que provee la RED para expandirse comercialmente:

Los criterios de sustentabilidad en la UE son plasmados en la EU RED. Esta introdujo requerimientos de carácter obligatorio y no obligatorio para los biocombustibles. Los requerimientos obligatorios son necesarios para obtener apoyo financiero. Entre ellos se encuentran la minimización de los GEI, el no cultivo

de biocombustibles sobre tierras con alto grado de biodiversidad. Y en el caso de los estados miembros, adoptar prácticas ambientales (Deutschland, 2013).

Algunos países, como Suecia, cuentan ya con legislación vigente que exige que las organizaciones y productos se verifiquen conforme a un esquema reconocido antes que puedan venderse en ese país. Otros países se están preparando para introducir una legislación similar.

Los siete esquemas aprobados tienen las siguientes características: Estándar de producción, la sostenibilidad de la producción y el proceso; Estándar de cadena de custodia: ofrece a los compradores información exhaustiva de la cadena de suministro (Gleniste, 2011).

Las certificaciones en América

“En el marco del proceso de creación de un mercado global de biocombustibles, la UE y EE UU., aparecen como demandantes, mientras que América Latina como oferente, dada la disponibilidad de suelos, agua y radiación solar” (Lobato, 2010).

En América Latina, África y Asia la producción a gran escala de biocombustibles ha conducido a cambios en el uso del suelo:

En América Latina muchos de los Planes y Programas nacionales y regionales de producción de biocombustibles, fueron formulados y están siendo ejecutados por impulso de la moda de los biocombustibles, más allá de la existencia real de necesidades locales, sin mayor análisis de las razones para su implementación, ni evaluación previa de sus posibles consecuencias. Debe aprender de esta experiencia, definir criterios, indicadores y herramientas propias y coordinadas a nivel internacional, para terminar en un esquema único de certificación que contemple la realidad regional y evite su incumplimiento por dificultades en la aplicación. La región debe a su vez, crear o potenciar organismos existentes para que actúen como evaluadores independientes dando un mayor soporte institucional a la producción y consumo sostenibles de biocombustibles (Lobato, 2010).

Los procesos de certificación en México

En México existen algunas certificadoras de productos ecológicos, pero estos se basan fundamentalmente en servicios y productos agropecuarios. CERTIMEX, Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos, es una sociedad civil legalmente registrada bajo el Núm. 164/97 con la finalidad de coadyuvar en el desarrollo de la producción ecológica, mediante la inspección y certificación de calidad de los productos y procesos ecológicos agrícolas, pecuarios, agroindustriales y forestales. La certificación se agrupa por grupos: pequeños productores, productor individual, procesador y/ o comercializador y pequeño productor individual. En cuanto a la certificación de los biocombustibles, no se pudo determinar la existencia de alguna con carácter nacional.

4.9.7 Certificaciones en materia de biocombustibles

Certificado RSB (Roundtable on sustainable biofuels)

Origen y desarrollo

Los orígenes de esta norma se encuentran en el año 2007, donde se realizaron las primeras reuniones, es aprobada en el año 2009 y lanzada posteriormente:

En junio de 2007, la Junta Directiva de la Mesa redonda sobre biocombustibles sostenibles (RSB por sus siglas en inglés) publicó un bosquejo de los principios y requerimientos para la producción sostenible de biocombustibles. De agosto de 2008 a marzo de 2009 se realizaron reuniones presenciales de extensión en todo el mundo en las que se invitó a los grupos de interés relacionados con los biocombustibles a revisar y comentar el borrador de la norma. En estas reuniones participaron un total de 900 personas, y muchas más a través de correo electrónico y otros medios electrónicos con comentarios y sugerencias. En enero de 2009 lanzó una nueva estructura de gobernanza basada en la membrecía, en la que se invitó a los grupos de interés a participar formalmente en la RSB a través de una estructura de cámaras. Cada cámara representa un grupo diferente de interesados en la promoción y uso de los biocombustibles sostenibles. A lo largo de 2009 se

lanzaron varias revisiones borrador que culminaron con una reunión de la Junta Directiva realizada en 2009, para discutir la aprobación de la primera versión de la norma (Versión Uno) (RSB, 2011).

Características generales y funcionamiento

Fue lanzada en el año 2011 y se aplica a la producción, elaboración, transformación, comercialización y uso de biomasa y biocombustibles. Puede ser solicitada por los productores y procesadores de materias primas y biocombustibles, así como los mezcladores de éste mismo. La certificación es aplicable a cualquier cultivo de cualquier país y el modelo de certificación es basado sobre el manejo de riesgos (Elberhi & Lui, 2013). El modelo de rastreo de la cadena de custodia exige que los productos físicos estén conformes con la norma de la RSB y los productos asociados puedan rastrearse hasta su punto de origen. Da garantía de respeto de los derechos humanos, seguridad alimentaria y el medio ambiente, así como de reducción significativa de las emisiones de GEI. Está desarrollando un sistema de monitoreo y evaluación en línea con la alianza impactos código ISEAL, con el fin de determinar si los objetivos deseados a largo plazo están en camino al éxito (RSB, 2015).

Las características básicas de este certificado se resumen a continuación: *Se centra en los GEI* emitidos durante todo el ciclo de vida de los biocombustibles; *La norma es aplicable a cualquier cultivo* de cualquier país y permite la realización de comparaciones entre cultivos y sistemas de producción; *El modelo se basa en un enfoque de gestión de riesgos*; La norma de la RSB *identifica cuatro tipos de operadores* sometidos a requisitos distintos, los cuales son productores de sustancias intermedias, procesadores de sustancias intermedias, productores de biocombustibles y, mezcladores (Elberhi & Lui, 2013).

La norma RSB cubre distintos países alrededor del planeta y son los siguientes: *Asia*: Singapur, Filipinas, China, India, República Popular Lao, Malasia, Corea; *África*: Malawi, Malí, Mozambique, Uganda, Zambia; *Oceanía*: Australia; *Europa*: Alemania y Reino Unido, Bélgica, Suiza, Reino Unido, Países Bajos, Francia; *América*: Canadá, EE UU., México, Argentina, Brasil y Perú, Guatemala (RBS, 2015).

Funcionamiento

Los miembros pueden solicitar participar en la cámara que consideren que mejor representa a su organización y una vez aprobados por la Junta Directiva de la RSB pueden tomar parte en las discusiones. Además, dos representantes elegidos de cada cámara son miembros de la Junta Directiva, que es el ente que toma las decisiones en la RSB (Elberhi & Lui, 2013). Las cámaras en las cuales puede integrarse y los delegados actuales de cada una de ellas son:

1. Los agricultores y los productores de biomasa (USA, Japón e Indonesia);
2. Productores industriales de biocombustibles / biomaterial (EE UU. y Bélgica);
3. Minoristas / licuadoras, la industria del transporte, la industria bio-producto, bancos / inversores (EE UU. y Suiza);
4. Basado en los derechos ONG (incluidos la tierra, el agua, humanos y derechos laborales) y Sindicatos (Francia, Guatemala y Uganda);
5. De desarrollo o de seguridad alimentaria y las organizaciones de pequeñas explotaciones rurales organizaciones de agricultores o indígenas (Filipinas y Nepal);
6. Medio Ambiente o de conservación organizaciones y la política climática (Center for Sustainable Energy Farming, 2970 Skypark Drive, Suite 105;

7. Torrance, CA, 90505/ National Renewable Energy Laboratory, 15013 Denver West Parkway Golden, CO 80401/ Universidad de California, Berkeley (Global e India);
8. Las organizaciones intergubernamentales (OIG), los gobiernos, los organismos emisores de normas, agencias de asesoría de especialistas, organismos de certificación y expertos consultores (EE UU. y Kenia) (RSB, 2015).

Mecanismos para la obtención

La calificación para certificación RSB implica la evaluación del cumplimiento de los criterios establecidos en los siguientes principios: Legalidad; planificación, monitoreo y mejora continua; Emisiones de GEI; Derechos humanos y laborales, desarrollo rural y social; Seguridad alimentaria local; Suelos, agua, aire; Uso de tecnología, insumos y gestión de residuos (SCS Global Services, 2013).

De acuerdo a datos obtenidos de la página de comercio sostenible Standards Maps en la página vigente, se tiene que dentro de los requerimientos ambientales que la norma establece, alrededor del 25% se encuentra dentro del concepto de biodiversidad, siguiéndole agua y residuos. Dentro de los requerimientos sociales los más importantes son las condiciones de empleo, de trabajo y los derechos fundamentales. En cuanto a los requisitos económicos, existen tres tipos que tienen aproximadamente el mismo peso: viabilidad económica, administración y gestión y, responsabilidad de la cadena de suministro. Las cuotas de afiliación se basan en el tamaño económico de la organización. Organizaciones del sector público y sin afán de lucro pagan entre 250 y 2.000 \$EE.UU. Todas las demás organización deben pagar entre 1.000 y 10.000 \$EE.UU.

Certificación ISCC (International Sustainability Carbon Certification)

ISCC es un sistema de certificación que permite diferenciar entre productos sustentables y no sustentables incluyendo información sobre emisiones de GEI en las distintas etapas de la cadena. El sistema de certificación ISCC describe procedimientos y estándares que permiten un manejo simple para sus usuarios; al mismo tiempo, cumple con las ordenanzas de sustentabilidad alemanas y la DER de la UE (ISCC, 2015).

La cadena de valor comienza con los productores agrícolas, continua con las llamadas primeras plantas de acopio que reciben la biomasa de los campos y la transportan o la procesan y finaliza con las plantas del *Acta de Energía renovable* (REA, conforme a sus siglas en inglés) y los distribuidores que deben cumplir con las obligaciones de corte obligatorio, que utilizan la biomasa líquida para la producción de energía, incorporando los biocombustibles al mercado (ISCC, 2010).

Características generales y funcionamiento

Las características del sistema de certificación de sustentabilidad y reducción de emisiones de gases efecto invernadero esenciales del sistema ISCC son:

- ❶ No se restringe a ciertos tipos de biomasa; sino que cubre todas las materias primas;
- ❷ Es de enfoque multi-sectorial (agricultores, procesadores, comercio, industria, ONGs, asociaciones, institutos de investigación, autoridades);
- ❸ Tiene regulaciones de ISCC para auditorías de sustentabilidad;
- ❹ Existe trazabilidad basada en balances de masa;

- ❶ Registro de sitios de producción, certificados y declaraciones de conformidad;
- ❷ Balance de GEI;
- ❸ Cooperación con otros sistemas de certificación reconocidos;
- ❹ Es apoyado por el Ministerio Federal de Alimentos, Agricultura y Protección al Consumidor y la Agencia de Recursos Renovables de Alemania (ISCC, 2015).

Criterios para la obtención de la certificación

El ISCC establece los criterios de certificación relevantes que deben ser cumplidos a fin de participar en el sistema pueden ser clasificados en tres categorías:

1) *Requisitos de sustentabilidad en la producción de biomasa*: El cultivo para la producción de biomasa debe cumplir con ciertos requisitos de sustentabilidad, tales como: protección de áreas de alto valor de conservación y con alto contenido de carbono; protección de turberas, y; sustentabilidad del campo.

2) *Requisitos relativos al ahorro de emisiones de gases efecto invernadero*: para poder calificar en este sistema la biomasa líquida producida tiene que ofrecer un ahorro mínimo en las emisiones de GEI de un 35%. Cada elemento de la cadena de suministro debe calcular sus emisiones de GEI y pasar dichas cifras a la siguiente interface de la cadena. La última interface debe finalmente calcular y corroborar el ahorro total de la biomasa líquida.

3) *Requisitos relativos a la trazabilidad y el balance de masa*: El origen de la biomasa sustentable utilizada para producir la biomasa líquida, específicamente el biocombustible, debe ser sujeta de trazabilidad a lo largo de las distintas etapas de producción y suministro, que garanticen la proveniencia, cantidad y emisiones de GEI. La evidencia debe probar que la cantidad tomada de una etapa productiva no excede la cantidad recibida por dicha etapa dentro

de un determinado período. Los sistemas de trazabilidad permiten la mezcla de biomasa, biomasa líquida y biocombustibles sustentables con productos no sustentables incluso cuando sus emisiones de GEI difieren, siempre y cuando no excedan de un valor de emisión máximo (ISCC, 2015). Para la obtención de biomasa es necesario que sea producida sobre tierras con alto valor de biodiversidad o alto contenido de carbono; sea producida en un ambiente responsable, protegiendo suelo, agua y aire; las condiciones de seguridad laboral deben ser provistas bajo entrenamiento y educación; no viole los derechos humanos ni derechos laborales; sea acorde a las leyes regionales o nacionales (Elberhi & Lui, 2013).

ISCC tiene cierta ventaja sobre otros sistemas de certificación debido a que se encuentra operativo por más tiempo, fue creado para ser utilizado para cualquier tipo de biomasa y biocombustibles y, recientemente, reconoce los certificados de otros esquemas aprobados oficialmente por la Comisión Europea. Otra razón por la cual se puede esperar que este esquema continúe creciendo en el Mercado es que lanzó el esquema que llama “ISCC Plus”, que apunta a trabajar como una extensión de ISCC y cubrir la producción de alimentos, piensos, químicos y plásticos a lo largo de la cadena de suministro. El costo de certificación para los miembros de la asociación consta de dos partes: costo por emisión que es de 200€, y; pago por el contrato de operación con ISCC de 2500 € al año (Muñoz & Hilbert, 2012).

RED Estándar de Garantía de Sostenibilidad Bioenergética (RBSA)

De acuerdo a información vigente en la página del estándar RBSA, este establece los requisitos para los agentes económicos que participan, y para su gestión y mantenimiento. Fijando altos niveles de calidad en los procesos de certificación y auditoría, y es aplicable en cualquier país.

Características principales

El alcance y las principales características del estándar se detallan a continuación:

- ❶ Es aplicable a todo tipo de biocombustibles y biomasa.
- ❷ Cuenta con el área de procesamiento en unidades de conversión de biocombustible y la cadena de suministro de biocombustible. La combinación de estas áreas permite cubrir el desarrollo completo de biocombustibles. Todos los operadores económicos pertenecientes a cada una de las áreas deben haber sido validados previamente antes de participar en las operaciones cubiertas por el estándar RBSA.
- ❸ Ha desarrollado un plan específico en relación con soluciones tecnológicas para facilitar la acción de operadores en la cadena de suministro de productos agrícolas. Los cuatro cereales de los que se dispone de datos de emisiones GEI (cultivo y extracción) son: maíz, trigo, sorgo y cebada. Para otras materias primas, pueden utilizarse los valores por defecto de la DER.
- ❹ Las autoridades de certificación acreditadas por RBSA someten a los operadores a auditorías para verificar el cumplimiento de los requisitos aplicables, con el fin de demostrar la capacidad operativa. Actualmente, las autoridades acreditadas son: Bureau Veritas, Aenor, Control Union Peterson y SGS (RBSA, 2015).

Cadena de suministro de biomasa

Dentro de la cadena de suministro de biomasa pueden encontrarse los siguientes operadores económicos: unidades de producción agrícolas, proveedores primeros almacenistas y proveedores de biomasa intermediarios. Todos los operadores económicos dentro de la cadena de suministro de biomasa deben operar de acuerdo con un certificado de proveedor de biomasa validado. A continuación se expone una descripción general de estos operadores económicos, de acuerdo a lo establecido en Abengoa (2013):

Unidades de producción agrícola. Estos proveedores deben operar dentro del origen sostenible RBSA o emitir una auto-declaración de la unidad de producción agrícola que garantice que cumplen las estipulaciones DER relativas a la sostenibilidad para la producción de biomasa. Deben contar con un sistema de balance de masas en vigor para demostrar que la unidad de producción agrícola no vende más biomasa sostenible que la producida desde áreas sostenibles RBSA.

Proveedores primeros almacenistas. En el esquema RBSA se permite a los proveedores primeros almacenistas recoger biomasa sostenible de dos tipos diferentes de unidades de producción agrícolas: las localizadas en origen sostenible RBSA y las sostenibles por auto-declaración. Deben aplicar un sistema de balance de masas y proporcionar el origen de cultivo en sus suministros como datos para el cálculo posterior de emisiones de GEI.

Proveedores de biomasa intermediarios. Actúan mediante operaciones de gestión física o comercial para transferir la biomasa a lo largo de la cadena de suministro de acuerdo con un sistema de balance de masas. Todos los operadores deben operar conforme a requisitos de

validación propios o bajo el amparo de otro operador validado. Debe emitirse un atestado de biomasa sostenible al transferir biomasa de un proveedor a otro.

Para reducir la carga sobre operaciones agrícolas, Abengoa Bioenergía ha desarrollado los siguientes sistemas IT para facilitar el funcionamiento de la cadena de suministro de biomasa:

1. *Sistema IT para calcular las emisiones de GEI para procesamiento agrícola.* Como se detalla expresamente en la directiva DER, se permite el uso de promedios regionales calculados para áreas geográficas menores que las utilizadas en el cálculo de los valores por defecto, como una alternativa a los valores reales. Esta solución tecnológica supone una gran ayuda al operador económico que suministra la biomasa: evita que tenga que calcular las emisiones de GEI, siendo el único requisito que se indique el origen de cultivo en la información comercial.
3. *Desarrollo de mapas sostenibles.* Abengoa Bioenergía ha desarrollado una metodología detallada para la generación de mapas sostenibles que harían posible cualificar una región como “origen sostenible RBSA” mediante el procesamiento de imágenes de satélite, bases de datos relacionadas y datos de preservación, e identificando específicamente aquellas áreas que se describen como categorías permitidas en la directiva DER para biodiversidad y reservas de carbono. Además, no permite suministros de biomasa procedentes de áreas con un cambio en el uso de la tierra y, por tanto, eventualmente no se considerarían en los balances de emisiones de GEI. Como resultado final del proceso, se obtiene un origen sostenible RBSA que cumple por entero todos los criterios

sostenibles DER para biodiversidad y reservas de carbono, y que también ha mantenido el uso de la tierra sin cambios.

4. *Unidad de conversión de biocarburantes:* La unidad de conversión de biocarburante debe recibir un atestado de biomasa sostenible del último proveedor de biomasa validado dentro de la cadena de suministro de biomasa o de un proveedor RBSA de biomasa final reconocido por la CE. La unidad de conversión de biocarburantes generará una declaración de biocarburantes sostenible, incluyendo la sostenibilidad de la biomasa y las emisiones de GEI de las tres fases principales (RSBA, 2015).

La cadena de suministro de biocarburante está constituida por un tipo de operador económico, el proveedor de biocarburante intermediario, que actúa mediante operaciones de gestión física o comercial para transferir el biocarburante a lo largo de la cadena de suministro de acuerdo con un sistema de balance de masas e incluyendo emisiones de GEI. Todos los proveedores de biocarburantes intermediarios deben operar de acuerdo con un alcance de proveedor de biocarburante validado para participar en operaciones minoristas de acuerdo con el esquema RBSA. Un proveedor de biocarburante intermediario validado puede generar el mismo tipo de documentos sostenibles RBSA para la unidad de conversión de biocarburante. Finalmente, se permite biocarburante de un proveedor certificado bajo otro esquema voluntario aprobado por la CE en cualquier punto de la cadena de suministro de biocarburantes dado que se considera que este combustible cumple requisitos DER a través de certificados o documentación externa (Abengoa, 2013, pp. 31- 33).

Certificaciones de calidad de biodiesel IQ net- AENOR

IDAE y APPA han trabajado conjuntamente en el desarrollo de un sistema de certificación de la calidad del biodiesel, que dio como resultado el reglamento de la marca AENOR para biodiesel en 2010. Con el objetivo de conseguir la mayor implantación de este nuevo sistema, IDAE y APPA han suscrito un convenio de colaboración para impulsar la aplicación del sistema en el sector de biodiesel y a difundir las ventajas técnicas, socioeconómicas y medioambientales de la utilización de biodiesel con marca de calidad (IDAE, 2011).

La Marca AENOR de gestión ambiental permite a la organización demostrar la implantación de un sistema eficaz de gestión ambiental, y, en consecuencia, su compromiso con la preservación del entorno. Adicionalmente, AENOR entrega, junto con el certificado de registro de empresa, el certificado IQNet que facilita el reconocimiento internacional del certificado de AENOR. Es miembro fundador de la Red Internacional de Certificación, IQNet, la mayor asociación internacional de organismos de certificación de sistemas de gestión, cuya cuota en el mercado mundial se estima en el 50%. La certificación AENOR puede ser de dos tipos: *Certificación de sistemas de gestión, Y; Certificación de productos y servicios* (AENOR, 2015).

Portal AENORnet

Es un espacio concebido para los clientes, donde se une información, comunicación, participación y servicios. AENORnet pone a disposición de la organización certificada la información actualizada de sistemas de gestión, gracias a una completa clasificación de contenidos en temas, subtemas y sectores el usuario en la cual puede consultar cientos de documentos sobre el tema escogido, conocer las subvenciones a las que puede optar, estar al día de la actualidad legislativa, acceder a las noticias de prensa de diferentes medios de comunicación, conocer los próximos eventos en los que puede participar, así como intercambiar

puntos de vista con otros clientes en los foros de opinión, conocer los datos de sus certificados, solicitar copias de los mismos, consultar fechas de las auditorías, contactar con su técnico responsable del expediente, descargarse los logotipos y las condiciones de uso de las marcas de certificación. También para los clientes que han adquirido la aplicación informática certool, se ofrecen servicios de soporte, como descarga de actualizaciones, revisiones y documentos, consultas en el buzón de sugerencias y participar en un foro de usuarios (AENOR, 2013).

Norma UNE-EN ISO 14001

Es una norma que depende directamente de la norma *Organización Internacional para la Normalización* (ISO), red mundial que identifica cuáles normas internacionales son requeridas por el comercio, los gobiernos y la sociedad; las desarrolla conjuntamente con los sectores que las van a utilizar. Se basa en un consenso internacional de varios grupos de partes interesadas (ONUDI, 2010).

La norma sistematiza los aspectos ambientales que se generan en cada una de las actividades, además promueve la protección ambiental y la prevención de la contaminación desde un punto de vista de equilibrio con los aspectos socioeconómicos. También ayuda a potenciar la innovación y la productividad, proporciona la posibilidad de reducir costes de la gestión de residuos o primas de seguros, eliminar barreras a la exportación, reducir el riesgo de litigios y sanciones, tener mayor acceso a subvenciones y, disminuir los riesgos laborales motivando al personal (AENOR, 2013).

ISO 14001 certifica la planta de producción y especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental, para que una organización desarrolle e implemente una política y objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales, incluyendo aspectos ambientales que la organización puede controlar y que puede tener influencia. Además debe demostrar: La realización de una autoevaluación y auto declaración; La confirmación de conformidad por las partes interesadas en la organización, como los clientes; La búsqueda de confirmación de su autodeclaración por una parte externa a la organización, y; La búsqueda de la certificación/registro de su sistema de gestión ambiental por una parte externa a la organización (ISO, 2004).

Requisitos para la certificación

Para la implantación de sus requisitos la organización tiene que: Definir una política ambiental; Establecer una planificación de actividades a realizar mediante su política; Estas actividades han de ser puestas en funcionamiento y control; De las actividades surgen las oportunas acciones correctivas; Se debe revisar el funcionamiento de todo el sistema, y en la revisión aparecerán los cambios que sean necesarios; Con esto se cierra el bucle de la mejora continua (ISO, 2004).

Forma de obtención

La certificación ISO 14001 la otorgan agencias certificadoras gubernamentales o privadas, bajo su propia responsabilidad. Los servicios de certificación para el programa ISO 14001 son proveídos por agencias certificadoras acreditadas. Muchas veces, los productores le pagan a un consultor para que les ayude en el proceso de preparar y poner en práctica el plan de protección ambiental y después, el productor paga el costo de la certificación a la agencia certificadora.

Dentro de las ventajas de la norma se encuentran:

- ① Es bien conocida en el sector industrial.
- ① Mejora la manera en que una empresa reduce su impacto en el medio ambiente.
- ① Permite crear beneficios internos al mejorar el uso de los recursos (por ejemplo, reduciendo el uso de materia prima y energía, o mejorando el manejo de desechos).

Dentro de las limitaciones de la norma se encuentran:

- ① No hay requisitos específicos, por lo que una empresa con metas muy ambiciosas y una con metas más modestas, pueden ser certificadas por igual. En algunos casos, una certificación ISO 14001 sólo significa que la empresa ha desarrollado un plan de protección ambiental y que está cumpliendo con las leyes nacionales referentes al medio ambiente. En consecuencia, el efecto depende en gran medida del compromiso que asuma cada empresa de manera individual (Andersen, 2003).

Registro RFS (Renewable Fuel Standard)

Es un programa desarrollado por la *Agencia de Protección Ambiental* (EPA) de los EE UU para cumplir con el *Acta de Limpieza Ambiental* (ECA) y el EISA. El programa de RFS fue creado bajo la *Ley de Política Energética* (EPAct) de 2005, y estableció el primer mandato del volumen de combustible renovable en los EE UU, según el cual se requieren 7,500 millones de galones de combustible renovables para mezclarse con la gasolina para el 2012. La primera estandarización de combustibles renovables fue finalizada en el 2007 y fue aplicada principalmente a gasolina y etanol. La segunda conocida como RFS2, tomó lugar en Julio del 2010 e incluyó el biodiesel,

esta estandarización está diseñada para incrementar el monto de combustibles renovados usados en los EE UU. Los estándares de combustibles renovables requieren refinadores e importadores para mezclar cierto porcentaje de biocombustibles con los combustibles. Además especifica que el biocombustible usado bajo el programa case menos GEI que los derivados petróleo (Schnepf & Yacobucci, 2013).

En virtud de la EISA de 2007, el programa de RFS se amplió en varios aspectos clave: Amplió el programa RFS para incluir diésel, además de la gasolina; Aumentó el volumen de combustible renovable necesario para ser mezclado en combustible para el transporte de 9 mil millones de galones en 2008 y 36000 millones de galones para el 2022; Estableció nuevas categorías de combustible renovable, y establece los requisitos de volumen independientes para cada uno; Requiere EPA para aplicar las normas de umbral de rendimiento de GEI del ciclo de vida para asegurar que cada categoría de combustible renovable emite menos GEI que el combustible de petróleo sustituido; Para calificar bajo el RFS2, el combustible renovable debe mostrar una reducción del 20% de GEI comparado con lo que los combustibles fósiles generan (EPA, 2013).

The Biodiesel Standard (ASTM D 6751)

La organización industrial que define el consenso sobre la ingeniería y el proceso de manufactura de los combustibles en los EE UU es la *American and Society for Testing and Materials* (ASTM). “Los estándares de combustibles ASTM son los mínimos valores aceptados en las propiedades del combustible para proveer una adecuada satisfacción y/o protección al cliente” (CRIMSON, 2013). “Para el combustible diésel el estándar es ASTM D975. La prueba

AST D6751 tiene por objeto establecer las especificaciones para controlar la calidad del Biodiesel B100 para uso como componente de mezclas con combustibles destilados medios (petrodiesel). De acuerdo con su contenido de azufre se considera dos grados de biodiesel (S15 y S500)” (Metanol Institute, 2008).

La norma ASTM D795-08 permite que el petrodiesel tenga una mezcla máxima de biodiesel del 5%. En el caso que se use algunas de las mezclas de petrodiesel y biodiesel en dicho rango (B0 a B5), el segundo debe de cumplir todas las especificaciones de la norma ASTM D6751 y la mezcla debe satisfacer las de la norma de ASTM D975. Para determinar el porcentaje de biodiesel en la mezcla se utiliza el método ASTM D7371. . En cuanto a las mezclas de diésel y petrodiesel, se consideran dos casos: si el porcentaje por volumen de biodiesel es menor al 5 % (B5) o si está en el rango de 6% (B6) y 20% (B20) (NBB, 2011).

Programa BQ- 9000

“Es un programa de acreditación nacional de biodiesel en EE UU, es realizado de manera cooperativa y voluntaria. En términos operativos es una combinación de los estándares de biodiesel ASTM, ASTM D6751 y un programa de sistemas de calidad que incluye prácticas de almacenamiento, muestreo, pruebas, mezcla, envío, distribución y manejo de combustibles” (NBB, 2011).

Aspectos generales

Esta certificación fue creada por el National Biodiesel Board y es accesible para cualquier productor, comercializador y laboratorio de EE UU y Canadá (Metanol Institute, 2008). Los objetivos de la BQ-9000 son:

- Promocionar el éxito comercial y la aceptación pública del biodiesel, y;
- Ayudar a garantizar que el biodiesel se produzca y se mantenga dentro de la norma industrial, D6751. Eso con la finalidad de reducir en gran medida la probabilidad de producir o distribuir combustible de mala calidad (SOYBIODIESEL, 2013).

“Para el logro de estos objetivos las empresas deben de pasar una inspección rigurosa de su proceso de control de calidad, realizada por un auditor independiente” (NBB, 2011).

EMAS (Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambientales)

EMAS, al igual que ISO 14001, propone una forma sistemática eficaz y flexible para ayudar a las organizaciones a gestionar y mejorar, de manera continua, su labor ambiental. Sin embargo, además de incluir y exigir el cumplimiento de la norma ISO 14001, EMAS contiene otros requisitos adicionales. En resumen, los elementos diferenciales de EMAS respecto a la norma UNE-EN ISO 14001 son: Realizar un análisis medioambiental inicial; Realizar auditorías que evalúen el comportamiento ambiental de la organización, más allá de la evaluación del funcionamiento y eficacia del SGA y su adecuación a la norma que plantea ISO 14001; La evaluación del comportamiento ambiental de la organización tendrá en cuenta, cuando se disponga de ellas, a las mejores prácticas de gestión ambiental de su sector; Hacer una declaración ambiental que ilustre la mejora continua de la empresa y que tenga en cuenta las

necesidades de información de las partes interesadas La información ambiental del comportamiento de las empresas está ligada, entre otros aspectos, a una serie de indicadores que deben obligatoriamente comunicar en su declaración ambiental y que están referidos a las siguientes áreas: Eficiencia energética, Eficiencia en el consumo de materiales, Agua, Residuos, Biodiversidad, Suelo; Examinar el cumplimiento del análisis ambiental, del sistema de gestión, el procedimiento de auditoría y validar la declaración por medio de un verificador ambiental autorizado (Márquez & Moñoa, 2010, p.17).

Características generales

EMAS proporciona un suministro periódico de información ambiental, a través de una Declaración Ambiental⁶². El sistema promueve la mejora del comportamiento ambiental de las organizaciones de todos los sectores. Existe un registro público de las empresas europeas adheridas al sistema (López, 2008). Además de las ventajas propias de la implantación de un sistema de gestión ambiental ISO 14001, las empresas que se adhieran a este esquema europeo tienen la posibilidad de obtener beneficios tanto a nivel externo como interno.

Dentro de los beneficios ambientales, se encuentran

- ① La mejora de la gestión ambiental reduciendo los impactos ambientales.
- ① El estímulo de la innovación ecológica en los procesos de producción.

Dentro de los beneficios de liderazgo e imagen empresarial, se encuentran:

- ① El refuerzo y mejora de la imagen empresarial.

⁶²Documento público que, redactado de manera clara y concisa, debe incluir información fiable y contrastada sobre el comportamiento ambiental de la organización y el resultado de sus acciones, constituyendo un instrumento de comunicación y transmisión de información ambiental.

- ① La mayor credibilidad y confianza frente en las partes interesadas.
- ① La posibilidad de obtener el Certificado AENOR de Sistemas de Gestión Ambiental.

Dentro de los beneficios económicos y sociales, se encuentran:

- ① El incremento de negocio en el ámbito europeo.
- ① Los beneficios económicos a mediano y largo plazo, gracias a la optimización de la gestión de los aspectos ambientales.
- ① Las nuevas oportunidades de negocio en los mercados con procesos de compra verde.
- ① A promoción de la participación de los trabajadores en la gestión ambiental.
- ① La comunicación del compromiso medioambiental y de prevención de riesgos en un sector estratégico (CCOO, 2010).

Certificado GGL (Green Gold Label)

Es un sistema de certificación para la biomasa sustentable, que abarca la producción, el procesamiento, transportación y la transformación final en energía. Este provee estándares para partes específicas de la cadena de oferta, así como los estándares para el rastreo del origen de la biomasa de cualquier país. Comenzó a operar en 2002, como un certificado global de biomasa sustentable, y en la actualidad ha certificado más de 5 millones de toneladas en 9 años (Elberhi & Lui, 2013).

Características generales

Los principios del programa GGL establecen que el manejo del sistema de agricultura debe de:
Ser es parte de un plan de largo plazo; Ser basada sobre la planificación de recursos de tierra;

Encontrarse enfocada hacia su rehabilitación y conservación. Estar enfocado al aseguramiento del abastecimiento de agua fresca, y de la producción de comida, así como del desarrollo sustentable de las áreas rurales; Estar en contra de uso de pesticidas y orientado hacia la producción de plantas nutritivas para incrementar la producción; No deben ser obtenidas de tierras con alto valor de biodiversidad. (Elberhi & Lui, 2013)

Esquema SGC (Sistemas de Gestión de Calidad)

En respuesta al crecimiento del mercado de biocombustibles, SGS ofrece servicios de pruebas y ensayos para todos los aspectos de la cadena de suministro de biocombustibles. Lo cual puede ser en bruto, pruebas y optimización del proceso, y expedición de certificaciones de comercio de derechos de emisión, etc. Dentro de los servicios ofrecidos bajo este esquema se tiene: La Certificación de biocombustibles de acuerdo con ASTM D6751 y EN 14214; Certificación de gasolina y diésel de acuerdo con EN228 y EN590; Laboratorios acreditados con ISO 17025; Inspección y verificación de productos de biomasa en bruto; Cuantificación y caracterización de los componentes biocombustibles de los combustibles minerales; Análisis microbiológico; Optimización de procesos y pruebas de subproductos; Dosificación de aditivos y tratamientos del proceso para mejorar la calidad; Amoniaco y aditivos químicos utilizados en los sistemas de emisión de escape; Servicio técnico y de consultoría en relación a la cadena de suministro, la distribución y la logística, y; Servicios de inspección comercial de combustibles a granel. La red engloba más de 1650 oficinas en 143 países de los seis continentes. En el territorio nacional cuenta con oficinas y laboratorios en Ciudad de México, Coatzacoalcos, Manzanillo, Altamira, Tijuana, Lázaro Cárdenas, Torreón, Villa Hermosa, Durango (SGS, 2015).

4.9.8 Beneficios para la obtención y/o adaptación de los principios de las certificaciones expuestas.

A continuación se describen los principales aspectos de cada una de las certificaciones, y posteriormente se describe cuáles esquemas son más recomendables para las pequeñas y grandes empresas, para las empresas nacionales e internacionales, así como para las empresas públicas o privadas:

Tabla 19. Beneficios para la obtención o adaptación de las empresas mexicanas

RSB
• Es una norma en la cual pueden tener acceso los productores mexicanos. • Los costos para empresas públicas son menores. • Permite obtener un producto sustentable ya que incluye un análisis en cada una de las etapas de producción incorporando además aspectos humanos, rurales y sociales. • Tiene objetivos claros para el largo plazo. • Muestra criterios positivos en caso de elaborar la propia certificación de México, incorporando sus principios. • Es una norma recomendable principalmente para instituciones públicas y que tengan objetivos de largo plazo
<i>Fuente: Elaboración propia</i>

ISCC
• Es una norma a la que pueden acceder las empresas mexicanas, aunque su mayor reconocimiento se encuentra en la UE. • Cuenta con información detalladas sobre las emisiones de GEI. • Tiene un periodo de vida más largo. • Para el caso de pequeños productores mexicanos implica un mayor desembolso. • Elaborar una certificación tomando en cuenta estos criterios, sería recomendable en una segunda etapa, cuando los productores tengan más ingresos y la certificadora más control en el sistema de emisiones de GEI.
ASTM D6751
• Esta norma es aplicable dentro de los EE UU para los biocombustibles únicamente. • Establece los requerimientos mínimos de ingeniería y procesos de los biocombustibles, para cuidar la satisfacción del cliente, así como su seguridad. • Los fundamentos de esta normatividad dentro de la creación de una certificación mexicana, sería fundamental ya en ella se establecerían los requerimientos industriales para que un biocombustible sea producido de manera sustentable.
RED- RBSA

• Puede obtenerla cualquier productor mexicano, sin importar el origen de la materia prima, siempre y cuando cumpla con los requerimientos en la cadena de suministro. • Cuenta con áreas operativas en la cadena de suministro, y es respaldada por las constantes auditorías a las certificadoras y además incorpora aspectos rurales, humanos y sociales. • No reconoce certificados que no sean obtenidos bajo la norma de la CE. • En caso de adoptar una norma similar en México retomando sus fundamentos, tiene la ventaja del análisis de la cadena de suministro y de intercambiabilidad de certificados.
AENOR
• El certificado permitiría obtener a productor mexicano un reconocimiento a nivel internacional. • Cuenta con un portal de información actualizada para que el productor pueda acceder de manera continua a él sin importar la distancia. • Tiene el reconocimiento en más de 35 países y de más de 89 000 productos • El mayor beneficio al momento de diseñar un certificado retomando esta norma o de adoptarlo, sería el de proporcionar información, certificados, etc. En cualquier momento para cualquier empresa y ayudaría fundamentalmente a las empresas que quieran acceder a mercados internacionales.
UNE- EN ISO 14001
• Es derivada directamente de la norma ISO. • Esta permitiría representar que la empresa ha establecido un buen plan en cuanto manejo sustentable de recursos y residuos, establecido mediante una planificación adecuada. Pero algunas veces es necesario el pago a algún consultor para poner en práctica el plan de certificación de la planta. • El incorporar sus criterios dentro de una nueva certificación en México, permitiría a la empresa tener el reconocimiento de que como empresa ha manejado de manera sustentable sus áreas operativas, pero no tendría lineamientos específicos en cuanto a los biocombustibles. Y ser reconocida directamente bajo el esquema ISO.
SGC
• Incluyen las especificaciones de la norma ASTM D6751 y la EN 142014. • Cuenta con laboratorios acreditados donde se realizan las pruebas, aunque esto implicaría un mayor costo. • Las empresas mexicanas tendrían la ventaja de contar con oficinas directas dentro del territorio nacional, bajo el esquema de una norma europea y estadounidense.
Fuente: Elaboración propia

4.9.9 Las certificaciones como estrategia de negocios

A pesar de que el origen del término estrategia se remonta a la época helénica, como una actividad militar y de que ya encontramos empresas exitosas como la de los Médicis en el Renacimiento, es básicamente en los últimos 40 años, que el pensamiento académico ha desarrollado marcos de análisis tendientes a explicar los desempeños superiores de algunas empresas respecto de otras, derivados de sus gestiones particulares o estrategias, en busca de este superior desempeño. Pero el camino que llevó a este desarrollo académico obviamente fue muy largo (De la Fuente & Muñoz, 2003).

En términos empresariales, la estrategia se puede definir como la movilización de todos los recursos de una empresa en el ámbito global para conseguir objetivos a largo plazo. Táctica es el esquema específico para emplear algunos recursos de una estrategia general. En el plano militar táctica es la movilización de tropas dentro de una estrategia más amplia, en el plano gerencial, el presupuesto anual o el plan anual de inversiones es un plan táctico dentro de una estrategia global (Chiavenato, 2001).

Autores como Hill y Jones señalan que la estrategia es el resultado de un proceso formal de planificación estratégica. Otro autor, como J.M. Ivancebich, considera la estrategia como un plan o finalidad referente al futuro, el cual plantea que se puede iniciar con una evaluación de la situación actual de la organización, prestando atención a las cualidades y deficiencias internas, así como también de las oportunidades y amenazas externas (Quero, 2008). En cambio para Goodstein (2002), la estrategia es un patrón de decisiones coherentes, unificador e integrador, esto significa que su desarrollo es consciente explícito y proactivo (p. 5)

Antes de definir las estrategias, las empresas deben saber cuál es su conducta competitiva. La unidad central de análisis para describir la conducta competitiva de una empresa es la acción. Se denomina acción competitiva a todo movimiento directo, específico y directamente observable en el mercado, iniciada por una empresa para mejorar su posición en el mercado (Castro, 2010).

Porter considera la estrategia competitiva como la acción que lleva a desarrollar una amplia formula de cómo la empresa va a competir, cuáles deben ser sus objetivos y qué políticas serán necesarias para alcanzar tales objetivos (Quero, 2008). La estrategia competitiva es la búsqueda de una posición competitiva favorable en un sector industrial. La estrategia competitiva trata de establecer una posición provechosa y sostenible contra las fuerzas que determinan la competencia en el sector industrial (Castro, 2010).

La estrategia competitiva

Existen múltiples tipologías de estrategias competitivas propuestas por diversos autores. Miles y Snow (1978) establecen las estrategias relacionando las empresas con la capacidad de adaptación al entorno y su orientación estratégica, así como el objetivo que se persiga. Estos autores distinguen a las empresas entre: prospectores, defensores, reactivos y analizadores. Esta línea de pensamiento critica el determinismo inherente a los enfoques estructuralistas, sosteniendo en cambio que frecuentemente las organizaciones adoptan diferentes respuestas ante entornos parecidos que permiten alcanzar resultados similares. El conocimiento disponible de los límites cognitivos para la toma de decisiones pondría en cuestión la hipótesis de que los directivos seleccionan las formas organizativas más apropiadas de modo completamente racional. La premisa de la elección estratégica es pues que la dirección dispone de la capacidad para elegir entre varias formas organizativas estables, queriendo con ello decir que si una empresa escoge cierta estrategia y diseña una organización coherente con ella, dicha organización será un competidor efectivo durante largo tiempo en la industria (Zornoza, Simón, & Marqués, 2007).

Chiavenato (2001) propone en cambio cuatro estrategias competitivas:

- ❶ Estrategia defensiva: adoptada por empresas que poseen dominios definidos de productos/ mercados que pretenden mantener o preservar de la acción de los competidores.
- ❷ Estrategia ofensiva: Es adoptada por empresas que, de manera constante, buscan nuevas oportunidades de mercados y experimentan con regularidad respuestas potenciales a las tendencias que surgen en el ambiente.
- ❸ Estrategia analítica: estrategia compartida, adoptada por empresas que operan en dos tipos de dominio producto- servicio/ mercado: uno estable y otro inestable Mientras la empresa defiende y mantenga un dominio garantizado de producto/ mercado, procura aprovechar oportunidades ambientales de nuevos dominios.
- ❹ Estrategia reactiva: Esta última a diferencia de las tres anteriores, no se anticipan al ambiente. Esta es una estrategia de espera no preparada e improvisada. Es inestables, porque se aplica a cortos periodos de tiempo y no implica involucramiento amplio capaz de integrar actividades de los niveles: institucional, intermedio y operacional como un todo (Chiavenato, 2001).

Porter afirma, que la estrategia competitiva es una combinación de los fines (metas) por los cuales se está esforzando la empresa y los medios (políticas) con las cuales se está buscando llegar a ellas. Partiendo de este enfoque el autor propuso un axioma que resume las empresas pueden llevar a cabo tres estrategias competitivas genéricas: liderazgo en costos, diferenciación y enfoque. Proponiendo él las siguientes tres estrategias:

- ① Liderazgo en costos: consiste en que la organización o empresa se propone en convertirse en el productor de costo más bajo de la industria.
- ① Diferenciación: la empresa intenta distinguirse dentro de su sector en algunos aspectos ampliamente apreciados por los compradores. Escoge uno o más atributos que juzgue importantes y adopta un posicionamiento especial para atender esas necesidades y ve premiada su singularidad con un precio más alto. Esto se puede lograr a través de la calidad, servicios o diseño.
- ① Enfoque o focalización: Se basa en encontrar un nicho de mercado y obtener los recursos para competir en él, en vez de enfrentarse directamente a todos los competidores. Puede referirse a determinados productos o servicios, a grupos particulares de clientes o ciertas regiones, pero siempre se trata de un método selectivo de metas fijas (Chavez, 2012).

En términos generales, una empresa tiene dos formas básicas de diferenciarse:

1) *Diferenciación basada en las características intrínsecas del producto en un sentido amplio*, como calidad, diseño innovador, tecnología incorporada, grado de exclusividad, servicio garantía posventas y;

2) *Potenciar la imagen de marca y su importancia*, mediante el empleo de técnicas de marketing y la reputación alcanzada (Castro, 2010).

Una vez comentadas las estrategias genéricas es necesario mencionar que a consideración de Porter las estrategias genéricas son formas sencillas y muy genéricas de ilustrar la forma de posicionarse dentro del sector, no obstante puede haber otras fuentes de posicionamiento

estratégico. Para el presente documento se retoma la estrategia *genérica de diferenciación* y *particularmente las estrategias basándose en diferencias la marca y la reputación* alcanzada como un producto sustentable.

4.9.10 Propuesta de estrategia de negocios

En el mundo actual de los negocios, las empresas se encuentran en constante competencia. Solo con un nivel competitivo alto, ellas pueden acceder y permanecer dentro del mercado meta. Por tal motivo, a nivel interno es muy importante retomar una estrategia o serie de fundamentos que permitan crearla, para que con ella se puedan establecer las decisiones de éxito de su empresa. Esta constituirá una directriz del comportamiento y de los resultados alcanzados. Es decir una empresa no puede competir sin definir una estrategia clara.

Cada empresa tiene características propias que la hacen única: recursos humanos, tecnológicos, financieros, etc. y que no pueden ser trasladados a otras empresas. Por lo que cada empresa requiere de ciertos lineamientos de actuación, de acuerdo a las exigencias de cada mercado y, mediante estos lineamientos se pueden establecer estrategias genéricas que puedan ser retomadas por diversas empresas. Para la elaboración de la estrategia es importante, tener las bases fundamentales que formaran parte del plan a seguir. Siendo las certificaciones parte importante que ayudan a alcanzar competitividad tanto en el ámbito nacional como en el ámbito internacional. Esto ya que cada vez más en los países y, de acuerdo al sector económico, una empresa debe cumplir determinados requisitos normativos exigidos por las agencias gubernamentales para poder comercializar su producto o servicio en el mercado local. Así

mismo el consumidor se ha vuelto cada vez más exigente en cuanto a las características y requerimientos que estos tienen.

En zonas como la UE y EE UU, las certificaciones forman parte de la estrategia propia de las empresas, y además son un requerimiento para acceder a los mercados tanto nacionales como internacionales. Puesto que el consumidor es cada vez más exigente y considera a la información como herramienta clave dentro de la toma de decisiones para la elección de productos, y fundamentalmente de aquellos que juegan un papel importante en el medio ambiente. Al mismo tiempo, que muchas empresas se han dado cuenta que con el esfuerzo de implementación una certificación que garantice la satisfacción del cliente, se produce una mayor aceptación del producto o servicio y por tanto un aumento en las ventas, a la vez que obtienen reducciones de costos, etc. Así en esta parte, se elabora la propuesta de la estrategia de negocios para el subsector biocombustibles, como parte importante del sector energético en México. Para ello, es necesario establecer el mercado en el cual se tiene que incursionar, ya que algunas normatividades nacionales no son aceptadas por los demás países, pero si existen normatividades o certificaciones que cuentan con cierta homologación.

La estrategia, que puede ser entendida como el plan a seguir para lograr un determinado objetivo, puede ser incluida dentro de la estrategia de negocios como un plan determinado que establezca una empresa o industria para poder lograr la colocación de su producto o servicio dentro de un mercado. Antes de plantear la estrategia, se analiza el contexto mexicano del subsector biocombustibles para saber de qué manera pueden apoyarse los productores nacionales, así como

las recomendaciones para actuar el gobierno y de las certificaciones que puedan ser obtenidas o tomadas como referencias para la elaboración de una certificación. Finalmente se especifica la propuesta en la cual se plantea sea llevada a cabo la obtención/ o elaboración de ésta, tomando como fundamento los aspectos positivos tanto para productores como para consumidores de la implementación de las certificaciones.

Claramente cada empresa tiene sus particularidades y por tanto no pueden existir dos estrategias iguales, ya que cada empresa tiene diferentes objetivos y dispone de recursos, capacidades y alcances distintos. Pero si hay empresas que siguen estrategias similares ya que comparten características, historia y/o entorno similar. Para muchos podría pensarse que una estrategia de negocios que una empresa exitosa aplica, podría establecerse para llegar al mismo objetivo, lo cual en la mayoría de las ocasiones es imposible. Por lo que el tratar de copiar una estrategia de otra empresa o siempre es adecuada. Sin embargo si se puede establecer una estrategia basándose en la combinación de factores, planes o estrategias de otras empresas que muestren las opciones a elegir por una empresa.

Existen diversos autores que señalan aspectos a considerar dentro de una estrategia de negocios, siendo la diferenciación o desarrollo del producto el que se encuentra presente en diversos autores. La estrategia de diferenciación consiste en aquella estrategia que pone énfasis en la obtención de alguna diferencia en el producto o servicio en cualquier aspecto que sea importante y/o deseado por el comprador, para elevar las ventas del mismo.

Anteriormente se estableció que las certificaciones en los biocombustibles genera múltiples beneficios tanto para el productor como para el consumidor, ya que mediante esta se obtiene un producto diferenciado que puede catalogarse como sustentable en todos sus aspectos de producción. Ya que estas establecen ciertos estándares de calidad y de producción. De esta manera se retoma la certificación como un medio para diferenciar un producto y con ello ampliar el mercado del subsector biocombustibles tanto a nivel nacional como internacional. Por tal motivo continuación se describirán las propuestas para el establecimiento de la estrategia de negocios, la cual consta de tres apartados. Primeramente se analiza el contexto mexicano y recomendaciones del marco regulatorio bajo la nueva reforma energética. Después se analizan las certificaciones, que pueden ser incorporadas en cada tipo de empresa. Finalmente se describe la secuencia sugerida para la obtención y/o creación de una certificación por parte del subsector biocombustibles en México.

El marco regulatorio del mercado de biocombustibles es fundamental en el desarrollo de cualquier país o sector económico, por tal motivo el primer paso para establecer la estrategia adecuada, es necesario retomar aquellos aspectos reguladores del subsector biocombustible. Actualmente el sector energético ha atravesado por una serie de cambios en materia energética. Sin embargo, las reformas que se establecieron en la legislación secundaria se encuentra fundamentalmente dirigida hacia los contratos para la extracción de productos energéticos derivados del petróleo y a los procesos y requerimientos que ello implica, Además la reforma energética se dirige hacia el fin del monopolio de PEMEX, el cual puede afectar positivamente a los precios de la gasolina y por tanto el uso desmedido y con mayor orientación de productos no sustentables. Por tal motivo, por medio de diversas instancias de gobierno o mediante iniciativas derivadas de la reforma energética, tales como la creación de “Certificados de Energías Limpias”

es necesario proponer una serie de medidas que estimulen el desarrollo de estos productos sustentables mediante el uso de certificaciones. Tratando de que en él se den las siguientes condiciones:

- ① Se promueva una reforma en el marco legal mexicano para incentivar tanto a consumidores como a productores hacia el uso y producción de biocombustibles bajo un esquema de certificación sustentable. Esto es, crear medios para que el consumidor pueda conocer y analizar las características diferenciales entre biocombustibles sustentables y no sustentables.
- ① Se proponga eliminar o reducir subsidios y/o apoyos hacia los biocombustibles que sean producidos de una manera no sustentable.
- ① Se preste una mayor atención al apoyo de las entidades gubernamentales en cuanto a la obtención y agilización de certificaciones. Así como de orientación para la consecución de la misma en las pequeñas empresas.
- ① Incentivar a los productores a adoptar certificaciones voluntarias a la par de que se valla estableciendo un entorno para ir adoptando normativas de carácter obligatorio para cumplir con estándares nacionales. En donde los instrumentos claves encuadren con los objetivos de política nacional. Y que las certificaciones aplicadas de manera obligatoria sean verificables y ejecutable con sanciones en los incumplimientos o fallas.

De esta manera se debe de estimular a crear un marco regulatorio en México que favorezca no solo a la extracción de hidrocarburos, sino a la verdadera diversificación de la matriz energética. Por esta razón, para que México pueda establecer una estrategia adecuada de negocios basada en la diferenciación del producto, es necesario que las certificaciones adoptadas o aprobadas

cumplan con las siguientes características para favorecer una buena implementación y funcionamiento de las mismas bajo un esquema sustentable:

- Adopción y/o aprobación de certificaciones que sean reconocidas por el mercado tanto nacional como internacional.
- Que contenga un método de evaluación, revisión y corrección cuando sea necesario en cuanto a su fundamento, mediante organismos independientes y certificados o con reconocimiento de la industria.
- Que el certificado no sea solo al final del proceso, sino que en él se incluyan cada una de las etapas que conlleva la elaboración del producto, incluyendo la materia prima y sus elementos necesarios para su producción.
- Que incluya los requerimientos de sostenibilidad en la formulación de nuevos planes, programas y proyectos, todo de conformidad a la etapa de crecimiento de cada empresa.

Al establecer y/o incorporar los lineamientos anteriores, las empresas podrán proporcionar un producto diferenciado altamente competitivo que pueda acceder con facilidad tanto en el mercado interno como en los mercados internacionales. Dentro de las estrategias de cada empresa, es importante incorporar una certificación, o los principios de las certificaciones más apropiadas a su tamaño, destino y entorno en el cual se establecen. Es así que una vez que se han establecido los requerimientos del marco regulatorio del sector de biocombustibles en México, así como de las características de las certificaciones para su buen funcionamiento, y de acuerdo al análisis comparativo entre las diferentes certificaciones existentes en relación a los biocombustibles, el productor se encuentra en mejores condiciones de elección sobre el certificado, lo cual se muestra a continuación:

Para empresas pequeñas: La Norma RSB implica un menor desembolso al mismo tiempo que establece objetivos claros de largo plazo, los cuales son ideales para las empresas que se encuentran en etapa de expansión. La normativa AENOR, que es de gran reconocimiento y establece un portal con fácil accesibilidad para información referente al producto y fácil acceso de la documentación en el momento requerido.

Para empresas grandes: La norma ISCC que implica una mayor durabilidad, pero a la vez un mayor desembolso para la empresa. El certificado AENOR, que también puede ser de gran ayuda para las grandes empresas por su fácil acceso a la información en el momento que sea requerida. Y finalmente, la norma ISO que implica un buen manejo sustentable de la empresa, pero una mayor organización para el logro de los objetivos de largo plazo.

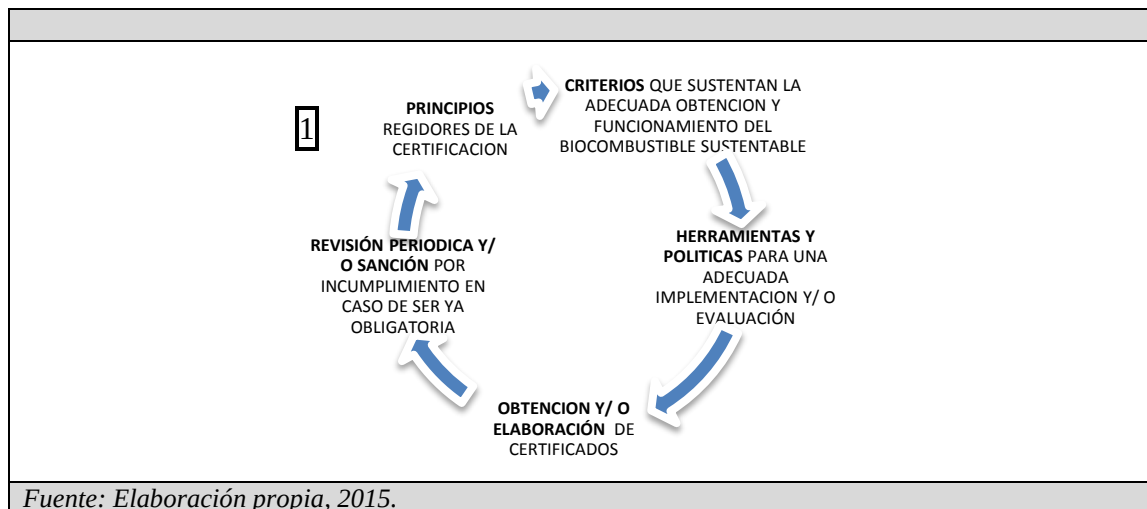
Para empresas públicas: La norma RSB debido a su bajo costo y la norma AENOR ya que mantiene informada y con accesibilidad a la empresa.

Para empresas con mercados internacionales: Todas las certificaciones exceptuando las normas americanas RFS y la ASTDM, que sólo pueden ser adquirida por las empresas que se encuentran dentro de la asociación nacional de biocombustibles en EE UU.

Para la creación nacional de certificados: Para la creación de los certificados la mayoría de las certificaciones podrían incluir la propuesta de una evaluación del producto a lo largo de la cadena de suministro. La norma RFS, aporta de manera importante la idea de vincularse y alinearse a la Reglamentación Nacional. El certificado ASTDM, tiene una aportación importante que incorporaría los requerimientos necesarios de ingeniería y procesos. Finalmente la norma SGC que incorpora los lineamientos de ingeniería de la norma anteriormente mencionada, y de los requerimientos establecidos en la UE.

Como parte final de la propuesta de estrategia de negocios se tiene la sugerencia para la obtención de la correcta certificación, o en su caso de la creación de una nueva, retomando los aspectos positivos de cada una de ellas para la creación de una nueva:

Figura 13. Secuencia sugerida para la obtención/ creación de certificaciones en México



Una vez que la empresa ha decidido adoptar o crear una nueva certificación (por medio de una asociación o incentivo de gobierno). Es importante que dicha certificación cumpla con las siguientes fases a fin de que la certificación no sea vista solo como la obtención de un documento. Sino que permita la constante mejoría y cada vez una mayor colocación del producto:

- **Establecimiento de los principios regidores de la certificación elegida o propuesta para realizar:** En ella se debe de establecer las bases que regirán a ésta como tal y que le darán su particularidad para operar y ser elegida por los productores. Es importante que cada empresa distinga las virtudes que cada una de ellas establece: tamaño, costo,

reconocimiento internacional, requerimientos técnicos. Para que basándose en ella pueda adquirir un producto diferenciado.

- ❶ **Establecimiento de criterios para la adecuada obtención y funcionamiento bajo un esquema sustentable:** Que establecerá la condición subjetiva que permitirá a una empresa llevar a cabo su elección, considerándola como la más adecuada para la fase de producción en la que intervenga. Para ello es necesario que la certificación elegida o retomada para la creación de la misma, proporcione la información necesaria para que pueda catalogarse como sustentable en cada una de las fases productivas.
- ❷ **Establecimiento de herramientas y políticas para su adecuada implementación y/o evaluación:** En esta parte es necesario llevar a cabo una evaluación acerca de aquellas herramientas con las que se cuenta para su implementación y ejecución, así como del entorno regulador en el cuál se encuentra el subsector. Ya que el establecimiento de una correcta certificación solo puede lograr sus objetivos si esta se encuentra verificada por organismos reguladores.
- ❸ **Obtención y/ o elaboración de certificados:** Una vez que se tiene los aspectos internos y externos que regirán a la certificación se procede a la elaboración u obtención del certificado de mayor conveniencia.
- ❹ **Revisión periódica y/ o sanción por incumplimiento:** El proceso de certificación no debe concluir con la obtención de la misma, debe de incorporar la continua revisión para corroborar que esta sea ejecutada de una manera adecuada, a la vez que incorpore la posibilidad de establecer modificaciones cuando el entorno lo demande. Y en caso de establecerse bajo un esquema de carácter obligatorio a nivel nacional, que este se encuentre

en posibilidad de recibir una sanción por incumplimiento a los requerimientos establecidos, esto es que sea tomado con mayor seriedad y de acuerdo a la legislación vigente.

Bajo este esquema las empresas mexicanas pueden obtener y/o establecer una certificación que les permita obtener un producto diferenciado con características que le permitan competir tanto en el mercado tanto nacional como internacional, a la vez que proporcione al consumidor un producto sustentable. Así mismo permitirá estar en continua mejoría, para posicionarse cada vez en los mercados internacionales.



CAPÍTULO V. RECOLECCION DE DATOS



En este apartado se describe el proceso de recolección de datos y manejo de los mismos. Se explica brevemente como se obtuvieron, manejaron y se presentaron los datos en la presente investigación. Como ya fue descrito, los datos fueron obtenidos de las diferentes páginas de internet, asociaciones, bases de datos nacionales y de las encuestas, y se presentan dentro del anexo 3, mostrando cada apartado en la parte superior la fuente de obtención de la misma.

5.1 Datos

5.1.1 Datos generales

En este apartado se muestran los datos generales de las empresas muestra: razón social, ubicación, página web, contacto, materia prima y el año de iniciación de la misma.

5.1.2 Inputs y outputs

En este apartado se presentan tanto las variables de entrada como las de salida. Dentro de las variables de salida se encuentra el nivel de producción anual en litros. Dependiendo de la región algunos datos son presentados en litros, mientras que otros en toneladas, de tal manera que en el

caso de los datos en toneladas se realizó una conversión, tomando en cuenta que el diesel tiene una densidad de 0.88 g/cm^3 .

En las variables de salida, se mostro la cantidad de empleados, y la capacidad instalada (igualmente en millones de litros).

5.1.3 Variables de entorno

Dentro de las variables de entorno, que no son manejables directamente por la empresa y no pueden cambiar fácilmente en el corto plazo, pero que si inciden en los niveles de producción de la misma, y que fueron incorporadas se tiene: La pertenencia de la empresa a un centro de investigación, el tipo de empresa (pública o privada), el tamaño de la población en la localidad en la cual se encuentra la empresa, así como en su Estado, el precio del diesel que es un sustituto perfecto con el biodiesel, el impuesto que se impone al diesel en cada región donde se encuentra la empresa, las políticas de apoyo del gobierno federal que son presentadas como variables docotómas, al igual que los programas y apoyos del gobierno estatal.

5.1.4 Factores de eficiencia

Las cuales fueron tanto cualitativas, como cuantitativas. Siendo las primeras: la forma de comercialización (directa o con intermediario), la gama de productos (si tenia o no mas productos aparte del biodiesel, y las filiales (si tiene o no). Y dentro de las cuantitativas: la vida en años de la empresa, el destino de la mercancía (si es al interior o al exterior) y, si cuenta con certificaciones nacionales o extranjeras.

Las variables fueron recolectadas por diversos medios, primeramente se procesó a la búsqueda de información en base de datos estadísticos de cada empresa y su respectiva nación y asociaciones a las que perteneces. Posteriormente se elaboraron unas encuestas, las cuales se encuentran dentro del anexo estadístico, mismas que sirvieron para complementar la información ya obtenida hasta el momento y/o corroborar la ya obtenida previamente.

5.1.5 Notación de las Variables y de los DMUs

Con la información disponible y las variables expuestas, manteniendo una variable de salida, dos variables de entrada, cinco factores de eficiencia y, cinco variables ambientales, las cuales quedarán denotadas de la siguiente manera a partir de este momento

Tabla 20. Notación de las variables empleadas

Variable	Indicador	Notación
De entrada	Nivel de producción	Nivelprod
De salida	Empleados Capacidad de producción	Empleado Capacidprod
Factores de eficiencia	Destino de la producción Gama de productos Precio del biodiesel Personal dedicado a la investigación desarrollo Forma de comercialización	Destino Gamaproduct Preciobiodies Inv&des Formcomerc
Variables ambientales	Impuesto al diesel Precio del diesel Población Apoyos y programas gubernamentales	Impuestodie Preciodies Pobmun Progra&apoyo

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Las DMUs empleadas son en total 30, las cuales adquieren la siguiente notación:

Tabla 21. Notación de las DMUs empleadas

EMPRESAS PRODUCTORAS DE BIODIESEL MEDIANTE DESECHOS	
Costa Rica	
1.-Cooperativa Agrícola Industrial Victoria	Coopavi
2.-Energías Biodegradables	<u>Enerbio</u>
México	
3.- Combustibles Biológicos de México	Combiomex
4.- Moreco	Moreco
5.- Renovables Maya Verde	Remave
España	
6. - Biodiesel Castilla-La Mancha	Biocama
7.- Bio Bionet Europa, S.A	Biobionet
8.- Bionor Transformación, S.A.	Bionor
9.- Bionorte	Bionorte
10.-Grupo Ecológico Natural, S.L.	Grenatura
11.-Stocks Del Valles, S.A._	Stockva
12.-Ecofuel	Ecofuel
13.-Bioenergética Española_	Bioenergética
Estados Unidos	
14.-Baker Commodities Los Angeles	Backmoan
15.-Bay Biodiesel, LLC (San Jose)	Baybio
16.-Biodiesel Industries of Ventura, LLC	Bioventura
17.-BioDiesel One Ltd Bridgeport Biodiesel, LLC	Bioneltd
18.-Bridgeport Biodiesel LLC	Bridgeport
19.-CGF Clayton LLC Community Fuels	Cfgclayton
20.-Community Fuels	Communityfuel
21.-Crimson Renewable Energy, LP	Crimsonrenew
22.-Delta American Fuel, LLC FL Biofuels, LLC	Deltamerican
23.-Fl Biofuels LLC	Flbiofuellc
24.-Genuine Bio-Fuel	Genuinebiofuel
25.-GeoGreen Biofuels, Inc.	Geogreen
26.-Healy Biodiesel	Healybio
27.-Imperial Western Products	Imperialwest
28.-Iowa Renewable Energy, LLC	Iowarenewa
29.-Middle Georgia Biofuel	Middlegeorg
30.-New Leaf Biofuel, LLC	Newleaf

Fuente: Elaboración propia, 2015.

5.2 Tipos de empresas

En función del tamaño, se pueden clasificar las instalaciones como pequeñas, medias y grandes.

Castillo & Lozano (2009,) define las empresas de la siguiente manera:

Las empresas pequeñas llegarían alrededor de las 15,000 ó 20,000 toneladas al año. Dentro de este grupo se pueden encontrar al grueso de instalaciones que utilizan aceites reciclados como materia prima, así como plantas en las que interviene algún tipo de promoción pública, tanto de ámbito nacional como regional. La capacidad de las plantas de *tamaño medio* oscila entre las 20,000 y las 60,000 toneladas al año. Es en este grupo donde existe una mayor dispersión. En cualquier caso, la mayoría de estas plantas se caracterizan por la utilización de aceite vegetal nuevo como materia prima, y varias de ellas aparecen vinculadas a cooperativas, lo que lleva a pensar que están más orientadas al empleo de materia prima del entorno y a la búsqueda de una salida a la producción local. El tercer grupo lo constituyen las plantas de *gran tamaño*, con capacidades superiores a las 60,000 toneladas anuales. Muchas de ellas se ubican en las proximidades de los puertos, especialmente las de mayor tamaño, por las ventajas que esto supone tanto para el suministro de materias primas importadas (aceite o semillas) como para la exportación del producto final (p. 9).

Las empresas aquí evaluadas son en mayor medida medianas, y en menor proporción las pequeñas y las de tamaño grande. Siendo las primera fundamentalmente de Costa Rica y México y las segundas de España y EE UU.



VI ANÁLISIS DE RESULTADOS



La definición de las variables que se utilizaron para la medición de la eficiencia son las que se mencionan en el capítulo IV, y son:

- Variables de salida (output): nivel de producción anual.
- Variables de entrada (inputs): número de empleados y capacidad instalada.
- Factores de eficiencia (inputs): destino de producción, gama de productos, precio del biodiesel, personal dedicado a la investigación y desarrollo y, forma de comercialización.
- Variables ambientales (inputs): impuesto al diesel, precio del diesel, población local/municipal y, programas y apoyos gubernamentales.

La estructura del modelo consiste en las características que se listan a continuación:

- Se hace uso del modelo DEA.
- Se encuentra orientado hacia las variables de salida.
- Los rendimientos a escala de los insumos (variables de entrada) se suponen constantes y variables.

6.1 Estadísticas descriptivas

En la siguiente tabla se presentan los resultados de las estadísticas descriptivas de las empresas muestras:

Tabla 22. Estadísticas descriptivas

Nombre	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Empleado	3	50	15.666	45.964
Inve&Des	0	4	0.933	0.891
Capacidproduc	400	416000	82874.9333	117528.2264
Nivelproduc	60	350000	53, 600.2	85482.1278
Preciobodie	1.05	1.22	1.093	0.066
Gamaproduct	1	3	1.666	0.649
Pobmun	476	10017068	956088.4	2017285.752
Destino	0	1	0.766	0.423
Formcomerc	0	1	0.166	0.372
Preciodies	0.961	1.64	1.152	0.294
Impuestodie	0.009	0.413	0.222	0.128
Progra&apoyo	0	1	0.133	0.339

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

- Se tiene un mínimo de tres **empleados** para la empresa Biodiesel Industrias of Ventura, LLC, ubicada en el Estado de California y la empresa CGF Clayton LLC, situada en Delaware. Las cuáles se sitúan con un nivel medio de producción. Mientras que el nivel máximo de empleados lo tiene Imperial Western Products, localizada también en el Estado de California, y siendo ésta la que tiene el volumen de producción más alto dentro de las empresas seleccionadas.

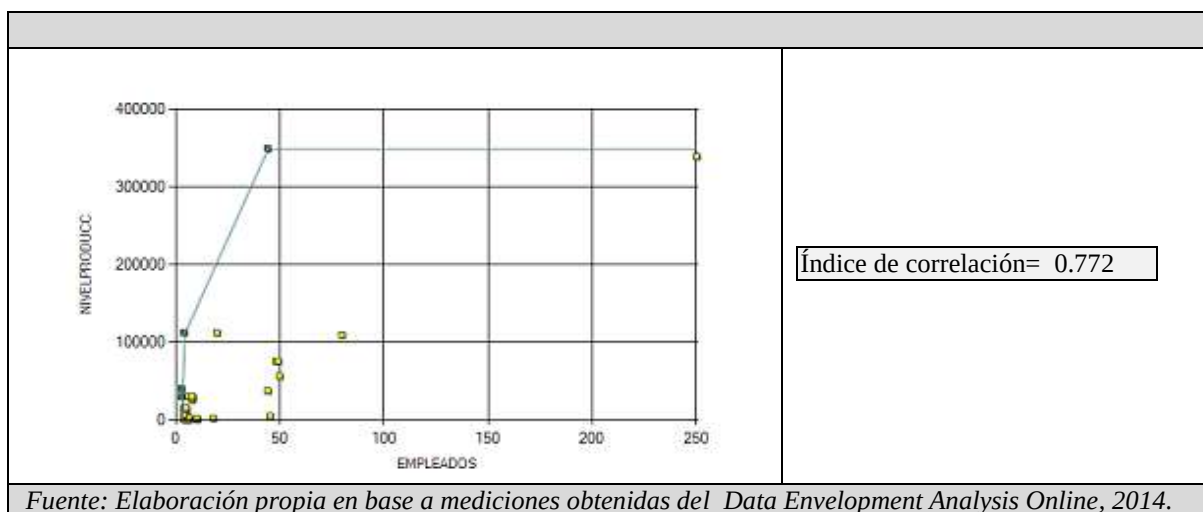
- ① Así mismo se muestra que las empresas presentan muy poco personal dedicado a la **investigación y desarrollo** en la producción de biodiesel a partir de este tipo de materia prima. Una tercera parte de las empresas de la muestra se ubican con cero personal. Mientras que la empresa Community Fuels, situada en el Estado de California, mantiene el más alto con tres personas.
- ① La **capacidad de producción anual** presenta un margen grande. Oscilando de las 400 toneladas al año en el caso de la empresa mexicana Renovables Maya Verde, hasta las 416,000 toneladas anuales en el caso de CGF Clayton LLC, situada en Delaware.
- ① Para el caso de la **producción anual** esta va desde las 60 toneladas en el caso de la empresa pequeña mexicana de nombre Combustibles Biológicos de México, hasta los 350,000 producidos por la empresa del Estado de Arkansas Delta American Fuel, LLC. Siendo el promedio de estas 33 empresas de 53,000 toneladas, lo cual se encuentra en el límite superior del rango de las empresas de tamaño mediano.
- ① Los **precios del biodiesel** más bajos se encuentran en las empresas mexicanas y las estadounidenses. Mientras que los más altos se ubican en algunas provincias de España, que son: Álava, Asturias y Barcelona, lugar en donde se encuentra Bionor Transformación, S.A., Bionorte, y Stocks Del Valles, S.A.
- ① El **precio del diesel** que es considerado un sustituto perfecto del biodiesel tiene gran variabilidad. Su precio más bajo es de 0.96 dólares, en Costa Rica. Mientras que el más alto es de 1.64, en el caso de España.
- ① Los **impuestos aplicados al Diesel**, que es considerado un estímulo a este biocombustible, tiene su nivel más bajo en México, con 0.0096 dólares. Mientras que en España es de 0.41 dólares.

- ① La ***Gama o variedad de productos*** que tienen las empresas muestras van desde uno, hasta cuatro productos ofrecidos.
- ① La ***población de la localidad*** tiene un amplio margen de variación. Bionor Transformación, S.A., que se encuentra ubicada en Berantevilla, España tiene solamente 476 habitantes. Mientras que Baker Commodities Los Ángeles, ubicada en Los Ángeles California, EE UU tiene 10, 017, 068 habitantes.
- ① En cuanto al ***destino de la producción***, al ser esta una variable dicótoma, la media de 0.766, nos indica que la mayoría de las empresas destinan el producto para su consumo interno.
- ① En cuanto a la ***comercialización del producto***, también se toma en cuenta la media que es de 0.166, y que al ser una variable dicótoma nos indica que muy pocas empresas comercializan directamente el producto.
- ① Finalmente los ***apoyos e incentivos gubernamentales*** de carácter cuantitativo se hacen presentes en la gran mayoría de las empresas de la muestra, ya que la misma arrojó una media de 0.133.

6.2 Correlaciones de variables

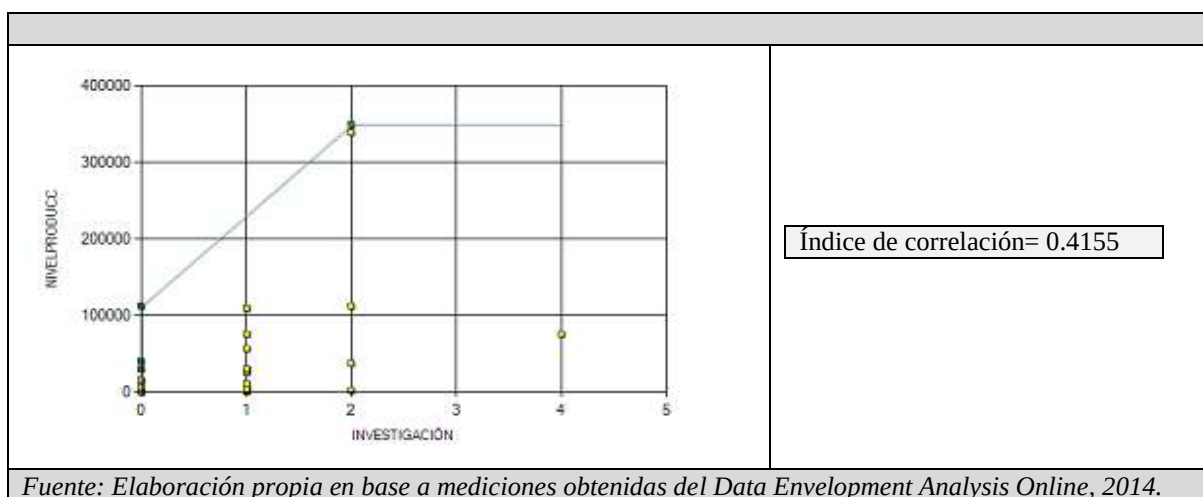
La correlación entre el input “empleados” y el output “nivel de producción” es considerable, con un nivel de 0.772, lo cual indica la alta relación entre el nivel de empleados de las empresas y el nivel obtenido en la producción.

Tabla 23. Correlación entre empleados y nivel de producción



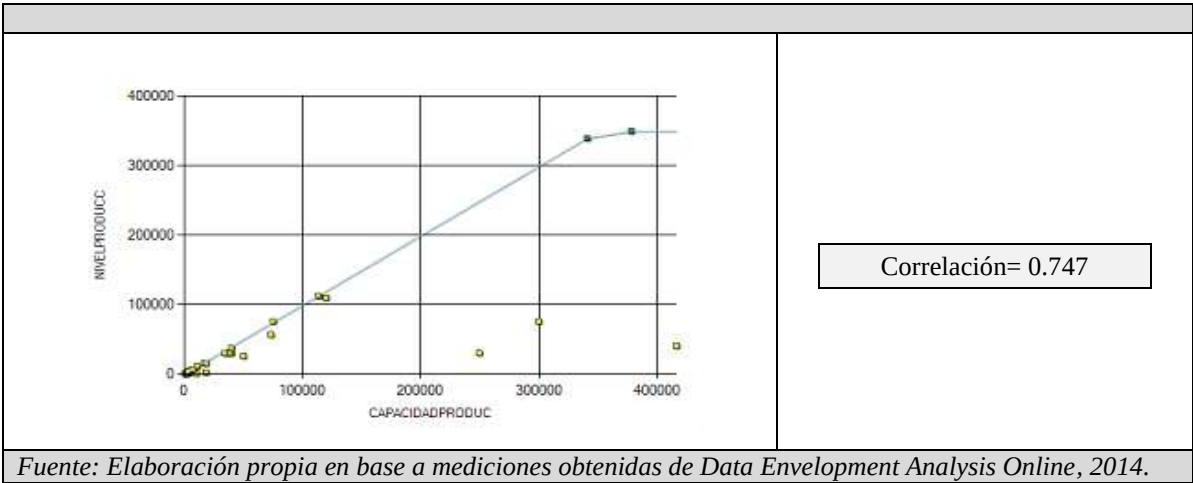
La correlación entre el nivel de producción obtenida y el personal dedicado a la investigación y desarrollo es moderada. Y tiene una relación positiva de 0.4155

Tabla 24. Correlación entre nivel de producción y personal destinado a la investigación



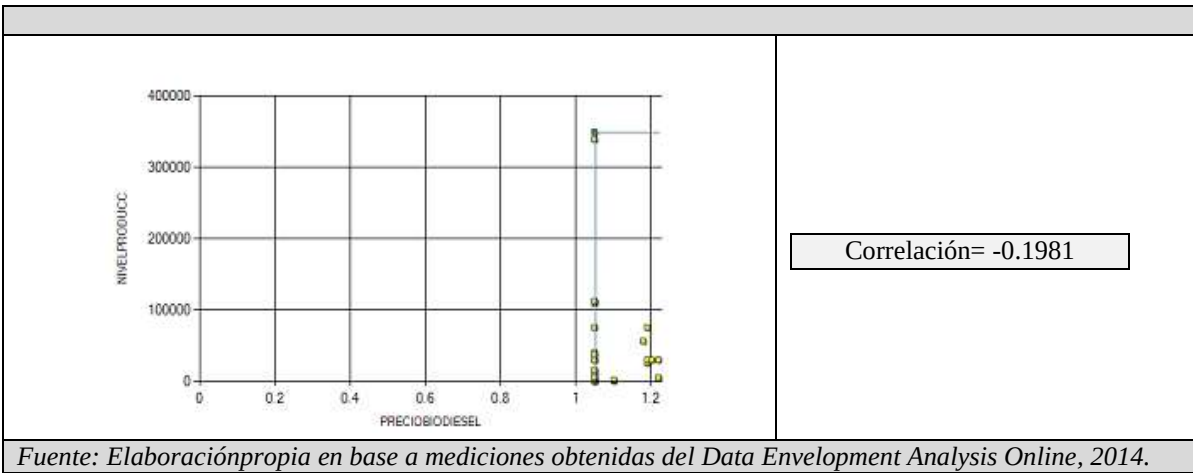
La capacidad productiva y el nivel de producción guardan una relación directa, en un nivel considerable, de 0.747, mostrando como ambas variables tienen una alta correlación.

Tabla 25. Correlación entre nivel de producción y capacidad de producción



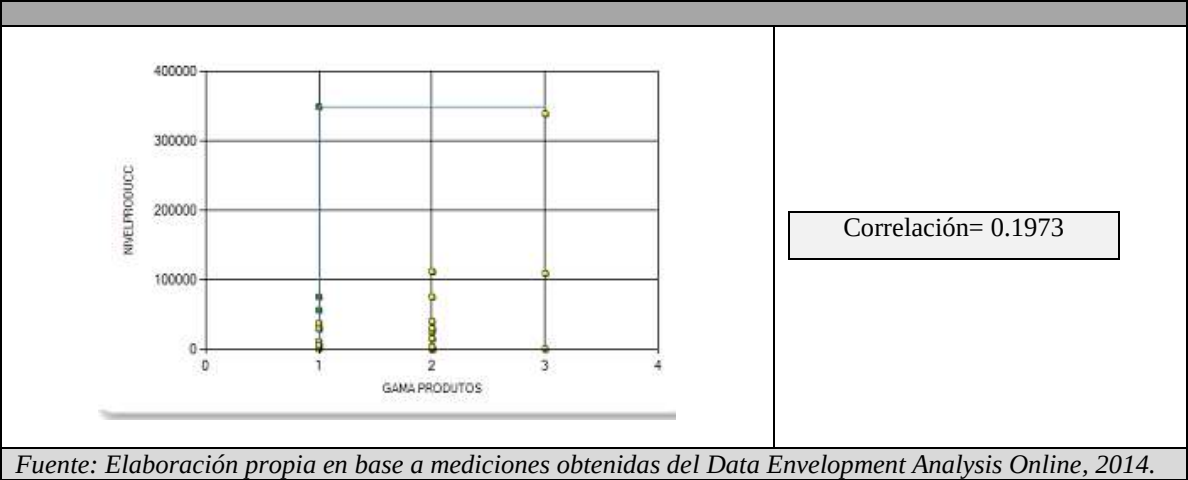
La correlación entre el precio del biodiesel y el nivel de producción mantiene un nivel bajo, pero con relación inversa. Lo cual muestra como a medida que el precio sube, este puede afectar directamente o indirectamente en sus niveles de producción.

Tabla 26. Correlación entre nivel de producción y precio de biodiesel



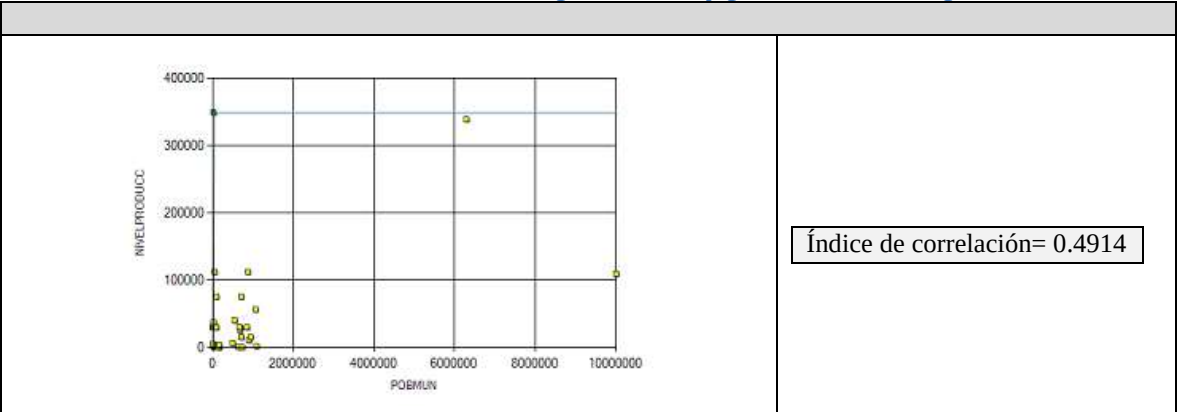
La gama de productos también muestra un nivel bajo de producción, pero en relación directa. Siendo así que el nivel de producción se ve favorecido por la cantidad de productos que la empresa pueda ofrecer.

Tabla 27. Correlación entre nivel de producción y gama de productos



El nivel de producción y los habitantes en el lugar de la localización de la planta también mantiene una relación directa y con un nivel medio entre ambas variables. Lo cual indica, como el número de habitantes si es importante en cuanto a la recolección y producción de biodiesel a partir de esos desechos de grasas animales y aceites vegetales.

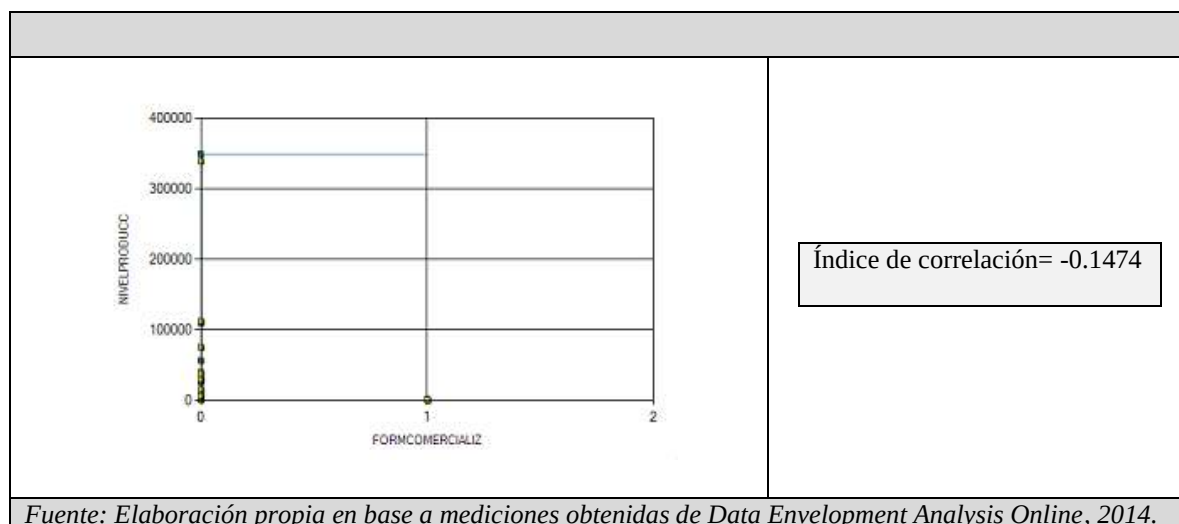
Tabla 28. Correlación entre nivel de producción y población municipal/ local



Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas del Data Envelopment Analysis Online, 2014.

La variable dicótoma “Forma de comercialización” y nivel de producción, tienen un nivel de correlación baja, lo cual es reflejado por su misma naturaleza.

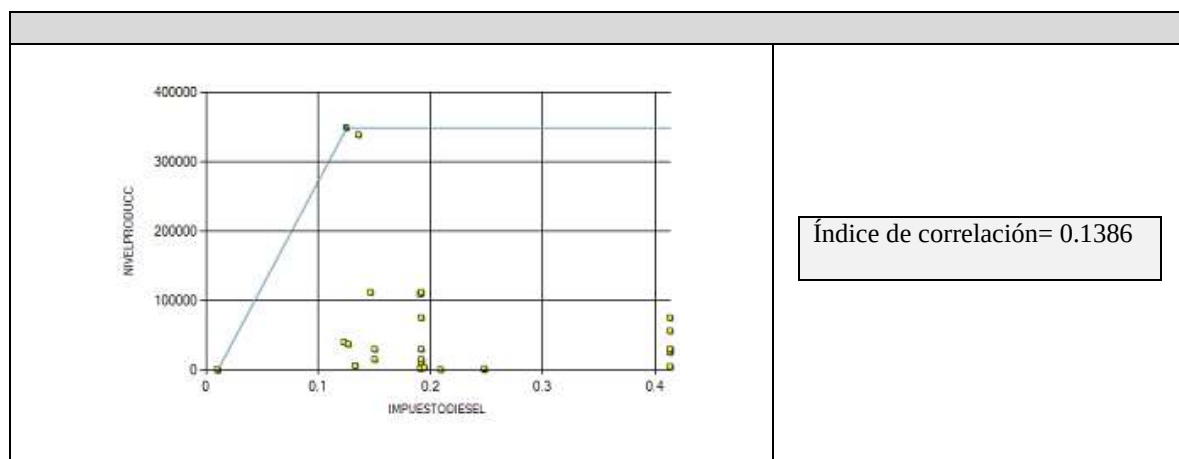
Tabla 29. Correlación entre nivel de producción y forma de comercialización



Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

El impuesto al diesel muestra una correlación débil en relación con el nivel de producción. Siendo este de 0.1386.

Tabla 30. Nivel de producción e impuesto al diesel



6.3 Análisis de eficiencia DEA (RCE Y RVE), primera etapa incorporando empleados y capacidad de producción

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Producto: Nivel de producción

En la tabla de la siguiente página se muestran los resultados del análisis de eficiencia con RCE y RVE. Como ya fue mencionado anteriormente, el hecho de que la DMU forme parte de la frontera, no significa que haya obtenido su eficiencia máxima, pero si indica que las restantes unidades pueden mejorar su nivel de desempeño, situándolas a la altura de las que se encuentran sobre la frontera.

Como era de esperarse, contemplando que se trata de empresas mayormente de tamaño mediano y en crecimiento, los valores de los índices de eficiencia bajo RVE, que miden el nivel comparativo de ETP ya que excluye los efectos de escala, son mayores que los correspondientes bajo RCE, los cuales miden el nivel de ETG. Ello indicaría que los países no operan en la escala más eficiente.

Para la mayoría de las empresas, la diferencia en los niveles de eficiencias es inferior al 6%. Sin embargo en la empresa Bioenergetica la diferencia es de 9%, en Moreco de 36% y en el caso de la empresa Remave es de un 63%. Se puede observar además que de manera general y para ambos casos, las empresas norteamericanas lideran los niveles de eficiencia.

Tabla 31. Niveles de eficiencia con RCE y RVE, incorporando inputs y outputs

Rendimientos Constantes (ETG)				Rendimientos Crecientes (ETP)			
DMU con Eficiencia (%)		DMU con ineficiencia (%)		DMU con Eficiencia (%)		DMU con Ineficiencia (%)	
ImperialWest (EU)	100	Communityfuel (EU)	99.5	Remave (Mex)	100	Crimsonrenewable (EU)	99.8
Middlegeorg (EU)	100	Crimsonrenew (EU)	99	Bioventura (Es)	100	Geogreen (EU)	99
		Iowarenewa (EU)	96	Cfgclayton (EU)	100	Bionorte (Es)	97
		Deltamerican (EU)	93	Imperialwest (EU)	100	Healybio (EU)	97
		Healybio (EU)	92	Middlegeorg (EU)	100	Iowarenewable (EU)	96
		Bioneltd (EU)	92	DeltaAmerican (EU)	100	Bioneltd (EU)	95
		Geogreen (EU)	92	Communityfuel (EU)	100	Deltamerican (EU)	94
		Backmoan (EU)	91			Moreco (Mex)	93
		Bionorte (Es)	91			Backcoman (EU)	92
		Baybio (EU)	90			Flbiofuellc (EU)	91
		Flbiofuellc (EU)	88			BayBio (EU)	91
		Genuinebiofuel (EU)	86			Bionor (Es)	89
		Bionor (Es)	86			Genuine Biofuel (EU)	88
		Bridgeport (EU)	80			Bridgeport (EU)	83
		Bioventura (EU)	80			Newleaf (EU)	81
		Newleaf (EU)	80			Biobionet (Es)	77
		Grenatura (Es)	76			Grenatura (Es)	77
		Biobionet (Es)	76			Stockva (Es)	69
		Stockva (Es)	66			Biocama (Es)	51

	Moreco (Mex)	57		Enerbio (CR)	42
	Biocama (Es)	50		Coopavi (Es)	37
	Cfgclayton (EU)	48		Ecofuel (Es)	25
	Enerbio (CR)	40		Bionergetica (Es)	22
	Remave (Mex)	33		Cambiomex (Mex)	4
	Coopavi (CR)	33			
	Ecofuel (Es)	25			
	Bioenergética (Es)	13			
	Cambiomex (Mex)	3			

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

A continuación se muestran los resultados del análisis de eficiencia de escala que resulta de dividir ETG/ ETP.

	DMU	ETG	ETP	EE
1	Imperialwest (EU)	100%	100%	100.0%
2	Middlegeorg (EU)	100%	100%	100.0%
3	Communityfuel (EU)	99.5%	100%	99.2%
4	Crimsonrenew (EU)	99%	100%	99.2%
5	Iowarenewa (EU)	96%	96%	100.0%
6	Deltamerican (EU)	93%	94%	98.9%
7	Healybio (EU)	92%	97%	94.8%
8	Bioneltd (EU)	92%	95%	96.8%
9	Geogreen (EU)	92%	99%	92.9%
10	Backcoman (EU)	91%	92%	98.9%
11	Bionorte (Es)	91%	97%	93.8%
12	BayBio (EU)	90%	91%	98.9%
13	Flbiofuellc (EU)	88%	91%	96.7%
14	Genuinebiofuel (EU)	86%	88%	97.7%
15	Bionor (Es)	86%	89%	96.6%
16	Bridgeport (EU)	80%	83%	96.4%
17	Bioventura (Es)	80%	100%	80.0%
18	Newleaf (Es)	80%	81%	98.8%

19	Grenatura (Es)	76%	76%	100.0%
20	Biobionet (Es)	76%	77%	98.7%
21	Stockva (Es)	66%	69%	95.7%
22	Moreco (Méx)	57%	93%	61.3%
23	Biocama (Es)	50%	51%	98.0%
24	Cfgclayton (EU)	48%	100%	48.0%
25	Enerbio (CR)	40%	42%	95.2%
26	Remave (Mex)	33%	100%	33.0%
27	Coopavi (Es)	33%	37%	89.2%
28	Ecofuel (Es)	25%	25%	100.0%
29	Bionergetica (Es)	13%	22%	59.1%
30	Cambiomex (Mex)	3%	4%	75.0%

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

Tabla 32. Determinación de la eficiencia de escala

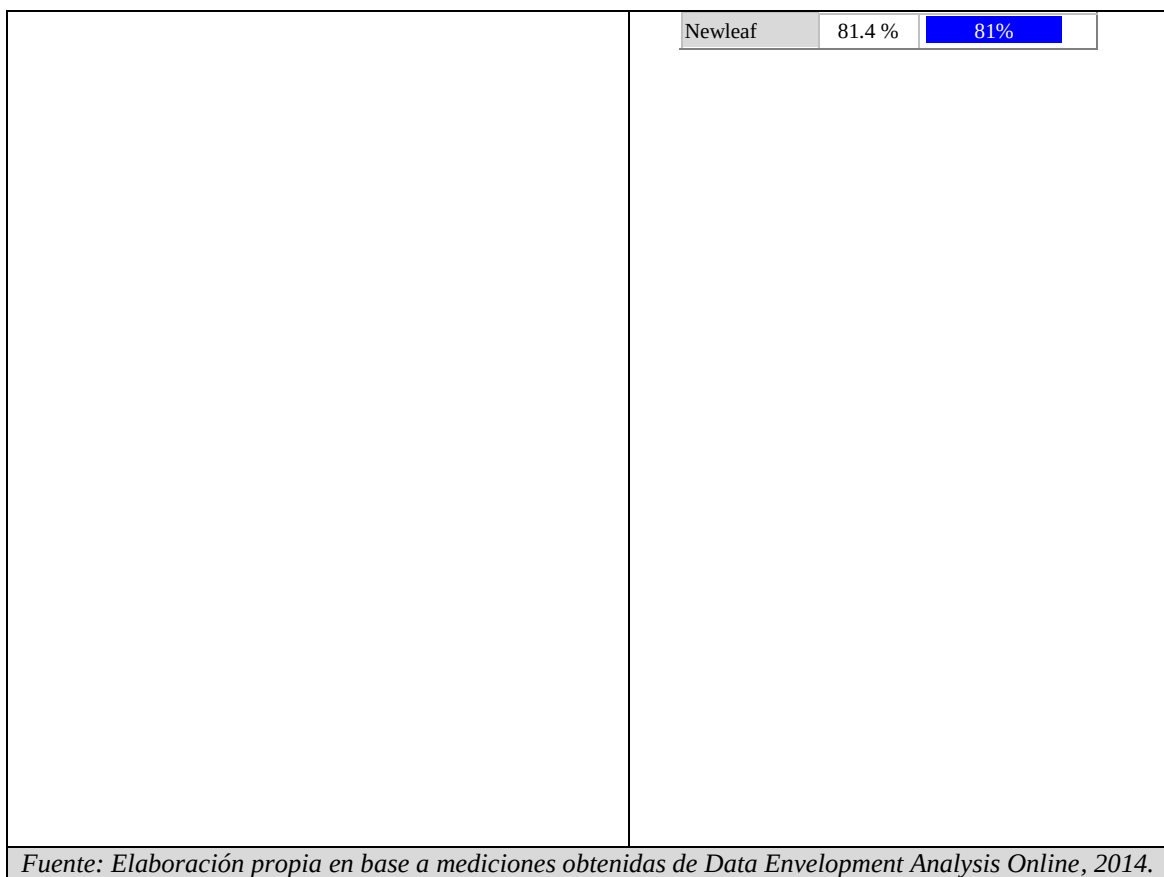
El valor inferior al 100% para la mayoría de los países, significa que la mayoría de los países no ha sido capaz de alcanzar su máximo nivel de eficiencia (en términos comparados) ya que no está operando en la escala más productiva que pudiera. Únicamente la empresa Middle Georgia e Imperial Western de EE UU alcanzan un nivel de eficiencia de 100 % con economías de escala.

Dados los resultados anteriores, se procedió a evaluar cada una de las variables establecidas anteriormente para el modelo DEA, mediante el modelo de RVE. Así a continuación se muestran los resultados del análisis de eficiencia incorporando únicamente variables de escala, en donde se puede encontrar una empresa mexicana “Renovables Maya Verde”. Las empresas estadounidenses “Biodiesel Industries of Ventura LLC, Community Fuels, Crimson Renewable Energy, LP, Imperial Western Products, CGF Clayton LLC, Iowa Renewable Energy, LLC y, Middle Georgia Biofuel”. Siendo las cuatro primeras del Estado de California, mientras que las últimas tres de Delaware, Iowa y Georgia respectivamente.

También se muestran empresas con alto nivel de eficiencia, con niveles cercanos a la unidad. En el caso de las empresas estadounidenses, se muestra que todas las restantes son cercanas al nivel de eficiencia. Para el caso de México, la empresa michoacana “Moreco” también se encuentra en un alto nivel de eficiencia. Y en el caso de España las empresas “Bionor Transformación y Bionorte” de Álava y Asturias respectivamente son las empresas con alto nivel de eficiencia. Las empresas con bajos niveles de eficiencia son: Cooperativa Agrícola Industrial Victoria, de Alejuela Costa Rica, Cambiomex, empresa mexicana situada en Villa Hermosa Tabasco, Bioenergética Española que es una empresa establecida en Zaragoza, además de Ecofuel que es una empresa que se sitúa en el mismo país.

Tabla 33. Eficiencia técnica bajo rendimientos variables de escala

Empresas eficientes			Empresas ineficientes		
DMU	Eficiencia	Gráfico	DMU	Eficiencia	Gráfico
Remave	100 %	100%	Coopavi	36.7 %	37%
Bioventura	100 %	100%	Enerbio	42.3 %	42%
Cfgclayton	100 %	100%	Combiomex	3.5 %	4%
Community	100 %	100%	Moreco	93.1 %	93%
Crimsonrenew	100 %	100%	Biocama	50.8 %	51%
Imperialwest	100 %	100%	Biobionet	76.5 %	77%
Middlegeorg	100 %	100%	Bionor	88.6 %	89%
			Bionergetica	13.4 %	13%
			Bionorte	97 %	97%
			Ecofuel	25.3 %	25%
			Grenatura	76.9 %	77%
			Stockva	69 %	69%
			Backcoman	92.1 %	92%
			Baybio	91 %	91%
			Bioneltd	95.3 %	95%
			Bridgeport	82.9%	83%
			Deltamerican	93.7 %	94%
			Flbiofuellc	90.7 %	91%
			Genuinebio	87.8 %	88%
			Geogreen	99.5 %	99%
			Healybio	96.6 %	97%
			Iowarenew	96.5 %	96%



6.3.1 Slacks

Continuando con el análisis DEA, se pasa a identificar los slacks o variables de holgura. Dado que estamos hablando de un modelo orientado hacia el producto, esta holgura consistirá en el desaprovechamiento de las variables de entrada que permiten obtener niveles superiores de producción.

A continuación se muestran los excesos considerados de acuerdo a los insumos y productos presentes en las empresas eficientes. Este resultado es muy importante ya que en él se muestra aquellas personas que están trabajando con grandes excesos en alguno de los insumos, que pueden llevar a la empresa a considerarla ineficiente.

Las empresas Costarricenses, Cooperativa Agrícola Industrial Victoria de Ajuela, muestra un exceso de más de cuatro empleado. Mientras que Energías Biodegradables de Cartago lo hace en casi tres empleados. En el caso de la empresa Moreliana, Moreco se da un exceso de casi dos empleados.

En la empresa española “Bioenergética Española”, se da un exceso o desperdicio en la capacidad productiva de 22 800 toneladas anuales. Mientras que Stocks Del Valles, S.A., muestra un exceso de 36 empleados. Por su parte Iowa Renewable Energy, LLC muestra un exceso de 11 empleados.

Tabla 34. Slacks o excesos de inputs

DMU	Eempleado	Capacidprod	Nivelprod
Coopavi	4.12	0	0
Enerbio	2.675	0	0
Moreco	1.783	0	0
Bionergetica	0	22800	0
Stockva	36.373	0	0
Baybio	0.627	0	0
Iowarenew	11.59	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

6.3.2 Weights

La siguiente tabla muestra los pesos o importancia que tienen las variables dentro del análisis de eficiencia. En ella se muestra en que empresas se tiene mayor peso y de cuánto. Se observa que para la mayoría de las empresas el peso que tienen en las variables es bajo, exceptuando Bioenergética Española, CGF Clayton LLC, dentro de la incorporación de la variable “empleados”.

Tabla 35. Principales pesos de las variables

DMU	Empleado	Capacidad produc	Nivelproduc
Coopavi	0	0.001	0.001
Combiomex	0.242	0.016	0.017
Moreco	0	0.002	0.002
Remave	0.112	0.008	0.008
Biocama	0.001	0	0
Bionergetica	0.933	0	0
Bionorte	0.023	0	0
Baybio	0	0.001	0.001
Bioventura	0.231	0	0
Bioneltd	0.001	0	0
Bridgeport	0.018	0.001	0.001
Cfgclayton	1.996	0	0
Flbiofuellc	0.001	0	0
Geogreen	0.004	0	0
Healybio	0.002	0	0
MiddleGeorg	0.250	0	0
Newleaf	0.001	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

6.3.3 Improvements

La siguiente tabla muestra las mejoras que pueden realizarse en cada una de las empresas. Se toma en cuenta el nivel de producción que pueden alcanzar las empresas, tomando en cuenta su capacidad instalada. Y las posibles reducciones que pueden realizar en el número de empleados para alcanzar un máximo nivel de producción en relación a lo que las demás empresas hacen.

Así por ejemplo en el caso de Stock del Valle. Se recomienda realizar grandes reducciones en cuanto al número de **empleados** que debe de incluir teniendo cerca de 45 a un nivel recomendado de 8. Y en el caso de Iowa se recomienda reducir en casi 12 empleados, Iowa Renewable Energy, LLC debe de hacerlo en casi doce empleados, mientras que Cooperativa Agrícola Industrial Victoria casi lo hace por mitad, pasando de 10 a 5.88.

Tabla 36. Posibles mejoras

DMU	Empleado	Capacidadproduc	Nivelproduc
Coopavi	10 to 5.88	3000 to 3000	1000 to 2726.715
Enerbio	10 to 7.325	5000 to 5000	2000 to 4724.187
Combiomex	4 to 4	2000 to 2000	60 to 1711.201
Moreco	6 to 4.217	700 to 700	400 to 429.621
Remave	4 to 4	400 to 400	130 to 130
Biocama	8 to 8	50000 to 50000	25000 to 49205.264
Biobionet	50 to 50	73860 to 73860	56180 to 73394.139
Bionor	6 to 6	35000 to 35000	30000 to 34352.491
Bionergetica	8 to 8	250000 to 227200	30000 to 224000
Bionorte	5 to 5	5000 to 5000	4550 to 4690.459
Ecofuel	48 to 48	300000 to 300000	75000 to 296419.333
Grenatura	8 to 8	39700 to 39700	30000 to 39026.28
Stockva	45 to 8.627	6800 to 6800	4500 to 6521.913
Backcoman	80 to 80	120000 to 120000	110000 to 119427.18
Baybio	18 to 17.373	18900 to 18900	17000 to 18606.624
Bioventura	3 to 3	37900 to 37900	30200 to 30200
Bioneltd	5 to 5	11400 to 11400	10500 to 11015.265
Bridgeport	6 to 6	10000 to 10000	800 to 9646.218
Cfgclayton	3 to 3	416000 to 416000	40000 to 40000
Community	49 to 49	75500 to 75500	75000 to 75000.365
Crimsonrenew	20 to 20	113600 to 113600	112200 to 112232.08
Deltamerican	44 to 44	378500 to 378500	350000 to 373697.21
Flbiofuellc	4 to 4	17000 to 17000	15000 to 16534.965
Genuinebiofuel	8 to 8	34800 to 34800	30000 to 34183.85
Geogreen	6 to 6	3800 to 3800	3500 to 3519.063
Healybio	4 to 4	7600 to 7600	7000 to 7245.406
Imperialwestern	250 to 250	340700 to 340700	340000 to 340000
Iowarenewa	44 to 32.41	39700 to 39700	38000 to 39380.341
Middlegeorg	4 to 4	113600 to 113600	112000 to 112000
Newleaf	5 to 5	18900 to 18900	15000 to 18427.146

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

En cuanto al **nivel de producción**, también se muestra posibilidades de incrementarla en la mayor parte de las empresas. Ya que existe una gran capacidad instalada sin aprovecharse. Así por ejemplo en el caso de en el caso de Cooperativa Victoria se recomienda incrementarla en un 172%. En el caso de Cambiomex existe una gran capacidad instalada que puede aprovecharse, pudiendo incrementar la capacidad hasta en 28.51 veces. En el caso de Ecofuel, empresa

española también existe la posibilidad de expandir su producción hasta un 295.2% más de lo que actualmente produce. Bioenergética Española, también tiene la capacidad de incrementar su producción en poco más de siete veces de lo que actualmente produce. Y finalmente, Biodiesel Castilla-La Mancha puede hacerlo en 96.8 %. Por el contrario existen empresas que se encuentran operando en su nivel máximo de producción como Renovables Maya Verde, Biodiesel Industries of Ventura, LLC, CGF Clayton LLC, Imperial Western Products, Middle Georgia Biofuel. Mientras que algunas de ellas tienen la posibilidad de incrementar su producción en un nivel inferior al 10%, como es el caso de Moreco, Bionor Transformación, S.A., Bay Biodiesel, LLC, Community Fuels, Iowa Renewable Energy, LLC, Healy Biodiesel y Delta American Fuel, LLC. Las empresas que pueden incrementar la producción en un nivel mediano son Stocks Del Valles, S.A. en un 44.9%, Grupo Ecológico Natural, S.L. en un 30%, Bridgeport Biodiesel, LLC puede hacerlo en 20.6 % y, New Leaf Biofuel, LLC en un 22.84%.

6.3.4 Lambdas

Una vez que se han identificado las empresas ineficientes, se pueden generar las Lambdas. Estas nos permiten identificar el grado de benchmarking que debe realizar cada una de las empresas. La empresa Renovables Maya Verde de México, Imperial Western Products que tiene planta en California y Arizona, y Middle Georgia Biofuel de Georgia son las empresas que mejor se catalogan como ejemplos a seguir.

Tabla 37. Ejemplos a seguir

	DMU	Remave	Bioventura	Cfgclayton	Imperialwest	Middlegeorg	
	Coopavi	0.992	0	0	0.008	0	

Enerbio	0.986	0	0	0.014	0
Combiomex	0.986	0	0	0	0.014
Moreco	0.999	0	0	0.001	0
Remave	1	0	0	0	0
Biocama	0.594	0	0	0.016	0.389
Biobionet	0.726	0	0	0.187	0.087
Bionor	0.711	0	0	0.008	0.281
Bionergetica	0	0.432	0	0	2
Bionorte	0.968	0	0	0.004	0.028
Ecofuel	0	0	0	0.157	2.169
Grenatura	0.685	0	0	0.016	0.298
Stockva	0.981	0	0	0.019	0
Backcoman	0.563	0	0	0.309	0.128
Baybio	0.946	0	0	0.054	0
Bioventura	0	1	0	0	0
Bioneltd	0.911	0	0	0.004	0.085
Bridgeport	0.932	0	0	0.008	0.06
Cfgclayton	0	0	1	0	0
Community	0.704	0	0	0.183	0.114
Crimsonrenew	0.13	0	0	0.065	0.804
Deltamerican	0	0	0	0.129	2.945
Fbiofuellc	0.853	0	0	0	0.147
Genuinebio	0.729	0	0	0.016	0.255
Geogreen	0.986	0	0	0.008	0.006
Healybio	0.936	0	0	0	0.064
Imperialwest	0	0	0	1	0
Iowarenewa	0.885	0	0	0.115	0
Middlegeorg	0	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

6.4.- Segunda etapa, rendimientos crecientes a escala con factores de eficiencia

En una segunda fase se incorporaron los factores de eficiencia en donde fueron utilizadas las siguientes variables:

- Inputs: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción
- Factores de eficiencia: Gama de productos, Destino de la producción, Formas de comercialización, Precio biodiesel, Personal dedicado a la investigación y desarrollo

Cuando se incorporan variables como la Gama de productos, destino de la producción, formas de la comercialización, precio del biodiesel y el personal dedicado a la investigación.

Tabla 38. Niveles de eficiencia incorporando factores de eficiencia

Empresas eficientes			Empresas ineficientes		
DMU	Eficiencia	Grafico	DMU	Eficiencia	Gráfico
Combiomex	100 %	100%	Coopavi	37.4 %	37%
Moreco	100 %	100%	Enerbio	42.6 %	43%
Remave	100 %	100%	Grenatura	81.7 %	82%
Biocama	100 %	100%	Stockva	76.3 %	76%
Biobionet	100 %	100%	Backcoman	92.1 %	92%
Bionor	100 %	100%	Baybio	94.9 %	95%
Bionergetica	100 %	100%	Bioneltd	99.7 %	100%
Bionorte	100 %	100%	Bridgeport	9.1 %	91%
Ecofuel	100 %	100%	Flbiofuellc	92 %	92%
Bioventura	100 %	100%	Genuinebio	87.8 %	88%
Cfgclayton	100 %	100%	Newleaf	82.4 %	82%
Community	100 %	100%	*Weak Efficient		
Crimsonrenew	100 % *	100%			
Deltamerican	100 %	100%			
Geogreen	100 %	100%			
Healybiodiesel	100 %	100%			
Imperialwest	100 %	100%			
Iowarenew	100 %	100%			
Middlegeorg	100 %	100%			
Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014					

El nivel de eficiencia se eleva la empresa Combustibles Biológicos de México pasa de 4% a 100%, la empresa Ecofuel pasa de 25% al 100%, Bio Bionet Europa, S.A. incrementa su nivel de eficiencia de 75% al 100%, en el caso de la Empresa Moreco pasa de 93% a 100%, Bionorte se incrementa del 97% al 100% y finalmente, Geogreen que tenía un 99% logra alcanzar el 100%. En el resto de las empresas las empresas la eficiencia aumenta exceptuando en el caso de Cooperativa Agrícola Industrial Victoria, Baker Commodities Los Angeles, Genuine Bio-Fuel Inc y New Leaf Biofuel, LLC en dónde se reduce. Con esto se muestra como las variables de entorno aumentan notablemente el nivel de eficiencia. Como es el caso de BioDiesel One Ltd de

Connecticut, que casi logra situarse dentro de las empresas eficientes y el caso de Bay Biodiesel, LLC de California que aumenta hasta un 95%. Lo cual muestra la importancia de dichas variables en el logro de eficiencia de cada una de las empresas.

6.4.1 Slacks

Dentro de los excesos en las variables incorporadas como de entorno, se ve muy poco excedente, únicamente tres empresas muestran un excedente de casi una persona en su empresa: Energías biodegradables de Costa Rica, Grupo Ecológico Natural, S.L. de España y Crimson Renewable Energy, de EE UU. El excedente en el precio del diesel es muy bajo. Mientras que el de gama de productos es casi una unidad en tres empresas: Baker Commodities Los Angeles, FL Biofuels, LLC y New Leaf Biofuel, LLC. Siendo las tres empresas de EE UU.

DMU	Inv&Des	Preciobiodies	Gamaproduct	Destino	Formcomerc
Coopavi	0	0.05	0	0	0.02
Enerbio	0.996	0.049	0	0.004	0
Grenatura	0.8	0.15	0	0	0
Stockva	0	0.001	0	0	0
Backcoman	0	0	0.887	0	0
Baybio	0.3	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

Tabla 39. Slacks o excesos de inputs

6.4.2 Weights

Para la empresa de Costa Rica Cooperativa Agrícola Victoria se observa que los mayores pesos se observan en Investigación y Gamma de productos, al igual que en las empresas mexicanas Combustibles Biológicos de México. Mientras que en el caso de las empresas Españolas el

Destino de la producción, la gama de productos y el precio del diesel son factores importantes. En el caso de las empresas norteamericanas, los mayores pesos se observan en las variables de Investigación y forma de comercialización. Aunque no de manera generalizada para los tres países.

DMU	Inv&Des	Preciobiodies	Gamaproduct	Destino	Formcomerc
Coopavi	1.744	0	0.027	0	0
Enerbio	0	0	0.074	0	0
Combiomex	25.313	0.177	93.464	0	0
Moreco	0.087	0.324	0.134	0	0
Biocama	0	8.083	0	12.508	0
Biobionet	0	0.091	0	1.839	0
Bionor	3.234	0	0	5.772	0.468
Bionergetica	0.625	0	0.075	8.692	0
Bionorte	0.567	0	0	0.031	0.265
Ecofuel	1.3	0	0.289	2.324	0
Grenatura	0	0	0.29	0	0
Stockva	6.085	0	0.657	11.211	0
Baybio	0	0	5.117	0	0
Bioventura	0.189	0	0.658	0	0
Bioneltd	0	0	0.828	0	0
Bridgeport	36.882	0	29.798	0	0
Community	1.345	0	0	0	0
Crimsonrenew	0	0.005	0.003	0	0
Deltamerican	0	0.031	0	0	0
Flbiofuellc	0.016	0	0	0	0.017
Genuinebio	0	0	0	0	0.001
Geogreen	1.087	0	0	0	0.075
Healybio	0.035	0	0	0	0.037
Imperialwest	0.114	0.032	0	0	0
Iowarenewa	0	0	0.229	0	0
Middlegeorg	1.062	0	0	1	0
Newleaf	0.101	0	0	0	0.017

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

Tabla 40. Pesos de las variables

6.4.3 Improvements

La mayor parte de las variables no parecen mostrar reducciones significativas en cuanto a su uso.

DMU	Empleado	Invest& Des	Capacidproduc	Nivelproduc	Preciobio die	Gamaproduct	Destino	Formcomerc
Coopavi	10 to 5.959	0 to 0	3000 to 3000	1000 to 2673.516	1.1 to 1.05	2 to 2	1 to 1	1 to 0.98
Enerbio	10 to 6.862	2 to 1.004	5000 to 5000	2000 to 4698.048	1.1 to 1.05	2 to 2	1 to 0.996	1 to 0
Combiome	4 to 4	1 to 1	2000 to 2000	60 to 60	1.05 to 1.05	2 to 2	1 to 1	1 to 1
Moreco	6 to 6	0 to 0	700 to 700	400 to 400	1.05 to 1.05	2 to 2	1 to 1	1 to 1
Remave	4 to 4	0 to 0	400 to 400	130 to 130	1.05 to 1.05	3 to 3	1 to 1	1 to 1
Biocama	8 to 8	1 to 1	50000 to 50000	25000 to 25000	1.19 to 1.19	2 to 2	0 to 0	0 to 0
Biobionet	50 to 50	1 to 1	73860 to 73860	56180 to 56180	1.18 to 1.18	1 to 1	0 to 0	0 to 0
Bionor	6 to 6	1 to 1	35000 to 35000	30000 to 30000	1.22 to 1.22	2 to 2	0 to 0	0 to 0
Bionerget	8 to 8	1 to 1	250000 to 250000	30000 to 30000	1.19 to 1.19	1 to 1	0 to 0	0 to 0
Bionorte	5 to 5	1 to 1	5000 to 5000	4550 to 4550	1.22 to 1.22	1 to 1	0 to 0	0 to 0
Ecofuel	48 to 48	1 to 1	300000 to 300000	75000 to 75000	1.19 to 1.19	1 to 1	0 to 0	0 to 0
Grenatura	8 to 8	1 to 0.2	39700 to 39700	30000 to 36704.7	1.2 to 1.05	1 to 1	1 to 1	0 to 0
Stockva	45 to 6.1	1 to 1	6800 to 6800	4500 to 5899.6	1.22 to 1.21	1 to 1	0 to 0	0 to 0
Backcoma	80 to 80	1 to 1	120000 to 120000	110000 to 119372	1.05 to 1.05	3 to 2.11	1 to 1	0 to 0
Baybio	18 to 18	1 to 0.7	18900 to 18900	1700 to 17909.8	1.05 to 1.05	1 to 1	1 to 1	0 to 0
Bioventura	3 to 3	0 to 0	37900 to 37900	30200 to 30200	1.05 to 1.05	1 to 1	1 to 1	0 to 0
Bioneltd	5 to 5	1 to 0.05	11400 to 11400	10500 to 10535.39	1.05 to 1.05	1 to 1	1 to 1	0 to 0
Bridgeport	6 to 3.921	0 to 0	10000 to 10000	800 to 8837.624	1.05 to 1.05	1 to 1	1 to 1	0 to 0
Cfgclayton	3 to 3	0 to 0	416000 to 416000	40000 to 40000	1.05 to 1.05	2 to 2	1 to 1	0 to 0
Community	49 to 49	4 to 4	75500 to 75500	75000 to 75000	1.05 to 1.05	2 to 2	1 to 1	0 to 0
Crimsonrene	20 to 20	2 to 0.605	113600 to 113600	112200 to 112221.	1.05 to 1.05	2 to 2	1 to 1	0 to 0
Deltamerican	44 to 44	2 to 2	378500 to 378500	350000 to 350000	1.05 to 1.05	1 to 1	1 to 1	0 to 0
Flbiofuell	4 to 4	0 to 0	17000 to 17000	15000 to 16311.32	1.05 to 1.05	2 to 1.08	1 to 1	0 to 0
Genuinebio	8 to 8	1 to 0.929	34800 to 34800	30000 to 34170.53	1.05 to 1.05	2 to 2	1 to 1	0 to 0
Geogreen	6 to 6	1 to 1	3800 to 3800	3500 to 3500	1.05 to 1.05	2 to 2	1 to 1	0 to 0
Healybio	4 to 4	0 to 0	7600 to 7600	7000 to 7000	1.05 to 1.05	1 to 1	1 to 1	0 to 0
Imperialwest	250 to 250	2 to 2	340700 to 340700	340000 to 340000	1.05 to 1.05	3 to 3	1 to 1	0 to 0
Iowarenew	44 to 44	2 to 2	39700 to 39700	38000 to 38000	1.05 to 1.05	1 to 1	1 to 1	0 to 0
Middlegeorg	4 to 4	0 to 0	113600 to 113600	112000 to 112000	1.05 to 1.05	2 to 2	1 to 1	0 to 0
Newleaf	5 to 4	0 to 0	18900 to 18900	15000 to 18193.39	1.05 to 1.05	2 to 1.107	1 to 1	0 to 0

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

Tabla 41. Posibles mejoras en las variables

El nivel de producción alcanzado sin embargo si es mayor para la mayoría de las empresas que no se encuentran produciendo en su nivel máximo, sin embargo; sí es ligeramente inferior el nivel que se podría alcanzar sin incluir los factores de eficiencia.

6.4.4. Lambdas

Cuando se incorporan los factores de eficiencia, os resultados son los siguientes:

DMU	Moreco	Biobionet	Bionor	Bionorte	Ecofuel	Bioventura	Communityfuel	Geogreen	Healybiodiesel
Coopavi	0.98	0	0	0	0	0	0	0	0
Enerbio	0	0	0	0.004	0	0	0	0.99	0
Moreco	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Remave	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biobione	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Bionor	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bionerge	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bionorte	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ecofuel	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Grenatur	0	0	0	0	0	0	0	0	0.90
Stockva	0	0.02	0	0.97	0	0	0	0	0
Backcom	0	0	0.42	0	0	0	0	0.38	0.19
Baybio	0	0	0	0	0	0	0	0	0.65
Bioventura	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Bioneltd	0	0	0	0.97	0	0	0	0	0
Bridgeport	0	0	0	0	0	0.07	0	0	0
Cfgclayton	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Communityf	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Crimsonren	0	0	0	0	0	0	0.13	0	0.04
Deltamerican	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flbiofuellc	0	0	0	0	0	0	0	0	0.91
Genuinebiof	0	0	0	0	0	0	0.05	0.69	0
Geogreen	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Healybodies	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Imperialwest	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iowarenewa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MiddleGeorg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Newleafbiou	0	0	0	0	0	0	0	0	0.89

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

Tabla 42. Ejemplos a seguir

Las empresas que pueden considerarse como modelo a seguir dentro de las empresas mexicanas y españolas, se pueden contemplar la empresa española Moreco y Bionorte y la empresa

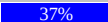
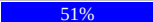
Community Fuels, Delta American Fuel, LLC de Arkansas, GeoGreen Biofuels, Inc. Y, Healy Biodiesel, de EE UU. Para el caso de las empresas mexicanas y españolas. El modelo óptimo a seguir es el propio de la empresa.

6.4.5 Eficiencia con variables de entorno y por tipo

Rendimientos crecientes a escala

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción
- Factores de eficiencia: Gama de productos

Tabla 43. Nivel de eficiencia incorporando gama de productos

Empresas eficientes				Empresas ineficientes			
Eficiencia		Gráfico		Eficiencia		Gráfico	
Combiomex	100 %		100%	Coopavi	37 %		37%
Moreco	100 %		100%	Enerbio	42.6 %		43%
Remave	100 %		100%	Biocama	50.8 %		51%
Bionorte	100 %		100%	Biobionet	80.9 %		81%
Bioventura	100 %		100%	Bionor	87.4 %		87%
Cfgclayton	100 %		100%	Bionergetica	43.4 %		43%
Communityfuel	100 %		100%	Ecofuel	27 %		27%
Crimsonrenewable	100 %		100%	Grenatura	81.7 %		82%
Deltamerican	100 %		100%	Stockva	71.6 %		72%
Geogreen	100 %		100%	Backcoman	92.1 %		92%
Healybiodiesel	100 %		100%	Baybio	95 %		95%
Imperialwestern	100 %		100%	Bioneltd	99.7 %		100%
Iowarenewable	100 %		100%	Bridgeport	86. %		86%
MiddleGeorgia	100 %		100%	Flbiofuelllc	91.3 %		91%
				Genuinebiofuel	87.8 %		88%

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

En esta tabla se muestra como gama de productos ayuda a elevar el nivel de eficiencia en la empresa Combustibles Bilógicos de México, Moreco, Delta American Fuel, LLC, GeoGreen

Biofuels, Inc., Healy Biodiesel, Iowa Renewable Energy, LLC. Que son empresas que de manera conjunta con las demás variables consideradas factores de eficiencia elevan su nivel hasta colocarlas en el grupo de las empresas eficientes.

Rendimientos crecientes a escala

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción
- Factores de eficiencia: Destino de la producción

Empresas eficientes			Empresas ineficientes		
DMU	Eficiencia	Gráfico	DMU	Eficiencia	Gráfico
Remave	100 %	100%	Coopavi	36.7 %	37%
Bionor	100 %	100%	Enerbio	42.3 %	42%
Bionorte	100 %	100%	Combiomex	3.5 %	4%
Bioventura	100 %	100%	Moreco	93.1 %	93%
Cfgclayton	100 %	100%	Biocama	62.5 %	62%
Community	100 %	100%	Biobionet	85.5 %	86%
Crimsonrenew	100 %	100%	Bionergetica	75 %	75%
Deltamerican	100 %	100%	Ecofuel	31.2 %	31%
Imperialwest	100 %	100%	Grenatura	76.9 %	77%
Middlegeorg	100 %	100%	Stockva	72.7 %	73%
			Backcoman	92.1 %	92%
			Baybio	9.1 %	9%
			Bioneltd	95.3 %	95%
			Bridgeport	8.3 %	8%
			Flbiofuellc	90.7 %	91%
			Genuinebio	87.8 %	88%
			Geogreen	99.5 %	99%
			Healybio	96.6 %	97%
			Iowarenewa	96.5 %	96%
			Newleaf	81.4 %	81%

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2014.

Tabla 44. Nivel de eficiencia incorporando el destino de la producción

El destino de la producción ayuda elevar el nivel de eficiencia de las empresas españolas Bionor Transformación, S.A. y Bionorte, y de la empresa norteamericana Delta American Fuel, LLC colocándolas dentro de las empresas altamente eficientes.

Rendimientos crecientes a escala

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción
- Factores de eficiencia: Forma de comercialización

Tabla 45. Nivel de eficiencia incorporando la forma de la comercialización

Empresas eficientes			Empresas ineficientes		
DMU	Efficiency	Graph		Efficiency	Graph
Remave	100 %	100%	Coopavi	36.7 %	37%
Bionorte	100 %	100%	Enerbio	42.3 %	42%
Bioventura	100 %	100%	Combiomex	3.5 %	4%
Cfgclayton	100 %	100%	Moreco	93.1 %	93%
Communityfuel	100 %	100%	Biocama	50.8 %	51%
Crimsonrenewable	100 %	100%	Biobionet	76.5 %	77%
Geogreen	100 %	100%	Bionor	87.4 %	87%
Healybiodiesel	100 %	100%	Bionergetica	13.4 %	13%
Imperialwestern	100 %	100%	Ecofuel	25.3 %	25%
MiddleGeorgia	100 %	100%	Grenatura	76.9 %	77%
			Stockva	69.3 %	69%
			Backcoman	92.1 %	92%
			Baybio	91.5 %	91%
			Bioneltd	96.4 %	96%
			Bridgeport	83.1 %	83%
			Deltamerican	93.7 %	94%
			Flbiofuelllc	92 %	92%
			Genuinebiofuel	87.8 %	88%
			Iowarenewable	96.6 %	97%
			Newleafbiofuel	81.9 %	82%

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

Rendimientos crecientes a escala

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción

- Factores de eficiencia: Personal dedicado a la investigación

El personal dedicado a la investigación no tiene efecto sobre el nivel de eficiencia de las empresas que fueron obtenidos como ineficientes en una primera etapa.

Empresas eficientes			Empresas ineficientes		
DMU	Eficiencia	Gráfico	DMU	Eficiencia	Gráfico
Remave	100 %	100%	Coopavi	37 %	37%
Bioventura	100 %	100%	Enerbio	42.3 %	42%
Cfgclayton	100 %	100%	Combiomex	3.5 %	4%
Communityfuel	100 % *	100%	Moreco	93.8 %	94%
Crimsonrenewable	100 % *	100%	Biocama	50.8 %	51%
Imperialwestern	100 %	100%	Biobionet	76.5 %	77%
MiddleGeorgia	100 %	100%	Bionor	87.3 %	87%
			Bionergetica	13.4 %	13%
			Bionorte	97 %	97%
			Ecofuel	25.3 %	25%
			Grenatura	76.9 %	77%
			Stockva	69 %	69%
			Backcoman	92.1 %	92%
			Baybio	9.1 %	9%
			Bioneltd	95.3 %	95%
			Bridgeport	8.3 %	8%
			Deltamerican	93.7 %	94%
			Flbiofuelllc	90.7 %	91%
			Genuinebiofuel	87.8 %	88%
			Geogreen	99.5 %	99%
			Healybiodiesel	96.6 %	97%
			Iowarenewable	96.5 %	96%
			Newleafbiofuel	81.5 %	81%

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

Tabla 46. Nivel de eficiencia incorporando personal dedicado a la investigación

Rendimientos crecientes a escala

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción
- Factores de eficiencia: Precio del biodiesel

El precio del biodiesel tampoco influye en los niveles de eficiencia obtenidos en las empresas ineficientes de la primera fase.

Tabla 47. Nivel de eficiencia incorporando precio del biodiesel

Empresas eficientes			Empresas ineficientes		
DMU	Efficiency	Graph	DMU	Efficiency	Graph
Remave	100 %	100%	Coopavi	36.7 %	37%
Bioventura	100 %	100%	Enerbio	42.3 %	42%
Cfgclayton	100 %	100%	Combiomex	3.5 %	4%
Communityfuel	100 %	100%	Moreco	93.1 %	93%
Crimsonrenewable	100 %	100%	Biocama	50.8 %	51%
Deltamerican	100 %	100%	Biobionet	76.5 %	77%
Imperialwestern	100 %	100%	Bionor	87.3 %	87%
MiddleGeorgia	100 %	100%	Bionergetica	20.3 %	20%
			Bionorte	97 %	97%
			Ecofuel	26.5 %	27%
			Grenatura	76.9 %	77%
			Stockva	69 %	69%
			Backcoman	92.1 %	92%
			Baybio	9.1 %	9%
			Bioneltd	95.3 %	95%
			Bridgeport	8.3 %	8%
			Flbiofuelllc	90.7 %	91%
			Genuinebiofuel	87.8 %	88%
			Geogreen	99.5 %	99%
			Healybiodiesel	96.6 %	97%
			Iowarenewable	96.5 %	96%
			Newleafbiofuel	81.4 %	81%

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

6.5 Rendimientos crecientes a escala con variables de entorno

En una tercera etapa se procede a evaluar el nivel de eficiencia mediante la metodología DEA con rendimientos crecientes a escala, en donde se retoman las siguientes variables:

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción
- Variables de entorno: Precio de diesel, impuesto al diesel, Población municipal y/ local.

Si se analizan las empresas eficientes al incorporar variables ambientales, en relación a la parte inicial, se tiene os siguientes resultados:

Cooperativa Agrícola Industrial Victoria incrementa su nivel de eficiencia de 37% al 100%, lo cual no sucede cuando se incorporan las variables ambientales. En el caso de Energías Biodegradables que al inicio mostraba un 42 % y al incorporar factores de eficiencia mostraba el 43% logra incrementarse en un 100%. La empresa Stocks Del Valles, S.A. pasó del 69% en la primera fase a 76% en el momento de incorporar factores de eficiencia y 100% con variables ambientales. Lo cual indica la importancia que se tiene en el logro de la eficiencia estas variables. En el caso de Moreco, Bionor Transformación, S.A., Bionorte, Biodiesel Industries of Ventura, LLC, CGF Clayton LLC, GeoGreen Biofuels, Inc., Delta American Fuel, LLC, y Healy Biodiesel igual que en el caso de incorporación de factores de eficiencia, son empresas que también logran elevar sus niveles de eficiencia hasta un 100%.

En el caso de las empresas españolas Bio Bionet Europa, S.A. únicamente aumenta un medio punto porcentual al incorporar estas variables, mientras que con los factores de eficiencia si lograba obtener un 100%. Bioenergética Española aumenta únicamente dos puntos porcentuales pasando de 13 a 15%, mientras que los factores de eficiencia si lograban aumentarla en un 100%. La empresa Ecofuel pasa también del 25% al 26% y tampoco logra alcanzar la eficiencia. Finalmente la empresa Biodiesel Castilla-La Mancha mantiene el nivel inicial de eficiencia e inferior al que se obtenía cuando se incorporaban los factores de eficiencia. Esto nos indica como

las variables ambientales tienen un peso inferior al que muestran los factores de eficiencia en el caso de las empresas españolas.

Empresas eficientes			Empresas ineficientes		
DMU	Eficiencia	Gráfico	DMU	Eficiencia	Gráfico
Coopavi	100 %	100%	Biocama	50.8 %	51%
Enerbio	100 %	100%	Biobionet	76.5 %	77%
Combiomex	100 %	100%	Bionergetica	15.2 %	15%
Moreco	100 %	100%	Ecofuel	26.2 %	26%
Remave	100 %	100%	Grenatura	77 %	77%
Bionor	100 %	100%	Backcoman	92.1 %	92%
Bionorte	100 %	100%	Baybio	91.5 %	92%
Stockva	100 %	100%	Bioneltd	97.5 %	98%
Bioventura	100 %	100%	Bridgeport	91 %	91%
Cfgclayton	100 %	100%	Flbiofuelc	92 %	92%
Community	100 %	100%	Genuinebio	88.1 %	88%
Crimsonrenew	100 % *	100%	Newleaf	81.9 %	82%
Deltamerican	100 %	100%			
Geogreen	100 %	100%			
Healybio	100 %	100%			

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015

Tabla 48. Nivel de eficiencia con variables de entorno

6.5.1 Slacks

Dentro de los excedentes mostrados en las variables de entorno, se encuentra principalmente en la parte de población del municipio o la localidad en la que se encuentra la planta. En el caso de Biodiesel Castilla-La Mancha 535, 433en relación a la cantidad de personas que son aprovechadas en otras empresas. Bio Bionet Europa, S.A. mantiene un excedente de 212,362. Bioenergética Española 599, 324 habitantes. Baker Commodities Los Angeles lo hace en 8,

427, 354, en el caso de Bay Biodiesel, LLC esta empresa mantiene un excedente de 664, 986, BioDiesel One Ltd tiene en excedente 594,529 personas, para el caso de Bridgeport Biodiesel, LLC el excedente es de 202, 207. En cuanto a los impuestos también es importante observar que en algunas empresas principalmente de España y algunos estados de los EE UU no es tan importante o necesario mantener un impuesto tan elevado. Esto tomando en cuenta que algunas empresas están produciendo de una manera más eficiente con impuestos más bajos.

Tabla 49. Slacks o excesos de inputs

	Nivelprod	Pobmun	Preciodies	Impuestodie	Progra&poyo
Biocama	0	535433.54	0.67	0.237	0
Biobionet	0	212362.356	0.67	0.224	0
Bionergetica	0	599324.66	0	0.167	0
Ecofuel	0	0	0	0.175	0
Grenatura	0	0	0.27	0.102	0
Backcoman	0	8427354.161	0	0.01	0
Baybio	0	664986.157	0	0	0
Bioneltd	0	594529.898	0	0.027	0
Bridgeport	0	202.207	0	0.017	0
Crimsonrenew	0	499803.013	0	0.037	0
Flbiofuellc	0	251475.306	0	0.016	0
Genuinebio	0	252976.806	0	0	0
Newleaf	0	668087.238	0	0.026	0

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

6.5.2 Weights

En cuanto a los pesos que tienen las variables, se muestra que los impuestos al diesel y los apoyos y programas gubernamentales de carácter cuantitativo tienen un peso muy importante en la mayoría de las empresas.

Tabla 50. Principales pesos

DMU	Pobmun	Preciodie	Impuestodie	Progra&apoyo
Coopavi	0	2.142	0.767	0
Enerbio	0	8278.409	0	0
Combiomex	0	0	188.856	27.545
Moreco	0	0	7607.3	0
Remave	0	0	1.343	0
Biocama	0	0	0.987	0.001
Biobionet	0	0	0	0
Bionor	0	0	0.789	0
Bionergetica	0	3.031	0	0
Bionorte	0	0	0.019	0
Ecofuel	0	0.133	0	0
Baybio	0	0	2.885	0.549
Bioventura	0	0	0	0.009
Bioneltd	0	0	0	0.025
Bridgeport	0	0	0	0.025
Cfgclayton	0	0	17.382	0.008
Community	0	0	0	0.456
Crimsonrenewa	0	0	0.234	0.0897
Deltamerican	0	0	0.236	0
Flbiofuelllc	0	0	0	0.717
Genuinebio	0	0	0.129	0.025
Geogreen	0	0	0	0.006
Healybiodiesel	0	0	0.555	1.106
Imperialwestern	0	0.035	0.1876	0
Iowarenewa	0	0	0.11	0.019
Middlegeorg	0	0	0	0
Newleaf	0	0	0	0.017

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

6.5.3. Improvements

En cuanto a las mejoras se mantienen prácticamente intacto, a excepción de algunas empresas en donde no se considera tan necesario el impuesto elevado en el diesel, o de lo contrario. Se podría mejorar la producción dado ese nivel de variables ambientales.

Tabla 51. Posibles mejoras

		Nivelproducc	Pobmun	Preciodie	Impuestodie	Progra&apoyo
	Coopavi	1000 to 1000	17294 to 17294	0.961 to 0.961	0.248 to 0.248	1 to 1
	Enerbio	2000 to 2000	25948 to 25948	0.961 to 0.961	0.248 to 0.248	1 to 1
	Combiomex	60 to 60	640359 to 640359	1.01 to 1.01	0.01 to 0.01	0 to 0
	Moreco	400 to 400	729279 to 729279	1.01 to 1.01	0.01 to 0.01	1 to 1
	Remave	130 to 130	159310 to 159310	1.01 to 1.01	0.01 to 0.01	1 to 1
	Biocama	25000 to 49194.623	683045 to 147611.46	1.64 to 0.97	0.413 to 0.176	0 to 0
	Biobionet	56180 to 73390.093	1072011 to 859648.644	1.64 to 0.97	0.413 to 0.189	0 to 0
	Bionor	30000 to 30000	476 to 476	1.64 to 1.64	0.413 to 0.413	0 to 0
	Bionergetica	30000 to 196721.64	679624 to 80299.34	1.64 to 1.64	0.413 to 0.246	0 to 0
	Bionorte	4550 to 4550	17953 to 17953	1.64 to 1.64	0.413 to 0.413	0 to 0
	Ecofuel	75000 to 286388.25	84019 to 84019	1.64 to 1.64	0.413 to 0.238	0 to 0
	Grenatura	30000 to 38941.392	84019 to 84019	1.64 to 1.37	0.413 to 0.311	0 to 0
	Stockva	4500 to 4500	8830 to 8830	1.64 to 1.64	0.413 to 0.413	0 to 0
	Backcoman	110000 to 119426.8	10017068 to 1589713.8	0.97 to 0.97	0.191 to 0.181	0 to 0
	Baybio	1700 to 18579.705	1094205 to 429218.843	0.97 to 0.97	0.191 to 0.191	0 to 0
	Bioventura	30200 to 30200	839620 to 839620	0.97 to 0.97	0.191 to 0.191	0 to 0
	Bioneltd	10500 to 10896.22	898272 to 303742.102	0.97 to 0.97	0.191 to 0.164	0 to 0
	Bridgeport	800 to 9628.248	147216 to 147013.793	0.97 to 0.97	0.208 to 0.191	0 to 0
	Cfgclayton	40000 to 40000	549684 to 549684	0.97 to 0.97	0.122 to 0.122	0 to 0
	Community	75000 to 75000	704379 to 704379	0.97 to 0.97	0.191 to 0.191	0 to 0
	Crimsonrene w	112200 to 112232	864124 to 364320.987	0.97 to 0.97	0.191 to 0.154	0 to 0
	Deltamerican	350000 to 350000	20399 to 20399	0.97 to 0.97	0.125 to 0.125	0 to 0
	Flbiofuellc	15000 to 16311.32	716327 to 464851.694	0.97 to 0.97	0.15 to 0.134	0 to 0
	Genuinebio	30000 to 34047.24	661115 to 408138.194	0.97 to 0.97	0.15 to 0.15	0 to 0
	Geogreen	3500 to 3500	151263 to 151263	0.97 to 0.97	0.194 to 0.194	0 to 0
	Healybio	7000 to 7000	505415 to 505415	0.97 to 0.97	0.133 to 0.133	0 to 0
	Imperialwest	340000 to 340000	6301919 to 6301919	0.97 to 0.97	0.136 to 0.136	0 to 0
	Iowarenewa	38000 to 38000	22015 to 22015	0.97 to 0.97	0.126 to 0.126	0 to 0
	Middlegeorg	112000 to 112000	47999 to 47999	0.97 to 0.97	0.146 to 0.146	0 to 0
	Newleaf	15000 to 18325.472	939465 to 271377.762	0.97 to 0.97	0.191 to 0.165	0 to 0

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

6.5.4 Lambdas

Dentro de las empresas mexicanas y costarricenses. Se encuentra que no hay mejor modelo a seguir que la propia empresa. Para las empresas españolas Bionor, Stock del Valles y Bionorte los mejores ejemplos a seguir se encuentran también en sus propias empresas. Y para el resto de las empresas el modelo a seguir se encuentra en las empresas norteamericanas.

DMU	Remave	Bionor	Bionorte	Stockva	Cfgclayton	Communi ty	Delta merican	Geogreen	Healy bio	Imperialw est
Coopavi	0	.52	0	0	0	.48	0	0	0	0
Enerbio	.33	0	.67	0	0	0	0	0	0	0
Moreco	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Remave	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biocama	0	0	0	0	0	0.064	0	0.557	0	0
Biobion	0	0	0	0	0	0.755	0	0.198	0	0.047
Bionor	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bionerg	0	0.45	0	0	0	0	0.031	0	0	0
Bionorte	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ecofuel	0	0	0	0	0	0	0.406	0	0	0.002
Grenatu	0.221	0	0.59	0	0	0.073	0	0.058	0	0
Stockva	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Backc	0	0	0	0	0	0.801	0	0	0	0.162
Bioventura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bioneltd	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.446	0
Bridgeport	0	0	0	0	0	0.003	0	0.943	0	0
Crimsonrene	0	0	0	0	0	0.185	0	0	0	0.031
Deltameric	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Flbiofuellc	0	0	0	0	0	0	0	0	0.911	0
Genuinebio	0	0	0	0	0	0	0	0.227	0.539	0.014
Geogreen	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Healybio	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Imperialwest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Middlegeorg	0	0	0	0	0.145	0	0	0	0	0
Newleaf	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.375	0

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

Tabla 52. Ejemplos a seguir

Las empresas norteamericanas Biodiesel Industries of Ventura, LLC de California, CGF Clayton LLC de Delaware, Community Fuels de California, Delta American de Arkansas, GeoGreen Biofuels, Inc. De California, Healy Biodiesel de Kansas e Imperial Western Products de California también, no muestran un modelo a seguir dentro de las empresas. Para el resto de las empresas norteamericanas lo más conveniente imitar son las empresas: Community Fuels de California, GeoGreen Biofuels, Inc. Del mismo Estado, Healy Biodiesel de Kansas e Imperial Western Products de California también.

6.5.5 Eficiencia con incorporación de variables de entorno por tipo

Rendimientos crecientes a escala

Estas variables que son las que afectan a la empresa, pero se encuentran fuera de su control. Son particularmente relevantes en la producción de biodiesel.

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción
- Variables de entorno: Precio de diesel

El precio del diesel afecta positivamente en el nivel de eficiencia obtenida en las empresas de Costa Rica Cooperativa Agrícola Industrial Victoria y Energías Biodegradables con lo que logran ser de las empresas eficientes. Al igual que las empresas norteamericanas GeoGreen Biofuels de California y Healy Biodiesel de Kansas.

Tabla 53. Nivel de eficiencia considerando precio del diesel

Empresas eficientes			Empresas ineficientes		
DMU	Efficiency	Graph	DMU	Efficiency	Graph
Coopavi	100 %	100%	Combiomex	3.5 %	4%
Enerbio	100 %	100%	Moreco	93.1 %	93%
Remave	100 %	100%	Biocama	50.8 %	51%
Bioventura	100 %	100%	Biobionet	76.5 %	77%
Cfgclayton	100 %	100%	Bionor	87.3 %	87%
Community	100 %	100%	Bionergetica	15.2 %	15%
Crimsonrenew	100 %	100%	Bionorte	97 %	97%
Deltamerican	100 %	100%	Ecofuel	25.9 %	26%
Geogreen	100 %	100%	Grenatura	76.9 %	77%
Healybio	100 %	100%	Stockva	69 %	69%
Imperialwest	100 %	100%	Backcoman	92.1 %	92%
Middlegeorg	100 %	100%	Baybio	9.1 %	9%
			Bioneltd	96.4 %	96%
			Bridgeport	8.3 %	8%
			Flbiofuellc	92 %	92%

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

Rendimientos crecientes a escala

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción
- Variables de entorno: Población

La variable población hace elevar los niveles de eficiencia en diversas empresas. En Costa Rica lo hace en Cooperativa Agrícola Industrial Victoria, en España en Bionor Transformación, S.A., Bionorte y Stocks Del Valles, S.A. Mientras que en EE UU lo hace en GeoGreen Biofuels, Inc. De California, y Iowa Renewable Energy, LLC del Estado de Iowa.

Tabla 54. Nivel de eficiencia con la variable población municipal/ local

Empresas eficientes			Empresas ineficientes		
DMU	Efficiency	Graph	DMU	Efficiency	Graph
Coopavi	100 %	100%	Enerbio	43.9 %	44%
Remave	100 %	100%	Combiomex	3.5 %	4%
Bionor	100 %	100%	Moreco	93.1 %	93%
Bionorte	100 %	100%	Biocama	50.8 %	51%
Stockva	100 %	100%	Biobionet	76.5 %	77%
Bioventura	100 %	100%	Bionergetica	13.4 %	13%
Cfgclayton	100 %	100%	Ecofuel	26 %	26%
Community	100 %	100%	Grenatura	77 %	77%
Crimsonrenew	100 % *	100%	Backcoman	92.1 %	92%
Deltamerican	100 %	100%	Baybio	93.1 %	93%
Geogreen	100 %	100%	Bioneltd	95.3 %	95%
Imperialwestern	100 %	100%	Bridgeport	83 %	83%
Iowarenewable	100 %	100%	Fbiofuelllc	90.7 %	91%
MiddleGeorgia	100 %	100%	Genuinebio	87.8 %	88%
			Healybio	96.6 %	97%
			Newleaf	81.4 %	81%

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015.

Rendimientos crecientes a escala

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción
- Variables de entorno: Impuesto al diesel

El impuesto al diesel afecta positivamente únicamente a la empresa Moreco.

Eficientes			Ineficientes		
DMU	Efficiency	Graph	DMU	Efficiency	Graph
Moreco	100 %	100%	Coopavi	36.7 %	37%
Remave	100 %	100%	Enerbio	42.3 %	42%
Bioventura	100 %	100%	Combiomex	46.2 %	46%
Cfgclayton	100 %	100%	Biocama	50.8 %	51%
Community	100 % *	100%	Biobionet	76.5 %	77%
Crimsonrenew	100 % *	100%	Bionor	87.3 %	87%
Deltamerican	100 %	100%	Bionergetica	13.4 %	13%
Imperialwest	100 %	100%	Bionorte	97 %	97%
Middlegeorg	100 %	100%	Ecofuel	25.3 %	25%
			Grenatura	76.9 %	77%
			Stockva	69 %	69%
			Backcoman	92.1 %	92%
			Baybio	91 %	91%
			Bioneltd	95.3 %	95%
			Bridgeport	83 %	83%
			Flbiofuellc	90.7 %	91%
			Genuinebio	87.8 %	88%
			Geogreen	99.5 %	99%
			Healybio	96.6 %	97%
			Iowarenewa	96.5 %	96%
			Newleaf	81.4 %	81%

Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015

Tabla 55. Nivel de eficiencia incorporando impuesto al diesel

Rendimientos crecientes a escala

- Insumos: Empleados y capacidad de producción
- Output: Nivel de producción
- Variables de entorno: Apoyo gubernamental y políticas de gobierno cuantitativas

Las políticas de gobierno ayudan a elevar los niveles de eficiencia de unas empresas de España y de Estados Unidos, tal como: Bionorte, Delta American Fuel, LLC, GeoGreen Biofuels, Inc. y Healy Biodiesel.

Tabla 56. Estadísticas descriptivas

Empresas eficientes			Empresas ineficientes		
DMU	Efficiency	Graph	DMU	Efficiency	Graph
Combiomex	100 %	100%	Coopavi	37 %	37%
Remave	100 %	100%	Enerbio	42.6 %	43%
Bionorte	100 %	100%	Biocama	50.8 %	51%
Bioventura	100 %	100%	Biobionet	80.9 %	81%
Cfgclayton	100 %	100%	Bionor	87.4 %	87%
Community	100 %	100%	Bionergetica	43.4 %	43%
Crimsonrenew	100 %	100%	Ecofuel	27 %	27%
Deltamerican	100 %	100%	Grenatura	81.7 %	82%
Geogreen	100 %	100%	Stockva	71.6 %	72%
Healybio	100 %	100%	Backcoman	92.1 %	92%
Imperialwest	100 %	100%	Baybio	9.5 %	9%
MiddleGeorg	100 %	100%	Bioneltd	99.7 %	100%
			Bridgeport	8.6 %	9%
			Flbiofuellc	91.3 %	91%
			Genuinebio	87.8 %	88%
			Iowarenewa	96.6 %	97%
			Newleaf	81.9 %	82%

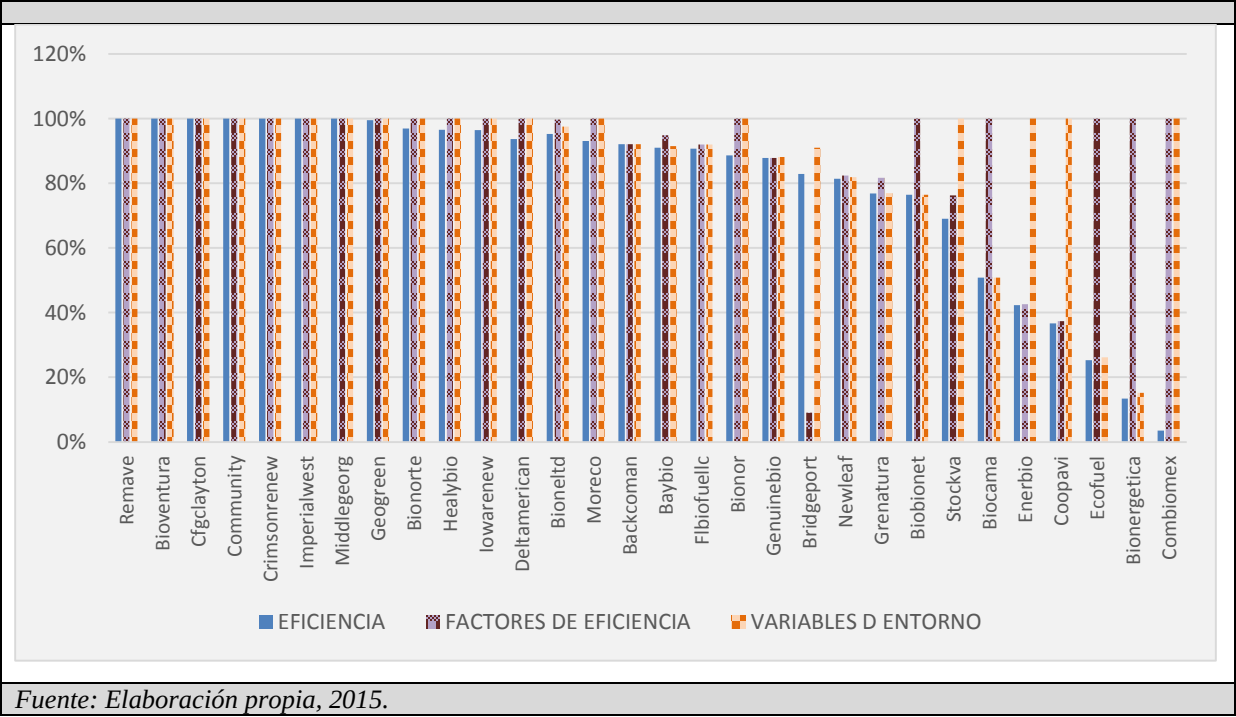
F Fuente: Elaboración propia en base a mediciones obtenidas de Data Envelopment Analysis Online, 2015-

6.6 Análisis comparativo de los niveles de eficiencia de cada etapa

El estudio comparativo de los niveles de eficiencia obtenidos en cada etapa permite comparar y determinar de que manera cada una de las variables afecta a los niveles de eficiencia de cada empresa.

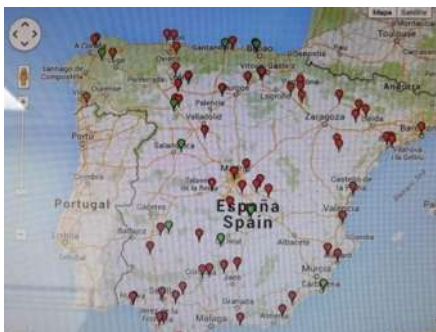
En el siguiente gráfico, la primera barra muestra los niveles de eficiencia alcanzados incorporando las variables de entrada. Las segundas muestran los factores de eficiencia y la tercera las variables de entorno. Dentro del mismo gráfico puede observarse que las variables de entorno y los factores de eficiencia elevan considerablemente los niveles de eficiencia para aquellas empresas que mantenían niveles de eficiencia inferiores al 100%. Además hay que recalcar que los niveles obtenidos son términos relativos en los cuales no se puede corroborar si los niveles de eficiencia en términos absolutos, también ha aumentado.

Ilustración 14. Niveles comparativos de eficiencia en cada etapa



6.7 Descripción de las principales empresas utilizadas como benchmarking

6.7.1 Empresas españolas productoras de biodiesel



En España las empresas se encuentran produciendo biodiesel en una proporción mucho mayor que la de bioetanol, siendo estas 36 mientras que 5 bioetanol, principalmente en la parte centro y norte del país. En su mayoría basan su producción a base de aceites vegetales vírgenes y en menor proporción de

AVU, pero en algunas regiones con un sistema de recolección bien establecida.

El biocarburantes de Argentina e Indonesia venía entrando a España a un precio mucho más barato que el del mercado, lo cual impedía competir a los productores de biocarburantes españoles. Razón por la cual España ha impuesto medidas para frenar las importaciones.

Las empresas españolas comenzaron a salir de la crisis en abril de 2012 cuando España, que importaba la mitad del biodiesel argentino, puso un freno a sus compras en represalia a la decisión del gobierno de Cristina Kirchner de expropiar el 51% de las acciones de la petrolera YPF que estaba en manos de la española Repsol. Hasta ese momento muchas empresas tuvieron que cerrar y muchas otras aún están produciendo por debajo de su capacidad.

En Argentina, la producción de biodiesel hizo su despegue en 2006 y se multiplicó por diez entre 2007 y 2012, como resultado de una inversión en infraestructura de u\$s1.000 millones en cinco años. Los principales actores son la empresa estadounidense Bunge y Cargill, Dreyfus, la suiza Glencore y las argentinas Molinos Río de la Plata y Vicentin.

Las exportaciones argentinas de biodiesel sufrieron el año pasado un fuerte freno respecto del acelerado crecimiento que mostraron durante los últimos años. De hecho, mientras que en 2011 los envíos al exterior habían crecido algo más del 23% en toneladas, de la mano de las compras españolas (+56%), italianas (+86%) y peruanas (+253%), en 2012 sufrieron una caída de -7%, principalmente debido a que Italia redujo sus compras en casi 76%, Perú compró 16% menos que en 2011 y España redujo sus pedidos en algo más del 4%.

En el mes de Abril del presente año los biocombustibles en Argentina comenzaron juicio contra Europa por las trabas al biodiesel. Ya que el bloque impuso aranceles de hasta 25% para las importaciones del biocombustible basado en soya por entender que el país incurría en dumping. La Cámara Argentina de Biocombustibles (Carbio) considera que España ha impedido de forma "arbitraria y discriminatoria" el acceso de las empresas argentinas de biodiesel al nuevo sistema de cuotas promovido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (Next Fuel, 2014).

Dentro de las políticas que el gobierno Español y la UE han establecido, se encuentran: El Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020 que establece una mezcla mínima de 5.8% de biocarburantes y la Implementación del Criterio de sustentabilidad de la Comisión Europea en el año 2013. Lo que sumado a las actuales restricciones a las importaciones, permiten la reactivación del sector de biodiesel en España.

Por otro lado el impuesto al diesel de 0.417 dólares permite también incentivar el consumo de biodiesel. Así mismo el precio al que se vende el biodiesel en España es inferior al que se vende el diesel, en aproximadamente 0.40 dólares.

Bionor Transformación, S.A.⁶³



Es uno de los principales productores españoles de biodiesel. Una empresa de tamaño mediana- grande. Inició su producción en el año 2003 filial de la empresa CIE Automotive desde al año 2008 (Biodiselspain, 2013).

Cuenta con dos plantas productivas una en el territorio Español (Barentevilla) y otra en Italia. Además cuenta con tres proyectos más en España, Guatemala y uno en Sao Paulo que podrían incrementar el nivel de producción de la empresa. Basa su producción en la Jatropha como materia prima, y en menor medida en AVU y grasas animales.

Bionor asume la política de calidad de CIE⁶⁴ Automotive, que se fundamenta en cuatro criterios: prevención, formación, revisión sistemática y mejora continua. Con el respaldo de la certificación ISO 9001 y de la norma UNE EN 14214.



La Universidad Castilla la Mancha y CIE Automotive juegan un papel muy importante en cuanto a la investigación y desarrollo de nuevos procesos y procedimientos. Ésta última

⁶³ Información recabada en: <http://www.europapress.es/economia/noticia-economia-motor-cie-automotive-formaliza-compra-149-bionor-transformacion-65-millones-euros-20090123223150.html>, http://www.cieautomotive.com/inversores/uploaded_files/infopubper/GtaVXcD_2012_cie_estados_financieros_intermedios_300612.pdf, <http://www.biodiselspain.com/2009/09/29/cie-automotive-a-traves-de-bionor-transformacion-esta-adquiriendo-empresas-de-recogida-de-aceites/>

⁶⁴ Para el año 2010, CIE Automotive se entró dentro del ranking de las 1000 empresas más inversoras en I& D. A partir del año 2010 adquirió el 49% de las acciones de la empresa. Por medio de Bionor además adquirió el 51% de las acciones de Resigras, empresa que también se dedica a la conversión de aceites vegetales y grasas animales usados en biodiesel.

empresa, que se dedica a la especialización de componentes de automoción, adquiriría más del 80% de su energía de la bioenergía, y Bionor aportaba para el año 2013 más del 15 % (Europapreess, 2013).

Para su recolección se cuenta con dos grandes empresas accionarias que son: Resigras S.L. de Madrid y Gave S.L de Madrid. Para su distribución se cuenta con tres grandes distribuidores que son: Via Oil, Global Petróleos y Vía Credit Card. Comercializando los dos primeros a particulares y el último a flotas y colectivos de transporte. En años anteriores tuvo problemas en la producción de tal manera que tuvo que aplicar una ERE de 6 meses a nuevos empleados, por lo que actualmente sólo conserva 9.

Bionorte⁶⁵

Dentro de las empresas españolas, Bionorte es una empresa de mediano tamaño que se encuentra produciendo a un 75% de su capacidad instalada; sin embargo tiene la capacidad de expandirse hasta en un triple de ser necesario. Es una empresa con solo 13 años de vida. Su producción es basada únicamente en aceites vegetales usados.

Esta empresa en sus comienzos comenzó a crecer a gran velocidad, sin embargo comenzó a tener problemas a partir del 2008 cuando comenzó la competencia de Argentina, Indonesia y Malasia, donde la producción está fuertemente incentivada por subvenciones estatales.. Para el año 2010

⁶⁵ Información recabada en :CIE Automotive, http://www.cieautomotive.com/uploaded_files/informes/cast/e6JQIfw_cie_cast_final_1.pdf, Agromeat noticias 28 Dic, 2014. <http://www.agromeat.com/45679/la-planta-de-biodiesel-de-sotrondio-logra-sobrevivir-gracias-a-las-exportaciones>.

prácticamente paralizó quedándose con 2 empleados únicamente. Actualmente cuenta con 7 empleados y su producción ha comenzado a estabilizarse.

Tiene dos líneas de producción una por lotes y otra continua ya que la composición de los aceites vegetales usados es variable dependiendo de su composición y origen. A pesar de lo corta que es la plantilla, se tiene un grupo de I & D muy activo, que se encuentra finalizando el paso de proceso por lotes a continuo de bajas presión y temperatura actualmente dado las condiciones de mercado únicamente una persona es dedicada a la investigación (Agromeat, 2014).



La empresa Isastur juega un papel muy importante en la recolección de los aceites, mientras que petroasturias en la distribución del biocombustible. La mayor parte de la producción, 80%, se exporta hacia diversos países europeos, principalmente para Alemania y Austria, ya que en el mercado nacional no puede competir con las importaciones (CIE, 2014).

6.7.2 Empresas norteamericanas productoras de biodiesel⁶⁶

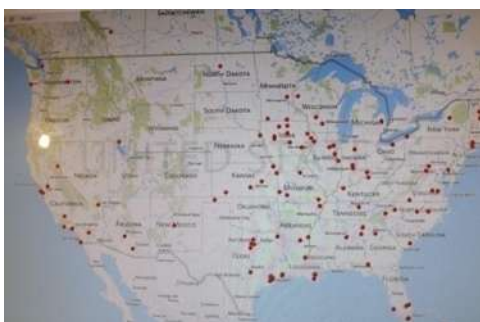
En EE UU existen diversas plantas para la producción de biodiesel basadas en diversas materias primas, entre ellas la recolección y procesamiento de grasas animales y aceites vegetales, residuos forestales, algas, y aceites vírgenes de diferentes cultivos agrícolas, las cuales se encuentran produciendo más de 40,000,000 millones de litros anualmente.

⁶⁶ Información recabada en: <http://www.actionaidusa.org/jobs/biofuels-policy-analyst>, <http://www.eia.gov/biofuels/biodiesel/production/>

Existen diversas asociaciones y organizaciones que han impulsado el sector del biodiesel, entre ellos podemos mencionar: National Biodiesel Board, La Comisión Nacional de Energía, El Departamento de Energía

Además existen diversas reglamentaciones y certificaciones de las cuales hacen uso las empresas para respaldar la calidad del biodiesel, tales como:

- Acreditación BQ- 9000, que establece los estándares necesarios para producirse con los niveles necesarios de calidad nacional.
- Certificación ASTM D6751, que incluye las especificaciones de producción, comercialización y de laboratorios necesarios para comercializarse en los EE UU.



Actualmente existen más de 100 plantas, que se encuentran distribuidas principalmente en la parte este, y en menor medida en la parte suroeste. La mayor parte de las empresas se encuentran produciendo en volúmenes superiores a las 50, 000 toneladas anuales.

Para Mayo del 2004, el departamento de Energía de los EE UU reportó 25 millones de litros más que en Abril del mismo, siendo en la región medio oeste la que produjo alrededor del 70% (com aproximadamente 94 plantas).

Para el año 2014 se tenía una capacidad de producción de 6,500 millones de litros anuales. La principal fuente de materia prima es el aceite de canola con 183.3 millones de kilos, mientras que la de grasas animales es de 428.644 millones de kilogramos en los primeros cinco meses del año 2014 (EIA, 2014).

El gobierno norteamericano ha establecido diversos programas y apoyos gubernamentales en sus tres niveles, para incentivar la producción del biodiesel y promueven y obligan a utilizar cierta cantidad de mezcla de biodiesel. Algunos Estados, principalmente California, han establecido diversos programas, entre ellos se pueden encontrar: asistencia técnica, desarrollo tecnológico, garantías para elevar la producción y competitividad, programas de educación, incentivos para uso de biodiesel en autobuses escolares y de departamentos gubernamentales, entre otros.

El precio del biodiesel en los EE UU es inferior a los establecidos en España, Costa Rica y México para biodiesel B20, pero en mezclas B99 es superior. Los impuestos al diesel tienden a variar ampliamente dependiendo del Estado del cual se hable, ya que existe un impuesto Federal, al cual se le agrega un impuesto Estatal y que es establecido por los propios gobernadores de cada Estado. El Estado de Arkansas presenta un impuesto de 0.1246, mientras que el Estado de Connecticut establece un impuesto de 0.2084 y California de 0.1914.

Biodiesel Industries of Ventura, LLC



La empresa situada en Port Hueneme, es una subsidiaria de Biodico, localizada en Santa Barbara California. Es considerada de tamaño mediana- grande que cuenta con cuatro empleados y no tiene personal directo dedicado a la investigación y desarrollo, sin embargo tiene convenios con otros organismos, así como la empresa BIODICO para estar en constante investigación.

Ha obtenido grandes garantías de la Comisión de Energía del Estado de California, para de alguna manera abastecer y tener la propia energía para la base naval de “Port Hueneme” En el mes de mayo del año 2012 obtuvo dos millones de dólares, mientras que en el mes de Abril obtuvo \$1,829,54. Estas garantías se han venido extendiendo hasta el



año 2015. La idea es llegar a los 10 millones de galones, más de 25 veces más lo que ellos consumen bajo el esquema de cultivos agrícolas acuáticos y terrestres, así como desechos de grasas animales y vegetales.

En los últimos años ha trabajado directamente con la naval de EE UU, bajo el “Acuerdo sobre investigación y Desarrollo Cooperativa” denominado CRADA por sus siglas en inglés. La empresa Biodico ha sido de importante sustento ya que esta se dedica a construir refinerías sustentables basándose en el desarrollo de sus tecnologías patentadas, desde hace 19 años, y desde hace nueve años comenzó con la producción de biodiesel. La comercialización de sus productos se ha extendido desde California hasta los Estados de Colorado, Nevada y Texas y en algunas partes de Australia.

Biodiesel Ventura se encuentra establecido en una ciudad grande que es capaz de proporcionar grandes cantidades de desechos de grasas animales y aceites vegetales. Además al ser de los Estados que tienen impuestos más altos al diesel, hace que el precio del biodiesel sea inferior, favoreciendo con ello la venta en la región del biocombustible (Biodico, 2014).

CGF Clayton LLC



Chesapeake Green Fuels es una empresa con avanzadas técnicas de conversión de biodiesel, basado en múltiples materias primas que se adecuen en sus necesidades. El mercado de esta se empresa se encuentra orientado hacia:

- Vehículos escolares, municipales y vehículos de envío
- Estaciones de gasolineras

Además la empresa distribuye Keroseno.

En un principio la empresa trató de producir el biodiesel únicamente a base de aceite de soya, pero encontraron mucho más caro que otros aceites vegetales y las grasa animales, la producción era elevada. Sin embargo los



créditos a los impuestos habían expirado y estos jugaban un papel muy importante, así mismo el aumento considerable en los precios de la soya también perjudicaron notablemente la planta.

CFG Clayton se encuentra ubicada en Delaware en una ciudad de tamaño mediano. Al tener impuestos bajos al diesel se enfrenta a precio inferior en el diesel del que mantiene el biodiesel B20 y B99 (CFG Clayton, 2014).

Community Fuels ⁶⁷

⁶⁷ Información Obtenida en: Clean Energy News <http://sjvceonews.blogspot.mx/2014/12/expanding-community-fuels.html>



Community Fuels produce biodiesel de la más alta calidad, bajo el esquema de Environmental Protection Agency (EPA), además de cumplir con los estándares ASTM y las certificaciones BQ 9000. Community Fuels es una de las grandes empresas de la parte oeste de los EE

UU.

Actualmente se encuentran trabajando en su máxima capacidad instalada. Debido a su localización es perfecta para la distribución del producto en muchos Estados de los EE UU. Cuenta con la facilidad de dos trenes transcontinentales, así como el canal profundo de Stockton y de los puertos de la Costa Oeste que conecta a los mercados de Asia Pacífico.

La forma de venta es en volumen de manera directa principalmente a la industria petrolera quienes lo mezclan directamente con el diesel, lo cual provee al consumidor de un diesel con los requerimientos necesarios. Así mismo se obtiene un subproducto que es la glicerina y que es vendida en la industria agrícola e industrial.



La empresa ha contado con numerosos reconocimientos de distintos organismos e instituciones, tales como: Community Fuels is honored to have received support and recognition from the Federal, State and local level. To date, we have been awarded grant funding through U.S.

Biodiesel magazine, <http://www.biodieselmagazine.com/articles/9471/community-fuels-awarded-4-9-million-grant-for-expansionCrunchBase>
<http://www.crunchbase.com/organization/community-fuels>, Biofuel Digest,
<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2013/12/26/community-fuels-finalizes-4-9-million-biodiesel-grant-from-california/>California
 Energy Comission <http://www.energy.ca.gov/transportation/tour/community/>

Department of Energy, EPA, California Air Resources Board, California Employment Training Panel, U.S. Department of Agriculture and California Energy Commission.

Dentro de las ventajas con las que cuenta la empresa se tienen:

- Producción avanzada comprobable
- Especificaciones superiores en la calidad
- Única tecnología
- Localización estratégica
- Capacidad de ampliación en los niveles de producción
- Ofrece créditos



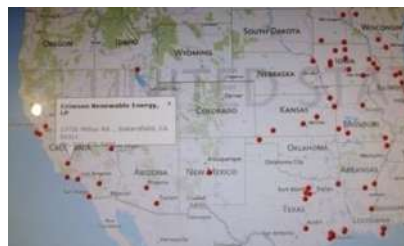
Community Fuels, además ha obtenido grandes beneficios de la Comisión de Energía de los EE UU. El año pasado obtuvo 4.9 millones de dólares para incrementar la comercialización en una mayor escala, para expandir la producción y concluir la terminal de biocombustibles. En el mes de Octubre de este año obtuvo 4.1 millones de dólares para expandir nuevamente su producción y crear una nueva terminal de biodiesel, aumentar la producción a más de 250 millones de litros anualmente. Para Así mismo se encuentra en negociación con la empresa americana American Biodiesel Inc. para poder acceder a su tecnología. Así mismo fue la primera en obtener la certificación BQ9000.

El Estado de California consume cerca del 11% (14.5 billones de galones) de lo que se consume en los EE UU, por lo cual se considera que con la expansión de la planta, esta pueda abastecer el 40% de lo que los Californianos usan en un día (1% de lo que consumen en un año). Esto no

parece tan alentador, pero existen también más plantas que continúan expandiéndose en la región y en el país.

Crimson Renewable Energy, LP⁶⁸

Crimson Renewable Energy, LP fue formado como una unidad de Crimson Resource Management Corp, como empresa independiente líder en producción de aceite y



gas. Ahora es parte de Crimson Midstream LLC, empresa que se encarga de la producción de diversos productos derivados del petróleo.



La empresa cuenta con una cadena de valor y con los estándares necesarios para distribuir el biodiesel en la región. Continuamente incorpora e incluye nuevas tecnologías y mejoras en la producción. Recolecta grasa animales y aceites vegetales usados para hacer

saber a los consumidores su compromiso. Aunque en sus inicios producía principalmente a base de soya, esto hasta el año 2009, año en que reestructura su planta, para nuevamente comenzar la producción en 2011.



⁶⁸ Fuente obtenida de: <http://www.biodiesel.org/>, Biodiesel - U.S. Department of Energy <http://www.afdc.energy.gov/altfuel/biodiesel.html>, Biodiesel Now, <http://www.biodieselnw.com/default.aspx>, http://www.bloomberg.com/article/2014-10-20/ap_JWT0r6owk.html, California Energy Commission, <http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/lcfs.htm> California ARB Low Carbon Fuel Standards, Biodiesel magazine, <http://www.biodieselmagazine.com/articles/9542/crimson-renewable-energy-wins-5m-grant-from-cec-to-expand>. Yellowpages, <http://www.yellowpages.com/coachella-ca/mip/imperial-western-products-5870580>

En este año obtuvo 5 millones de dólares de garantía de la Comisión de Energía de California, para expandir la producción de la biorrefinerías en al menos 50 000 millones de litros al año (Biodiesel Now, 2014).

El 20 de Octubre del 2014, la empresa que hasta el momento hacia uso de la propia tecnología, anunció la incorporación de la tecnología líder BDI Y Bioenergy International AG, con la finalidad de optimizar producción y con ello aumentar su capacidad de producción. Además, este ultimo permitirá una mayor eficiencia en el procesamiento de los desechos de grasas y aceites (Bloombergbusiness, 2014).

Imperial Western Products



Imperial Western Products inició en 1966 en Cochaela California como una pequeña corporación de productos agrícolas. En 1985 cambió de dueño, de padre a hijo y desde entonces se ha enfocado en la diversificación de productos y servicios relacionados con el reciclaje. Actualmente es una empresa considerada de gran tamaño.

Ahora IWP se dedica a reciclar basura para convertirlos en productos con valor agregado, y a



partir del 2000 comenzó a producir biodiesel a partir de desechos de grasas animales y aceites vegetales usados que provienen de restaurantes.

El biodiesel producido cumple con los estándares de calidad BQ9000 y en cada galón que se llena al consumidor se realizan 35 test antes de que este pueda ser empleado.

La empresa cuenta con 6 divisiones en su producción:

- Biotane Fuel Productions, para la producción de biodiesel
- Biotane Pumping división, para proveer asistencia a restaurantes sobre reciclado de aceites, grasas y alimentos.
- Enforce productos, para producir productos relacionados con llantas, como lubricantes.
- Organic Solutions, para ayudar a las compañías a reciclar todo tipo de desecho orgánico.
- Bakery solutions, para ayudar al reciclaje de desecho de las panaderías
- Enforce productos para la fabricación de contenedores de metal de varios tamaños y diseños.



Además de California cuenta con operaciones en Arizona, Nuevo México y Florida, abarcando 400 kilómetros a la redonda (Yellowpages, 2014).

Middle Georgia Biofuel⁶⁹



Middle Georgia Biofuel, es una empresa establecida en Dublin Georgia, de tamaño pequeña y de una localidad de tamaño mediano en cuanto al número de habitantes que tiene. Produce biodiesel a partir de aceites vegetales y grasas animales de desecho y de aceite de soya. La empresa además, comenzó a producir pellets de madera en el año 2014, aprovechando su ubicación estratégica para el aprovechamiento de la madera.

⁶⁹ Obtenido de: <http://albanyceo.com/news/2012/09/general-biofuels-locate-new-wood-pellet-manufacturing-plant-georgia-invest-60m/>

El nivel de impuestos al diesel con el que cuenta la empresa es de los más bajos establecidos en los Estados Unidos de 0.1464 dólares por litro. Pero aún así logra mantener el precio del biodiesel en niveles inferiores a los que se establecen en el diesel.

Dentro de las políticas y reglamentaciones establecidas por el gobierno Estatal, es de los Estados que menos cuentan con ellas en términos cuantitativos, tratándose únicamente de créditos a los impuestos y asistencia a la producción.

La energía es uno de los seis sectores identificados para el crecimiento en Georgia. Políticas para los empresarios de Georgia, la reducción de los impuestos a las empresas de energía biociencia y permisos ambientales acelerados para plantas de biocombustibles se encuentran entre algunas de las razones por qué el estado ocupa el tercer lugar en los EE UU por su futuro en la producción de energía alternativa. El estado es el número 1 en la nación para timberland comercial, con 10 millones de hectáreas de tierras agrícolas y 24,7 millones de hectáreas de tierras forestales. Georgia también tiene una establecida "de expertos" de la investigación universitaria y el desarrollo de la bioenergía, con programas de renombre mundial en la Universidad de Georgia, el Instituto de Tecnología de Georgia y la Herty Advanced Materials Development Center, un dólar de 150 millones de dólares, el centro de investigación sin fines de lucro centrado en la comercialización de biomasa (Albanyceo, 2014).

6.7.3 Empresas en México

En México la industria de biodiesel es incipiente, existen algunas plantas productoras de biodiesel, las cuales se encuentran produciendo a base de aceites vegetales de grasas animales y aceites usados y vírgenes. Existen normativas y reglamentaciones para estimular energías

alternativas, sin embargo; no existen restricciones o estímulos cuantitativos para la producción y compra del mismo.

En México el Gobierno Federal mantiene diversos apoyos para la producción de bioenergéticos, pero estos se han basado principalmente en *Jatropha* y Palma de Aceite y de acuerdo a los resultados proporcionados por el gobierno en su página de bioenergéticos, muestra los siguientes costos para la producción de manera general del biodiesel:

- A base de *Jatropha* 10^{oo}
- A base de Palma de aceite 6.9^{oo}
- Grasas animales 7.9^{oo}
- Aceites vegetales de rehúso 7.9^{oo}

Tomando en cuenta un costo por tonelada de aceite vegetal de rehúso de 4, 400^{oo} y para el caso de sebo de un precio oscilante entre 3, 500^{oo} y 5200^{oo}. Aunque en la actualidad las empresas mexicanas que producen a base de aceites usados y grasas animales, lo intercambian a base de capacitación y pláticas sobre cuidado de medio ambiente.

Renovables Maya Verde

Renovables Maya Verde es una empresa dedicada a la recolección de aceites vegetales usados y grasas animales. Desde su creación en 2010 se ha recolectado más de 600 000 litros de aceites y



grasas. Además la empresa se encarga de recolectar papel y plástico para el reciclaje en la Riviera Maya.

El aceite reciclado es obtenido de restaurantes hoteles y resorts de toda la Riviera Maya, Tulum y Cancún.

Renovables Maya Verde pone a disposición de todos biodiesel para plantas de emergencia y/o equipos de transporte que utilicen diesel, así como asesoría para incorporar el biodiesel en las plantas de producción de energía de su establecimiento.



En el año 2011 la aerolínea mexicana Aeroméxico hizo el primer vuelo transoceánico del mundo con biocombustible, colocando a México una vez más en el centro de atención con respecto a la utilización de los biocarburantes en el sector de la aviación mundial. Volando desde ciudad de México hasta Madrid.

Los principales hoteles que proveen diariamente a la empresa de aceites vegetales usados son:

Rosewood Mayakoba	Wyndham Maya	Iberostar
Sandos	Azul Fives	Wings
Sea Adventures	H10 Hotels	El dorado Royal
Secretss Mroma Beach	Banyan Tree	Azul Sensatori
The reef Playa Car Resort	Fairmont Mayakoba	Westin Laguna Mar
Villas del Palmar	Park Royal	

Además, gracias a la ubicación estratégica y el turismo, existen múltiples restaurantes y locales de comida, que abastecen de materia prima a la empresa.



CONCLUSIONES



Los biocombustibles representan oportunidades y desafíos para las naciones tanto a nivel global como doméstico. Como medio para mitigar el problema del cambio climático, aumentar y mejorar el empleo y la balanza comercial mediante exportaciones de biocombustibles si se manejan adecuadamente cada una de las variables que inciden en los niveles de eficiencia.

La presente investigación ha logrado alcanzar el objetivo de la tesis doctoral, el cuál fue determinar el nivel de eficiencia técnica relativa de empresas productoras de BAVyGA de México, en relación a las de Costa Rica, España y EE UU incorporando variables de entrada, factores de eficiencia y variables de entorno, haciendo uso del modelo DEA en sus tres etapas, con la finalidad que las diversas empresas, en particular las mexicanas ineficientes, retomen la experiencia de otras empresas consideradas como eficientes.

De este primer objetivo se derivaron y alcanzaron una serie de objetivos particulares en los cuáles lograron determinar los niveles de eficiencia relativa en cada una de las empresas que componen la muestra de los cuatro países, se observaron cuales fueron esas variables de entrada, las variables ambientales y de entorno que inciden y pueden incidir directamente en el nivel de eficiencia de cada empresa. Así como la influencia directa en cada empresa y su situación actual de cada variable dentro del nivel de eficiencia. A partir de esos determinantes se pudieron determinar diversos factores y características que indican las necesidades de mejora y ejemplos a

seguir de las empresas que son consideradas eficientes, para optimizar la producción de biodiesel (output). Los cuales se van describiendo brevemente a continuación:

Cuando se analizaron las *estadísticas descriptivas* se pudo observar una amplia variabilidad en cuanto a las variable tanto de entrada como de salida, lo que indica que se está trabajando con empresas que van desde tamaño pequeño y que apenas comienzan a crecer (mexicanas y costarricenses principalmente), hasta empresas grandes que encuentran produciendo en niveles grandes y abasteciendo una proporción considerable del mercado (estadounidenses y algunas españoles en esencia). De tal manera que tanto empresas eficientes como ineficientes pueden retomar de ejemplo de las empresas eficientes y además tratar de elevar el tamaño de la producción de las empresas.

Al determinar las variables de entrada, empleados y capacidad de producción en la **etapa inicial**. Primeramente se encontró que las empresas no se encuentran produciendo en escala de eficiencia, dada la diferencia encontrada entre la ETG y la ETP (entre la eficiencia calculada bajo RCE y bajo RVE). Por lo tanto a partir de entonces, se procedió a relizar el análisis bajo RVE, es decir contemplando los efectos de escala en la producción y, se pudieron obtener empresas eficientes, y que son las mismas contempladas como ejemplos a seguir (*benchmarking*), siendo estas las empresas norteamericanas Imperial Western, Middle Georgia, Biodiesel of Ventura LLC, y la mexicana Renovables Maya verde.

Se pudieron encontrar empresas pequeñas que actualmente se encuentran produciendo de manera eficiente en cuanto a su capacidad productiva y a su número de empleados. Sin embargo, si retomamos lo expuesto en el capítulo I, en donde se menciona que en México el residuo aproximado y en promedio de los mexicanos es de 6 litros por habitantes, vemos que muchas

empresas aún trabajando de manera eficiente pueden incrementar su producción. Por ejemplo en el caso de Renovables Maya Verde que tiene 156,310 habitantes, tiene la capacidad de recolectar más de 937 toneladas anuales más lo generado por restaurantes, hoteles y diversos establecimientos de comida rápida. Así como los residuos de grasas animales.

Imperial Western product, que es ubicada en el Estado de California, y que además tiene una filial en el Estado de Arizona, muestra el ejemplo claro a seguir de una empresa que produce biodiesel únicamente a base de desechos de grasas animales y vegetales, la cual es considerada de gran tamaño ya que supera los 100, 000 millones de toneladas anuales. Y logra cumplir con los más altos requerimientos de calidad de producción, distribución y comercialización de acuerdo a las autoridades y organizaciones norteamericanas. La empresa aprovecha el gran tamaño de la población que se tiene tanto en sus condados como en sus Estados para llevar a cabo el proceso de recolección.

Middle Georgia Biofuel, que también se encuentra dentro de las empresas eficientes a considerar como modelo, es una empresa pequeña que se ubica en Georgia, utilizando aceites vegetales y grasas animales de desecho, además aprovecha sus recursos forestales para diversificar los productos ofrecidos. Biodiesel of Ventura, LLC es una de las empresa estadounidenses de mayor crecimiento, ubicada en California. Esta empresa ha logrado aprovechar su localización estratégica para producir y comercializar el producto, además de aprovechar los apoyos que se han establecido tanto a nivel Estatal como Federal.

Renovables Maya Verde, que es una empresa mexicana de tamaño pequeño, ha logrado aprovechar su ubicación estratégica para la recolección de aceites vegetales usados y grasas animales de desecho de la zona de la Riviera Maya, Tulum y Cancún. Dada la amplia cantidad de

residuos que se producen diariamente en los hoteles y restaurantes de la región. Además de eso recolecta cartón y plástico para su posterior reciclamiento.

Al analizar los *slacks o variables de holgura*, se pudo contemplar algunas empresas que presentan excedentes en el nivel de sus empleados, comparados con las empresas eficientes, tales como es el caso de las dos empresas costarricenses, de la empresa mexicana Moreco, de la empresa Stocks Del Valles, S.A. de España y la empresa norteamericana Iowa Renewable Energy, LLC. Y un excedente notable en el nivel capacidad de producción de Bioenergética Española 2020. Lo cual indican el posible aumento en el nivel de producción si se aprovecha en su nivel máximo estas variables de entrada.

En cuanto a la incorporación de los *factores de eficiencia* que fueron: el personal dedicado a la investigación y desarrollo, el destino de la producción, las formas de comercialización, el precio del biodiesel y la gama de productos. Se puede observar un fuerte aumento en cuanto a los niveles de eficiencia de muchas empresas de los cuatro países, pero fundamentalmente españolas, así se puede observar que empresas como Bionorte y Bionor aumentan sus niveles de eficiencia. Hay que recordar que las empresas españolas, dados los problemas de masivas importaciones de producto de países como Indonesia y Argentina han tenido que exportar gran parte de su producto, y respaldarse de las grandes distribuidoras nacionales de diesel y biodiesel. Así mismo se puede contar con personal dedicado a la investigación y desarrollo del mismo. También han tenido que apoyarse de empresas que permiten distribuir sus productos y que en el caso de algunas empresas han sido parte de sus accionistas. En el caso del precio del diesel respecto al diesel se encuentra un amplio margen que permite colocar parte de productos y que actualmente dadas la protección al mercado nacional se ha permitido su estabilización de la producción.

La empresa californiana Community Fuels que cumple con las correctas normativas y requerimientos de los estándares más altos de calidad en EE UU, tiene un equipo dedicado a la investigación y desarrollo de los mismos, razón por la cual se ha hecho acreedora a diversos reconocimientos de organismos e instituciones Estatales y Federales. Además que al tener el impuesto alto al biodiesel se puede contar con un amplio margen en cuanto a la venta de diesel y biodiesel.

Además dentro de las empresas americanas productoras de biodiesel se encuentra la empresa Geogreen Biofuels, Inc. que al igual que con la empresa Community Fuels, tiene la oportunidad de aprovechar los altos impuestos al diesel, así como personal dedicado a la investigación y del desarrollo del biodiesel.

Al analizarse las **variables de holgura** se observa un excedente mínimo de personal dedicado a la investigación y desarrollo en el caso de Grupo Ecológico Natural de España y Energías Biodiegradables de Costa Rica, mientras que las demás variables muestran excedentes prácticamente nulos.

En cuanto al **peso de las variables**, es posible ver una gran importancia en todos los factores de eficiencia de las empresas españolas, mientras que en el caso de las mexicanas se observa un peso moderado en el destino de los productos y el precio del biodiesel que es bajo comparado con los demás países. En el caso de las empresas norteamericanas todas las variables tienen un gran peso dependiendo de la empresa que se trate.

Cuando se incorporan las **variables ambientales** al análisis de eficiencia, estas tienden a aumentar los niveles de eficiencia de diversas empresas de los cuatro países. Dentro de estas variables se

tiene: el impuesto al diesel, el precio del diesel, la población y las políticas y programas de apoyo existentes en las naciones.

En el caso de las empresas de Costa Rica, se puede observar que las dos empresas logran aumentar el nivel de eficiencia de sus empresas, ya que el precio que se tiene en el diesel incluyendo su impuesto lo hace superior al precio que se tiene en el biodiesel. En el caso de las empresas de México, Combiomex y Moreco también logran aprovechar la vasta población en la cual se encuentran ubicados, para llevar a cabo la recolección de sus aceites. En el caso de las empresas americanas también existen empresas que logran aumentar sus niveles de eficiencia, estas son GeoGreen Biofuels, Inc., de California y Healy Biodiesel de Kansas. Las cuales han podido aprovechar la grande población en donde se encuentran establecidos, así como las porlíticas e incentivos que han establecido los gobiernos en sus diferentes niveles.

En las ***variables de holgura se*** puede observar que, respecto a lo que están realizando las demás empresas eficientes, existe un gran excedente principalmente en la población local con la que cuenta la empresa, o dicho de otra manera. Existe población que no se está aprovechando para hacer incrementar la producción de biodiesel en diferentes empresas, tales como: Biodiesel Castilla La Mancha, Biobioet Europa. Bioenergética Española, Baker Commodities Los Angeles, BioDiesel One Ltd, Bridgeport Biodiesel, LLC, Crimson Renewable Energy, LP, Genuine Bio-Fuel Inc, y New Leaf Biofuel, LLC.

Dentro del ***peso de las variables***, el impuesto al diesel, el precio al diesel y los programas y apoyos gubernamentales son los que más peso tienen en la mayoría de las empresas, dentro de las variables ambientales.

Con estos hallazgos importantes se pudo concluir que la hipótesis general que dice que el nivel de eficiencia en la producción de las empresas productoras de BAVyGAD en las empresas de México es inferior a la encontrada en las empresas de España y EE UU, y similar a las de Costa Rica al utilizar las variables de entrada, las variables de salida, los factores de eficiencia y las variables de entorno y haciendo uso del modelo DEA, no es válida para todas las empresas mexicanas. Pero si se concluye las hipótesis particulares, en donde se concluye que de manera general los factores de eficiencia y las variables tienen la posibilidad de elevar los niveles de eficiencia de las empresas.

El análisis DEA del sector de BADGAyV, no fue una tarea fácil. El sector se encuentra en desarrollo y gran parte de las empresas principalmente de los países en desarrollo no cuentan con asociaciones ni bases de datos establecidas que permitan obtener estadísticas rápidas y confiables. Por lo cual se tiene la tarea de realizar la búsqueda en diferentes fuentes como páginas oficiales de las empresas, noticias, y algunas asociaciones y agrupaciones en torno a las empresas productoras de biodiesel.



PROPUESTA Y RECOMENDACIONES



Dadas las condiciones económicas, políticas y ambientales es necesario impulsar el subsector biocombustibles, ya que los resultados de la evaluación anterior muestran la posibilidad de lograr mayores niveles de eficiencia estableciendo ciertas propuestas de mejora. Para ello primero es necesario tomar en cuenta los problemas, tendencias y/o rasgos del sector BAVyGA que se derivaron del análisis del apartado anterior y de los datos recabados:

- Un aumento en el número y producción de empresas recolectora de desechos de grasas animales y aceites vegetales. Aunque aún sigue siendo inferior respecto a las que basan su producción en aceites vírgenes.
- Un aumento considerable en el apoyo del gobierno norteamericano para impulsar el sector biodiesel. Y en cuanto España el Estado se ha mantenido como impulsor y regulador estableciendo las medidas necesarias para ayudar y proteger el sector.
- Se muestra a EE UU como el caso el típico de las empresas que han sabido aprovechar las políticas de estímulo para el sector y sus ubicaciones estratégicas y ambientales que han permitido el crecimiento de este sector.
- Las empresas españolas han tenido que valerse del apoyo de empresas distribuidoras y el apoyo de gobierno para poder conservar el mercado nacional de biodiesel. Así, España ejemplifica el típico caso de empresas que han atravesado por problemas de competencia internacional del biodiesel, por empresas que mantienen una competencia desleal. Pero

que con apoyo de gobierno han logrado mantenerse en el mercado tanto nacional como internacional. Y que muestra un claro ejemplo a seguir en las empresas mexicanas.

- El caso de las empresas de México y Costa Rica, ejemplifican empresas pequeñas, que sin mucho apoyo de gobierno, han podido aumentar su producción gracias al aprovechamiento estratégico de sus variables ambientales y del apoyo de la sociedad por conservar el medio ambiente.

En base a los hallazgos encontrados y para concluir, a partir de lo ya desarrollado en la presente tesis doctoral, se establecen las siguientes propuestas para el caso de las empresas mexicanas:

❶ ***Establecer una gestión de política de apoyo al sector de biodiesel en México***

Ya que es necesario que se estimule al consumidor y al productor para el uso y generación de energías alternativas sustentables en todo el ciclo de vida, como es el caso de las empresas norteamericanas que se encuentran fuertemente respaldadas en este aspecto. A precios bajos del petróleo y a los niveles actuales de costes de producción, el crecimiento de los biocombustibles necesita políticas de promoción frente a los combustibles derivados del petróleo. Por ejemplo la internalización de los costes de las emisiones de los vehículos que usen combustibles derivados del petróleo aliviaría la carga para los gobiernos. También el uso por ejemplo de los estímulos fiscales, como son las exenciones (parciales o totales) en los impuestos, Uso mínimo en vehículos escolares y de gobierno, entre otras.

❷ ***Implementar una estrategia de manejo y recolección de residuos***

Ya que es necesario incrementar la recolección de desechos, aprovechando la población de la región en cada una de las empresas mexicanas y de la ubicación estratégica de turismo como es el caso de Renovables Maya Verde y además, retomando ejemplo de algunas empresas como Bionor transformación S.A. que se apoya de Resigras y Gave. O el caso de Bionorte que se apoya de Isastur, en donde es el gobierno español el que habilita centros de acopio en lugares estratégicos para cada segmento de la población. Esto puede establecerse tanto por el gobierno, como por las empresas o asociaciones productoras.

❶ ***Establecer normas técnicas que contengan estándares de calidad ambiental***

El fijar la composición del biodiesel es importante ya que estos indican tanto a productores como a consumidores cuáles son los combustibles que realmente son producidos bajo un esquema sustentable en todo el ciclo de vida del producto, alentando la producción de BAVyGAD. Esto puede lograrse con la implementación y/o elaboración de un sistema de certificación y de regulación, que sea acorde a las nuevas condicionantes de los mercados internacionales, mediante asociaciones u organismos nacionales.

❷ ***Promover y vincular la comercialización y distribución del biodiesel en México***

Esto puede lograrse mediante los distribuidores de diesel, así como de instituciones de gobierno y educativas, tal como lo hacen algunas empresas de España (Bionor) y la mayoría de las empresas de EE UU. Como medio de fomento para la recolección se puede establecer también un máximo de nivel a cambio la aportación de un determinado volumen de desecho. Además pueden establecerse acuerdos voluntarios con los suministradores, con la finalidad de lograr una mayor penetración en el mercado.

❶ ***Gestionar la mezcla mínima de combustibles en México***

Esto es muy importante, ya que como se analizó las políticas con carácter obligatorio han permitido el desarrollo en otras naciones como EE UU y España, de tal manera que establecer una mezcla mínima implica un consumo mínimo de la producción existente. Así mismo es necesaria la penalización por incumplimiento, tal como sucede en el caso de EE UU en algunos casos en los dos niveles, o el caso de España donde se establece una mezcla mínima y una sanción por incumplimiento.

❷ ***Crear y/o gestionar centro de investigación y desarrollo tecnológico***

Es necesario crear más centros de investigación y desarrollo tecnológico para la producción del biodiesel tanto de instituciones gubernamentales como educativas, que permita crear normativas, estándares y avances en calidad a nivel nacional e internacional, como es el caso del National Biodiesel Board, en EE UU.

❸ ***Promover en las empresas mexicanas una base de datos actualizada***

Esto es importante ya que un buen desarrollo del sector debe de contar con datos básicos, que permita dar a conocer a personas e investigadores información relevante tales como: producción, empleados, apoyos, etc. Lo cual permite generar mejores estrategias tanto a nivel empresa como subsector.

❹ ***Promover la investigación***

Esto con la finalidad de aprovechar aquellas fortalezas que cada empresa tenga respecto al resto, como en el caso de Biodiesel Industries of Ventura, Community Fuels y Renovables Maya Verde,

que aprovechan su ubicación geográfica tanto para recolectar aceites vegetales como para distribuirlos. O el caso de las empresas californianas que aprovechan sus grandes poblaciones para la recolección de los residuos. Esto permite difundir ideas, propuestas y avances científicos en materia de biocombustibles.

❶ ***Diseñar métodos de evaluación de efectividad y costes de las políticas y las certificaciones***

Esto es muy importante para determinar una efectiva aplicación y uso de las políticas y certificaciones, y evitar un mal manejo o negocio de estas últimas. Para su logro es necesario crear instituciones que las supervisen constantemente y con métodos y criterios adecuados. En la actualidad, los estudiosos y los gestores de la política disponen de estándares metodológicos coherentes y adecuados para la evaluación de las políticas de promoción de los biocombustibles. La medición sistemática y bajo una propuesta metodológica alternativa clara y robusta, genera la posibilidad de que el sistema de biodiesel en México establezca mecanismos claros de impulso al sector.

Después de los comentarios anteriores es interesante mencionar algunas líneas de investigación que pueden profundizarse a partir de la presente investigación, como puede ser el estudio y aplicación de los siguientes temas:

- ❶ Análisis a profundidad de las empresas altamente eficientes y en especial de las empresas de gran tamaño.

- Medición de eficiencia con metodologías alternativas y/ programas alternativos para contrastar los resultados.
- Estudios comparativos de eficiencia con empresas productoras a partir de insumos no considerados desechos, que permitan llevar a cabo un análisis comparativo entre estos dos tipos de empresas.



REFERENCIAS



- Acaroglu, M.& Aydogan, H. (2011, Noviembre 8). Biofuels Energy Sources and Future of Biofuels Energy in Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 36, pp. 69 – 76. doi:10.1016/j.biombioe.2011.10.004.
- Andersen, M. (2003). *¿Es la certificación algo para mi?* San José, Costa Rica: FAO. Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/ad818s/ad818s00.pdf>
- Annie, D. (2006, Septiembre 2). *Producción y Comercio de Biocombustibles y Desarrollo Sustentable: Los Grandes Temas*. Londres, Inglaterra: Instituto Internacional para el Medio Ambiente y Desarrollo. Recuperado de <http://www.iied-al.org>.
- AOP (2007, Noviembre). *Eficiencia Seguridad y Sostenibilidad: Requerimientos para la introducción de los biocarburantes*. España: Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos.
- Araya, C. (2010). El sistema Tributario Costarricense, Análisis y contribuciones para su reforma. *Redalyc*, XI(20), pp. 2215-2458. ISBN: 2215-2458
- Araya, M. & Valenzuela N. (2009). Metodo de Selección de Variables para mejorar la Discriminación en el Análisis de Eficiencia Aplicando Modelos DEA. *Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad de Talca*. 8(2), ISBN: 0718- 8307.

- Aristegui, J. (2009, Julio). Los biocombustibles desde la Perspectiva del Comercio Internacional y del Derecho de la Organización Mundial del Comercio. *Revista de Derecho*, XXII(1), pp. 113-134.
- Arzubi, A., & Berbel, J. (2002). Determinación de los índices de Eficiencia DEA en las Exportaciones Lecheras en Buenos Aires. *Economía Sociológica y Políticas Agrarias*. Escuela Tecnológica Superior de Ingenieros Agronomos y Montes, 17(2), pp.103- 123.
- Banse, M., Meijl, H., & Tabeau, A. (2010, Octubre 2). Impact of EU Biofuel Policies on World Agricultural Production and Land Use. *Biomass and Bioenergy* , pp. 2385 - 2390.
- Barde, P. (2005). Política Fiscal y Medio Ambiente. En Reformas Tributarias en países de la OCDE (pp. 106- 126). Santiago de Chile: Política Fiscal y Medio Ambiente. CEPAL.
- Bell, R., Silalertruksa, T., & Gheewala, H. (2010, Noviembre 24). The Net Cost of the Biofuel in Thailand: An Economic Analysis. *Energy Policy*, 39, pp. 834- 843. doi:10.1016/j.enpol.2010.11.002.
- Bellarby, J., Wattenbach, M., & Gill, T. (2010, Julio 23). The Potential Distribution of Bioenergy Crops in the UK Under the Present and the Future Climate. *Biomass and Energy* , pp. 1935-1945, doi: 10.1016/j.biombioe.2010.08.009.
- Berndes, G., Hansson, J., Egeskog, A., & Johnsson, F. (2009, Agosto 8). Strategies for 2nd Generation Biofuels in EU – Co-firing to Stimulate Feedstock Supply Development and Process Integration to Improve Energy Efficiency and Economic Competitiveness. *Biomass and Bioenergy*, 34, pp. 227–236, doi:10.1016/j.biombioe.2009.07.007
- Birur, K., Dileep, B., Thomas, H., & Wallance, T. (2009). The biofuels boom: Implications for world food Markets. En *The Food Economy: The global Issues and Challenges*. (pp. 61-76). Netherlands: Wageningen Academics.

- Braathen, A. (2002). Diseño y Efectividad de los Instrumentos Fiscales Relacionados con el Medio Ambiente en los países de la OCDE. En *Impuestos Ambientales: Lecciones en países de la OCDE y Experiencias en México* (pp. 41- 58). México, D.F.: INE.
- Briones, G. (2006). *Métodos y técnicas de Investigación para las Ciencias Sociales* (4ª ed.). México, D.F., México: Trillas.
- Bourgeon, J. &Treguer, D. (2010, Abril 1). Killing Two Birds with one Stone: US and EU Biofuel Programmes.*European Review of Agricultural Economics*, 37(3), pp. 369- 394. doi: 10.1093/erae/jbq025.
- CAP (2008). *Situación del Sector Biocarburantes en Andalucía: Perspectvas y Desarrollo*. Andalucía, España: Junta de Andalucía, Consejería para la Agricultura y la Pesca. ISBN: SE-645-08.
- CAR/PL. (2001, Febrero). *Posibilidades de Reciclaje y Aprovechamiento de Aceites Usados: Producción Limpia*. Barcelona: Centro de Estudios Regionales para la Producción Limpia.
- Carbajal, M. & Chang (2011). *Medición de Productividad y Eficiencia de los Puertos Regionales del Perú: UN Enfoque no Paramétrico*. Lima, Perú: Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES). Recuperado de http://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/medicion_de_productividad_y_eficiencia_de_los_puertos_0.pdf.
- Carey, D. (2010, Octubre 22). Implementing Cost-Effective Policies in the United States to Mitigate Climate Change. *OCDE, Economics Department*, 807, pp.1-38. doi: 10.1787/5km5zrs4kc6l-en.

- Carranza, L. (2011). *La creación de un Impuesto con Efectos Ambientales en el Estado de Veracruz*. Jalapa, Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Carriquiry, M., Xiaodong, D., & Timilsina, G. (2011, Mayo 6). Second Generation Biofuels: Economics and Policies. *Energy Policy*, 39, pp. 4222-4234. doi:10.1016/j.enpol.2011.04.036).
- Case, K. E., & Fair, R. C. (2001). *Principios de Microeconomía (4ª ed.)*. Mexico, D.F.: Prentice Hall.
- Cassasola, I., Cortés, I., & Muñoz, C. (2010). *Elementos de sustentabilidad en la producción de biocombustibles: La certificación como instrumentos de política ambiental*. México: INEC.
- Castillo, S., & Lozano, Y. (2009, Mayo). Viabilidad de los Biocombustibles: Bioetanol y Biodiesel. Castilla: Universidad de Castilla- La Mancha.
- CCOO (2011). Evolución del Sistema Tributario en España: Propuestas en Materia de Política Fiscal. *Cuadernos de Información Sindical* .
- CEFP. (Marzo de 2013). Impuesto al Valor Agregado. Importancia de la Recaudación Fiscal entre los países miembros de la OCDE. *Notacefp*.
- CEPAL. (2003). *Energía y Desarrollo Sustentable en America Latina y el Caribe: Guía para la Formulación de Políticas Energéticas* (Primera ed.). Santiago de Chile: CEPAL.
- Chang, V. & Navarro, M. (2011). *Medición de Productividad y Eficiencia de los Puertos Regionales del Perú: Un enfoque no Paramétrico*. Lima, Perú: Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES). Recuperado de http://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/medicion_de_productividad_y_eficiencia_de_los_puertos_0.pdf

- Chavez, M. (2012). Cadena de Valor, Estrategias Genéricas y Competitividad: El caso de los productores de café orgánico del municipio de Tenetze de Zaragoza. (Tesis de Maestría) *Oaxaca*. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Oaxaca de Juárez, Oaxaca
- Cline, H. (2010, Junio 20). Future California Biofuels Production Gains Traction. *Western Farm*. 32.
- CNE. (2012, Marzo 8). *Análisis comparativo de los sistemas nacionales de sostenibilidad de los biocombustibles y bioliquidos en la UE*. España: Comisión Nacional de Energía. Recuperado de http://energia.cnmc.es/cne/doc/publicaciones/cne08_12.pdf
- CMMAD (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro Futuro Común*. 1987. España: Alianza Editorial. Pp. 21 -45.
- CRIMSON. (Noviembre de 2013). *Crimson Renewable Energy, LP*. Obtenido de www.Crimsonrenewable.com/news.php
- Coyle, W. (2007). The Future of Biofuel: A Global Perspective. *Feature. USDA*, 5(5), pp. 24-29.
- CSCO. (2011, Octubre). Evolución del Sistema Tributario en España: Propuesta en Materia de Política Fiscal. 26 Madrid, España: Confederación Sindical de Comisiones Obreras.
- Dale, V., Kline, K., Wright, L., Perlack, R., Downing, M., & Graham, R. (2011, Junio). Interactions Among Bioenergy Feedstock Choices, Landscape Dynamics, and Land Use. *Ecological Applications*, 21 (4,) pp. 1039–1054.
- Devereaux, C., & Lee, H. (2009, Junio). *Biofuels and certification. Massachusetts: Harvard Kennedy School*, Trabajo de discusión 2009-07, presentado por el Belfer Center for Science and International Affairs. Recuperado de

<http://belfercenter.ksg.harvard.edu/files/Biofuels%20and%20Certification%20Harvard%20Workshop%20Report%2009%20web.pdf>

Dauvergne, P., & Neville, K. (2011, Septiembre 23). Forests, Food, and Fuel in the Tropics: The Uneven Social and Ecological Consequences of the Emerging Political Economy of Biofuels. *Journal of Peasant Studies*, 37(4), pp. 631–660.

David C., S. (2011). *Reports form the 2010 ESA Annual Meeting*. Ecological Society of America.

Davis, S., Parton, W., & Keogh, C. (2012, Marzo). Impact of Second- generation Biofuel Agriculture on Greenhouse-gas Emissions in the Corn- Growing regions of the US. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 10(2), pp. 69–74.

Delshad, A., Raymond, L., Sawicki, V., & Wegener, D. (2011, Marzo 11). Public Attitudes Toward Political and Technological Options for Biofuels. *Energy Policy*, 38, pp.3414–3425. doi:10.1016/j.enpol.2010.02.015.

Demiral, I., Eryaz, A., & Sensoz, S. (2011, Noviembre 17). Bio-oil Production from Pyrolysis of Corncob (Zea mays L.). *Biomass and Bioenergy*, 36. doi: 10.1016/j.biombioe.2011.10.045, 43 - 49.

Demirbas, A. (2011, Agosto 17). Competitive Liquid Biofuels From Biomass. *Applied Energy*, 88, pp.17-28. doi:10.1016/j.apenergy.2010.07.01.

Dermont, H., & Bruce, B. (2009, Marzo). *Biofuel: Potential Production Capacity, Effects on Grain and Livestock Sectors, and Implications for Food Prices and Consumers*. Documento de discusión presentado por el Center for Agricultural and Rural

- Development, Iowa State University. Recuperado de <http://www.card.iastate.edu/publications/dbs/pdffiles/09wp487.pdf>
- Deutschland, W. (2013, Noviembre). *Comparative Analysis of Certification Schemes for Biomass used for the Production of biofuel*. Düsseldorf, Alemania: German Federal Ministre of Food, Agriculture and Consumer Protection. Doi:12NR201 / 22020112.
- DOE (2009). *Washington World Production Potential Understanding: The Challenges to Meeting the US Renewable Fuel Standar*. Washington. US: Department of Energy.
- DOE. (Jilio, 2014). *Clean Cities: Alternative Fuel Prices*. Energy Efficiency & Renewable Energy. US Department of Energy.
- Dorantes, J. (2008, Septiembre). *Las Energías Renovables y la Seguridad Energética Nacional*. México, D.F.: AI México. Recuperado de: <http://www.ai.org.mx/ai/archivos/coloquios/5/Las%20Energias%20Renovables%20y%20la%20Seguridad%20Energetica%20Nacional.pdf>
- Dourojeanni, A. (1999, Julio). *La dinámica del desarrollo sustentable y sostenible. Presentado en el XV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*. Venezuela: CEPAL.
- Duffey, A. (2006, Septiembre). *Producción y comercio de biocombustibles y desarrollo sustentable: los grandes temas*, Instituto Internacional para el Medio Ambiente y Desarrollo. Londres: El Instituto Internacional para el Medio Ambiente y Desarrollo. Recuperado de <http://pubs.iied.org/pdfs/15504SIIED.pdf>
- Early, J., & Mc Keown, A. (2009, Enero). *Smart Choices for Biofuel*. Washington, D.C.: World Watch Institute & Sierra Club.

- EGADE, B. S. (2014). *Energías renovables para la competitividad en México*. Instituto Global para la Sostenibilidad. Recuperado de http://static1.squarespace.com/static/54fe1c8ce4b0471d2f7400cd/t/54ff9856e4b0dd225d6fb098/1426036822946/Factsheet_IGS_2015-ESP.pdf
- Elberhi, A., & Lui, P. (2013). *Biofuels and the Sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks*. Roma, Italia: FAO. ISBN 978-92-5-107414-5.
- Ericsson, K., & Nilsson, L. (2004). International biofuel trade—A study of the Swedish import. *Biomass and Bioenergy*, 26, pp.205 – 220. doi:10.1016/S0961-9534(03)00122-3.
- Este país. (2008). *Indicadores del sector Energético en México*. México, D.F.: Este país.
- FAO, O. (s.f.). *Perspectivas Agrícolas 2011-2020*. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-es
- FAO, O. (2010). *Perspectivas Agrícolas 2011-2020*. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-es
- Fernández, M. (Agosto, 2003). *Los biocombustibles como fuente de energía renovable: evolución de su tratamiento fiscal en la UE y España*. Anales de Mecánica y electricidad Madrid, España. , pp. 5-60.
- Fernández, Y., & Flores, R. (2005). Aplicación del Modelo DEA en la Gestión Pública. Un análisis de la Eficiencia de las Capitales de Provincias Españolas. *Universidad de León*.
- Findlater, M., & Kandlikar, M. (2011, Abril 8). Land use and Second-generation Biofuel Feedstocks: The unconsidered Impacts of Jatropha Biodiesel in Rajasthan, India. *Energy Policy* , 29(6) pp. 3404–3413, doi:10.1016/j.enpol.2011.03.037.

- Furtado, A. (2009, Abril). *Biocombustibles y Comercio Internacional: Una perspectiva Latinoamericana*. Unidad de Recursos Naturales y Energía de la División de Recursos Naturales e Infraestructura. Documento presentado en el marco del proyecto “Modernization of the State, productive development and sustainable use of natural resources” Santiago de Chile: CEPAL.
- Galacho, C. (2010). La Medida de la Eficiencia Técnica de los Gupos de investigación del Área de Economía de la Universidad de Málaga. *Cuaderno de Ciencias Económicas y Empresariales*, 32.
- Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: un enfoque sistemático. *Medio Ambiente y Desarrollo*, 63. Recuperado de: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5763/S033120_es.pdf?sequence=1.
- García, M. & Rosales, V. (2010, Octubre 1). Justice & Economy: Evaluating Judicial Efficiency in Andalusia. *Indred*, Vol. 4, Recuperado en: <http://ssrn.com/abstract=1738227>.
- Gardner, B., & Tyner, W. (2007). Explorations in Biofuels Economics, Policy, and History: Introduction to the Special Issue. *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, 5, pp.1-8.
- German, L., Schoneveld, G., & Pacheco, P. (2011). The Social and Environmental Impacts of Biofuel Feedstock Cultivation: Evidence from Multi-Site Research in the Forest Frontier. *Ecology and Society*, 16(3), pp. 24- 28.
- Gimenez, V. (2003). Un modelo FDH para la Medida de la Eficiencia en Costes de los Departamentos Universitarios. *Revista de Economía Pública*, 168.

- Gómez, J. (2012, Mayo). *Eficiencia y Diversificación: Sector de Caja de Ahorros* (Tesis de Doctorado). Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Murcia. Murcia, España. Recuperado de https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/28510/1/Eficiencia%20y%20Diversificaci%C3%B3n.%20Autor_Juan%20C%C3%A1ndido%20G%C3%B3mez%20Gallego.pdf
- González, F., & Álvarez, P. &. (2001). Análisis no Paramétrico de Eficiencia en Explotaciones Lecheras. Oviedo, España: *Departamento de Economía, Universidad de Oviedo*.
- González, M., & Valdés, N. (2009, Abril 8). Método de Selección de Variables para Mejorar la discriminación en el Análisis de Eficiencia Aplicando modelos DEA. *Ingeniería Industrial*, 2, pp. 45-56.
- Groom, M., Gray, E., & Townsend, P. (17 de Noviembre de 2008). Biofuels and Biodiversity: Principles for Creating Better Policies for Biofuel Production. *Conservation Biology*, Vol.22(3), pp. 602-609.
- Guerrero, R. & Marrero, G. (2010). Biocombustible Líquidos: Sistema Actual y Oportunidades. *Fundación Ideas Progreso*, 19.
- Gutiérrez, R.(2013). Se Acabaron los Subsidios a la Gasolina y el Diesel: El precio en México. *Departamento de Economía de la UNAM*. Recuperado de <http://petroquimex.com/wp-content/uploads/2013/03/Subsidios-gasolina.pdf>
- Groom, M., Gray, E., & Townsend, P. (2008, Noviembre 13). Biofuels and Biodiversity: Principles for Creating Better Policies for Biofuel Production. *Conservation Biology*, 22, 3, pp. 602-609. doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00879.x.

- Gutiérrez, E. (2007, Diciembre). De la Teoría del Desarrollo al Desarrollo Sustentable. *Trayectorias*, 9(25), pp. 21- 35. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/607/60715120006.pdf>.
- Guzman, I. (2005,). *Predicción de Resultados Empresariales Versus Medidas no Paramétricas de Eficiencia Técnica: Evidencia para Pyme de la Región de Murcia*. Trabajo presentado en VII Reunión de Economía Mundial, Cartagena. España. Recuperado de <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/handle/10317/856>
- Halkos, E., Nickolaos, T., & Stravos, A. (2010). An Application of Statistical Interference in DEA Models: An Analysis of Public Owned University Departments Efficiency. *Department of Economics, University of Thessaly* 17, pp. 547- 612. ISSN 2031-4892.
- Heinimo, J. (2008). Methodological Aspects on International Biofuels Trade: International Streams and Trade of Solid and Liquid Biofuels in Finland. *Biomass and Bioenergy*, 32., pp. 702 – 716, doi:10.1016/j.biombioe.2008.01.003
- Hernández, R., Collado, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación (5a ed.). México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Herrera, P., & Francke, P. (2007, Febrero). Un análisis de la Eficiencia del Gasto Municipal y sus Determinantes. *CIES, Pontifica Universidad Católica del Perú* .
- Hertel, W., & Beckman, J. (2011, Febrero). Commodity Price Volatility in the Biofuel Era: and Examination of the Linkage Between Energy and Agricultural Markets. *Biomass and Energy*, 16824, pp. 278- 289, Recuperado de <http://www.nber.org/papers/w16824>.
- Hirtz, B. (2010, Febrero 3). Aceite usado, Una Contaminación que se puede evitar.

- IDAE. (2011). Plan de Energías Renovables 2011- 2020.. Madrid, España: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.
- IEA. (2006). Energy Technologies Perspectives. Paris, Francia: OECD.
- IFQC (2006, Abril).Market and Publicy Developments Quality, Standars & Handling.Metanol Institute.
- Infante, A. (2010). Bioenergía para el Desarrollo Sostenible: Políticas Públicas sobre Biocombustibles y su Relación con la Seguridad Alimentaria en Colombia. Roma , Italia: FAO.
- ISO. (2004). Norma Internacioal: Sistemas de Gestión ambiental, requisitos con orientación para su uso. Ginebra, Suiza: ISO.
- J., R., J., L., M., O., & H., M. (2011, Diciembre). Ethanol Production Under Endogenous Crop Prices: Theoretical Analysis and Application to Barley. *Biomass and Bioenergy* , 35(12), pp. 4788 - 4796.
- Jassen, R., & Damian, R. D. (2011, Enero 25). Sustainability of biofuels in Latin America: Risks and opportunities. *Energy Policy*, 39(10), pp. 5717–5725. doi:10.1016/j.enpol.2011.01.047.
- Jimenez, M. (2010). La Reforma Tributaria Posible en Costa Rica. *Ciencias Económicas*, 28(2). doi: 0252-9521.
- Junta de Andalucía (2008). *Situación del sector de biocarburantes en Andalucía y perspectivas de desarrollo*. Andalucía, España: Junta de Andalucía. Recuperado de <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galer>

ias/galeriaDescargas/cap/servicio-estadisticas/Estudios-e-

informes/historico/metodologia-y-documentos-de-apoyo/sector_bio_andalucia.pdf

- Keney, R., & Hertel, T. (2009, Noviembre). The indirect Land Use of United States Biofuel Policies: The importance of Acreage, Yields and Bilateral Trade Responses. *American Agricultural Economics*, 91, pp. 895–909, doi: 10.1111/j.1467-8276.2009.01308.x.
- Kerlinger, F. & Lee, H. (2002). Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en Ciencias Sociales (4ª ed.). D.F., México: McGraw-Hill.
- Lamers, P., Hamelinck, C., Faaij, A., & Junginger, M. (2011, Enero 30). International Bioenergy Trade—A Review of Past Developments in the Liquid Biofuel Market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), pp. 2655– 2676, doi:10.1016/j.rser.2011.01.022.
- Lankoski, J. (2010, Diciembre 21). Biofuel Policies and the Environment: Do Climate Benefits Warrant Increased Production from Biofuel Feedstocks? *Ecological Economics*, 70 (4), pp. 676–687, doi:10.1016/j.ecolecon.2010.11.002.
- Lattanzi, G. (2004). Descripción de las Políticas de Estímulo al Uso de Biocombustibles. *Departamento de Capacitación y Desarrollo de Mercado, Bolsa de Comercio de Rosario*.
- Larson, V. (2010). *Impuestos y Recaudación en los Estados Unidos*.
- Lehtonen, M. (29 de Mayo de 2011). Social Sustainability of the Brazilian Bioethanol: Power Relations in a Centre-periphery Perspective. *Biomass and Bioenergy*, Vol. XXXV, 2425-2434.
- Lobato, V. (2010). Aportes a la discusión sobre la sustentabilidad y la certificación de los biocombustibles. Montevideo, Uruguay: Centro Latino Americano de Ecología Social.

- López, J. (2008, Diciembre). *El crecimiento Económico sostenible de comunidades Agrícolas a Través de los Biocombustibles*. Recuperado de CISS, Grupo Wolkers: www.ciss.es.
- López, J., Henao, S., Morales, M. (2007, Diciembre). Aplicación de la técnica dea (data envelopment analysis) en la Determinación de eficiencia de centros de costos de producción. *Scientia and technica, Universidad Tecnológica de Pereira*. 37(7).ISSN 0122- 1701
- .
- Machin, T. (2008). Grandes Retos de la Política Tributaria Costarricense. *Contraloría General de la República* .
- Maldonado, M. (2008, Diciembre). Una Aproximación a la Eficiencia Técnica del Gasto Público en Educación en las Regiones de Perú. *Consortion de Investigación Económica y Social*.
- Montiel, J. (2010, Abril). Potencial y Riesgo de los Bioenergéticos en México. *Red de Revistas Científicas de América Latina, Estudios de Economía Aplicada*, 6(1), pp. 57- 62, ISSN: 1665-0441.
- Marquéz, A., Moñoa, B. (Abril, 2010). Sistemas de Gestión Ambiental. Instituto Sindical de Trabajo Ambiente y Salud (ISTAS). CCOO. Edición Paralelo. M-26349-2010
- Martínez, B. (2012). El Reto de los Impuestos Ambientales a los combustibles en México. *Shared Ink Editions*
- Metanol Institute. (2008). A Biodiesel Primer: Market & Policy Policy Developments Quality, Standards & Handling. (3ªed.). Bruselas, Bélgica: Metanol Institute & International Fuel Quality Center.

- Miranda, F., Chamorro, A., & Rubio, S. (2010). Clarificando el concepto de Certificación: El caso español. *Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Extremadura*, pp. 2-3.
- Montes, R. (2010). Los Biocombustibles en la Política Energética Europea: los Retos de la Estrategia Energética Europea para el año 2020. *Estudios de Progreso, Fundación Alternativas*. 55. ISBN: 978-84-92957-43-9
- Moreno, E., Vidal, J., Morgan, C., Espinosa, M., & Roblero, I. (2012, Junio). Aceites Reciclados de Cocina como Materia Prima de Próxima Generación para la Obtención de Biodiesel en Chiapas. *Concyteg*. 85(7), pp. 895- 910. ISSN:2007-2716
- Mora, J. (2009, Junio 25). Federalismo Fiscal en los Estados Unidos de América. *Puntos Finos*, 67, pp. 67-71. Recuperado de http://www.dofiscal.net/pdf/doctrina/D_DPF_RV_2009_167-A10.pdf
- Moreno, G. & Mendoza, P. (2002). *Lecciones en Países de la OCDE y Experiencias en México*. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.: SEMARNAT. ISBN: 968-817-556-0
- Muñoz, L., & Hilbert, J. (2012). *Biocombustibles: El avance de la certificación de las Sustentabilidad en la Argentina*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA.
- NBB. (2011). *BQ- 000. Quality Management System Producer Requirements*. Jefferson, U.S.A.: National Biodiesel Board.

- Nebel, B. & Wright, R. (1999). *Ciencias Ambientales: Ecología y Desarrollo Sostenible*. (6^ºed.). México: Prentice Hall.
- Núñez, M., Díaz, L., & Martínez, C. (2004). Estudio de la Eficiencia de las Empresas de la Cadena de la Madera en la Comunidad de Madrid. *Cuaderno de Ciencias Sociales de España*, 18(1), pp. 115- 120.
- Núñez, M. & Perez, S. (2013, Febrero). Un modelo no paramétrico de evaluación de la eficiencia y la gestión de las redes Sociales Virtuales: Una aplicación a las Empresas del Sector Telecomunicaciones en España El Caribe, España y Portugal. *Red de Revistas Científicas de América Latina, Estudios de Economía Aplicada*, 31(2), pp. 597- 620. ISSN: 1133-3197
- OCDE. (2013). *Evaluaciones sobre el Desempeño Ambiental en México*. OCDE. Recuperado de <http://www.oecd.org/fr/env/examens-pays/EPR%20Highlights%20MEXICO%202013%20ESP.pdf>
- OCDE-FAO. (2010). *Perspectivas Agrícolas 2010-2019*. OCDE-FAO. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-es
- OIEA (2008, Julio). *Indicadores Energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías*. Viena, Austria: Departamento de Asuntos Económicos de y Sociales de las Naciones Unidas.
- OLADE & CEPAL (2003, Diciembre). *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Guía para la formulación de políticas energéticas*. (1^aed.). Santiago de Chile: CEPAL, pp. 11- 56. Recuperado de: <http://www.cepal.org/drni/proyectos/energ%C3%ADa/Manualespanol.pdf>

- Palomares, R., Martínez, M., & Carrasco, F. (2006). Análisis de Eficiencia con variables de Entorno: Un método de Programas con Tres Etapas. *Red de Revistas Científicas de América Latina*, 24 (1), pp. 477- 497. Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=3011179019>.
- Palomares, R. (2012). Análisis de Eficiencia con Variables Exógenas Categóricas. Un Estudio Monte Carlo para Contrarrestar un Nuevo Método. *Grupo de eficiencia y Porductividad Efiuco* .
- Partzsch, L. (2010, Septiembre 10). The Legitimacy of Biofuel certiication. *Springe Science Business*, 28(3) , pp. 413–425, doi: 10.1007/s10460-009-9235-4.
- Pastor, J. (1995, Junio). *Eficiencia, Cambio Productivo y Cambio Técnico en los Bancos y Cajas de Ahorro Españolas: Un Análisis de Frontera No Paramétrico*. Ponencia presentada en el VII congreso de Asociación Científica Europea de Científicos de Economía Aplicada *Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas*, ISBN: 84-482-1023-9. Recuperado de http://aeaa.webs.upv.es/aeaa/ficheros/congresos/congresoAlbacete2007/ACTAS_VI_CE A-AEEA.pdf
- Pierri, N. (2005, Julio). *Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el Desarrollo Sostenible*. Colección América Latina y Nuevo Orden Mundial. (1ª ed.). D.F., México: Universidad Autónoma de Zacatecas & Miguel Angel Porrúa.
- Pistonesi, H., Nadal, G., Bravo, V., & Bouille, D. (2008, Marzo). *Aporte de los Biocombustibes a la Sustentabilidad del Desarrollo en América Latina y el Caribe: Elementos para la Formulación de Políticas Públicas*. Santiago de Chile: CEPAL.

- Queiroz A., G., Franc a, L., & Ponte X., M. (Diciembre, 2011). The Life Cycle Assessment of Biodiesel from Palm Oil (“dende ~”) in the Amazon. *Biomass and Bioenergy*, pp.50-59.
- Raja, I. (2009). Predicción de Resultados Empresariales versus medidas no paramétricas de eficiencia técnica: Evidencia para Pymesde la Región de Murcia. *Universidad Politecnica de Cartagena*.
- R, B., A., C., & Cooper., W. (1984). Some models for estimating technical and scales inefficiencies in Data Envelopment Analysis, 30, pp. 1078-1092.
- RSB. (2011). *Principios y criterios consolidados de la RSB (EU RED)*. RSB: Código de Referencia: [RSB-STD-11-001-01-001 (versión 2.0)].
- REOIL, M. (s.f.). *Recolección de RAUC y Producción de aceite Usado*. Recuperado el 15 de Marzo de 2014, de REOL, México: <http://www.reoil.net/institucional.html>
- Richards, K. (2011, Junio). Biofuels and Bioenergy: Challenges and Opportunities. *Biomass and Bioenergy* , 35, pp. 4495 y 4496, doi: 10. 1016/j.biombjoe.2011.10.037.
- Rodríguez, C. J. (2008, Octubre). Fundamentos para el Uso de Instrumentos Fiscales en la Política Ambiental: Una aproximación al Caso Colombiano. *Comisión de Impuestos y Aduanas Nacionales* .33.
- Rojas,R. (2001). *Guía para Realizar Investigaciones Sociales* (27a. Ed.). D.F., México: Plaza y Valdés.
- Romeu, A., & Rodríguez, Y. (2008). *Procedimiento para la Evaluación de la Eficiencia Técnica en la Transportación de Caña en las UPBC Cañeras de la Provincia de Villa Clara*. Santa Clara: Universidad Central de Santa Clara. Departamento de Economía.

- Romeu, Y., & Rodríguez, Y. (2008). *Procedimiento para la Evaluación de la Eficiencia Técnica en la Transportación de Caña en las UPBC Cañeras de la Provincia de Villa Clara*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Departamento de Economía. Santa Clara, Cuba.
- Rosseau, I. (2007). *Mitos y realidades de las energías renovables: El caso de los biocombustibles*. Ponencia presentada en el VI Seminario Regional de Innovación. Ponente La política energética de México y los recursos renovables. Veracruz, Mexico.
- Rueda, N. (2012). Evolución del Sistema Tributario en España. *Extoicos*. 7.
- Ruzzier, A. (2002, Julio). Una introducción a la Estimación No Paramétrica de Fronteras de Eficiencia. *Centro de Estudios Económicos de la Regulación*, 41(5).
- SAGARPA. (2013, Noviembre 4). Los retos del Sector Energético Mexicano Frente al Siglo XXI. *Bioenergéticos*. 1(1).
- Sanhueza,E. (2003, Noviembre). Fronteras de Eficiencia, Metodologías para la Determinación del Valor Agregado de Distribución. (Tesis de doctorado). Pontífica Universidad Católica de Chile. Recuperado de <http://web.ing.puc.cl/power/paperspdf/sanhuezathesis.pdf>
- SENER. (2006). Energías Renovables para el desarrollo sustentable en México. D.F., México: SENER.
- SENER. (2007). Programa de Introducción de Bioenergéticos. D.F., México: SENER.
- SENER. (2013). *Estrategia Nacional de Energía 2013- 2027*. México, D.F.: SENER. Obtenido de http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf

SOYBIODIESEL. (Noviembre de 2013). *Soy Biodiesel Fueling Ohio's Future*. Obtenido de <http://www.kevinmotepetroleum.com/BioDesielPDF/economicbenefitsfactsheetasof5.2007.pdf>

Schnepf, R., & Yacobucci, B. (2013, Marzo 23). Renewable Fuel Standard (RFS): Overview and Issues. *Congressional Research Service* .

Schuschny (2007, Enero). El método DEA y su aplicación al Estudio del Sector Energético y las Emisiones de CO2 en América Latina. *CEPAL*, 46, pp. 46-53.

Sierra, R. (2007). *Tesis Doctorales y Trabajos de Investigación Científica* (5a. ed.). Madrid, España: Thompson.

Soimakallio, S., & Koponen, K. (2011, Junio 23). How to Ensure Greenhouse gas Emission Reductions by Increasing the Use of Biofuels? Suitability of the European. *Biomass and Bioenergy*, 35, pp. 3504 - 3513, doi: 10.1016/j.biombioe.2011.04.041,.

Sorda, G., Banse, M., & Kemfert, C. (2010, Agosto 4). An Overview of Biofuel Policies Across the World. *Energy Policy*, 38, doi:10.1016/j.enpol.2010.06.066, pp. 6977–6988, doi:10.1016/j.enpol.2010.06.066.

Subahadra, B., & Edwards, M. (2010). An Integrated Renewable Energy Park Approach for Algal Biofuel Production in the United States. *Energy Policy*, pp. 4897–4902.

Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El proceso de la Investigación Científica* (4 ed.). México, D.F.: Limusa.

Timilsina, G., & Arshish, S. (2010, Julio). Biofuel, Markets, Targets and Impact. *Policy Research* .

- Timilsina, G., & Mevel, S. (2011). Oil Price, Biofuels and Food Supply. *Energy Policy* , 39(12) pp. 8098-8105.
- Timilsina, R. G., & Shrestha, A. (2010, Julio 20). Biofuel, Markets, Targets and Impact. *Energy Policy* , 5364, pp. 8098-8105.
- Tran, N., Illukpitiya, P., Yanagida F., J., & Ogoshi, R. (2011). Optimizing Biofuel Production: An Economic Analysis for Selected Biofuel Feedstock Production in Hawaii. *Biomass and Bioenergy*, 31, pp. 1756 - 1764.
- UNCTAD (2006). *Comercio, Medio Ambiente y Desarrollo*. Junta de Comercio y Desarrollo. Ginebra: Organización de las Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo. Ginebra: UNCTAD, doi: 06-50123 (S) 060206 070206.
- UNCTAD. (Noviembre, 2011). *Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo: Tecnologías Económicas y Renovables como fuentes para El Desarrollo Rural*. Comisión de Comercio y Desarrollo. Ginebra: UNCTAD.
- Van Dam, J., Faaij C., A. P., Lewandowski, I., & Zeebroeck Van, J. (2011, Febrero 4). Options of Biofuel Trade From Central and Eastern to Western European Countries. *Biomass and Bioenergy* , 33, pp. 728–744, doi: 10.1016/j.biombioe.2008.11.006.
- Varian, H. (2006). *Microeconomía Intermedia, un enfoque actual*. (5 Ed.). Barcelona: Antoni Bosch.
- Ventura, A. (14 de Octubre de 2013). Bioofuel Garbage to Gold. (A. Eldridge, Ed.)
- Wiens, J., Farghione, J., & Hill, J. (2010, Febrero 5). Biofuel and Biodiversity. *Ecological applications*, 31, 4, 1086-1095.
- Yacobucci, B. (2013, Julio 22). Analysis of Renewable Identification Numbers in the Renewable Fuel Standars. *Congressional Research Service*.

PAGINAS DE INTERNET CONSULTADAS

(Obtención de información y datos de las empresas)



Abengoa: <http://www.abengoabioenergy.com/> /biodiesel

Ambientum: www.ambientum.mx

API (American Petroleum Institute): www.api.org

ARS (Asociación de Residuos Sólidos): <http://ars.org.ar/category/material-de-consulta/>

Axesor: www.axesor.es

BM (Banco Mundial): www.datos.bancomundial.org/indicador/EP.PMP.DESL.CD

Biosire: www.biosire.eu

Bioil: www.bioil.com.mx/

Biodiesel Magazine: www.biodieselmagazine.com/articles

Biodiesel Spain: www.biodieselspain.com

Biodiesel US. Inc.: www.biodiesel.org

BM (Banco Mundial): www.datos.bancomundial.org/indicador/EP.PMP.DESL.CD

Biofuel Digest: <http://www.biofuelsdigest.com>

California Biodiesel Alliance: www.californiabiodieselalliance.org

California Energy Comission: www.energy.ca.gov

CAP (Consejería de Agricultur, Pesca y Desarrollo Rural):
www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/

CENER (Centro Nacional de Energías Renovables): www.cener.com/es/index.asp

Census Bureau: www.census.gov/

Clean Energy News: www.sjvceonews.com/

Cleancities: www1.eere.energy.gov/cleancities/

CNE (Comisión Nacional de Energía): www.cne.es

CRA: www.cra-arc.gc.ca

Compass: www.es.kompass.com

Compost Montreal: www.compostmontreal.com

EBB (European Biodiesel Board): www.ebb-eu.org/members.php

Ecogress: www.ecogress.es

EDF (Environmental Defense Fund): www.edf.org/approach/policy

Einforma: www.einforma.com/

EIA (Energy International Information): www.eia.gov/biofuels/biodiesel/production/

IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía): www.idae.es

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos):
www.inec.go.cr/Web/Home/pagPrincipal.aspx

ISCC: <http://www.iscc-system.org/es/certificados/todos-los-certificados/>

FDA (Alternative Fuel Data Center): www.afdc.energy.gov/

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática): www.inegi.org.mx

Linkedin: www.linkedin.com/company

Loud Grade: www.loudgradeproducesquad.org

Los impuestos: losimpuestos.com.mx/ieps-gasolina/

Manta: www.manta.com/

Moreco: <http://www.moreco.com.mx/biodiesel/>

NBB (National Biodiesel Board): www.nbb.org

Páginas amarillas: www.paginasamarillas.es/biodiesel

Páginas verdes: www.paginasverdescr.com/

PROFECO (Procuraduría Federal del Consumidor): www.profeco.gob.mx

Recope: <https://www.recope.go.cr/>

Reoil: <http://www.reoil.net/index.html>

Sanimax: www.sanimax.com.mx

Secretaría de Economía: www.economia.gob.mx

Ventura: www.biodico.com

ANEXOS

A.1 ANÁLISIS FINANCIERO DE EMPRESA MORECO

A.1.1 Determinación de la inversión necesaria

Año	SOCIOS	BANCOS	GOBIERNO	GOBIERN	OTRAS	TOTAL
Tipo de inversión			FEDERAL	O	INVERSION	
Fija						
	\$1,332,630	\$2,665,260	\$1,332,630	\$0	\$0	\$5,330,520
Terrenos	\$1,000,000	\$2,000,000	\$1,000,000			\$4,000,000
Construcciones	\$250,000	\$500,000	\$250,000			\$1,000,000
Maquinaria y equipos	\$20,000	\$40,000	\$20,000			\$80,000
Subestación eléctrica						\$0
Mobiliario y eq. de oficina	\$4,630	\$9,260	\$4,630			\$18,520
Sistemas de cómputo	\$4,000	\$8,000	\$4,000			\$16,000
Transporte área administr	\$54,000	\$108,000	\$54,000			\$216,000
Otras inversiones						\$0
Diferida						
Gastos de organización	\$35,000	\$70,535				\$105,535
Contratos varios						
Capacitación preoperativa	\$1,502,630	\$2,735,795	\$1,332,630	\$0	\$0	\$5,601,057
Pruebas y arranque operat						
Fletes de maquinaria y eq.	\$1,537,630	\$2,735,795	\$1,332,630	\$0	\$0	\$5,601,057
Instalación de maquinarias						

	BANCOS	GOBIERNO	GOBIERN	OTRAS
		FEDERAL	O	INVERSIONES
Tasa de interés del Crédito Refaccionario	15%	5%	5%	20%
Tasa de interés del Crédito de Avio	16%			
Período	5	Años		

A.1.2 Estructura del financiamiento (Crédito desarrollo Pyme Banamex)

- El crédito diseñado para el financiamiento a mediano plazo y cubrir tus necesidades de adquisición de activos.
- Posibilidad de seleccionar el tipo de tasa: Fija (bajo el esquema de renta fija) a una tasa de 15.3 %, o Variable (capitales iguales).
- Seguro de vida sin costo (cliente/ principal accionista) que cubre el adeudo del crédito
- Sin comisión por pre- pagos o liquidaciones
- Facilidad de pago, dado que el cliente designa su cuenta de cheques para el pago de la amortización mensual
- Características
- Diferentes plazos de: 12, 18, 24, 36 y 48 meses, con un plazo máximo de acuerdo con el destino del crédito
- Monto: desde \$75,000.00 y hasta \$4500,000.00.

A.1.3Presupuesto de ingresos del negocio

Año	Productos	Unidades/año	Precio	Ingresos/año
1	L. de biodiesel	165600	\$10	\$1,622,880
				\$0
2	OTROS INGRESOS DEL			\$0
	Total de ingresos			\$1,622,880
	L. de biodiesel	2200800	\$11	\$23,108,400
3				\$0
	OTROS INGRESOS DEL			\$0
	Total de ingresos			\$23,108,400
	L. de biodiesel	331200	\$11	\$3,643,200
4				\$0
	OTROS INGRESOS DEL			\$0
	Total de ingresos			\$3,643,200
	L. de biodiesel	441600	\$12	\$5,078,400
5				\$0
	OTROS INGRESOS DEL			\$0
	Total de ingresos			\$5,078,400
	L. de biodiesel	662400	\$12	\$7,948,800
				\$0
	OTROS INGRESOS DEL			\$0
	Total de ingresos			\$7,948,800

A.1.4Requerimientos de materias primas y materiales auxiliares

Año	Materia prima	Unidad de	Costo	Volumen	Costo por
	o materiales	Medida	Unidad	Requerido	Año
1	Grasas y aceites vegetales	Litro	\$2.0	15000	\$30,000
	NaOH	Gramos	\$0.1	15000	\$1,050
	Metano	Litros	\$1.1	15000	\$15,750
					\$0
	Total				\$46,800
2	Grasas y aceites vegetales	Kilo	\$1.9	20000	\$38,000
	NaOH (Sósa)	Gramos	\$0.1	20000	\$1,400
	Metano	Litros	\$1.1	20000	\$22,000
					\$0
	Total				\$61,400
3	Grasas y aceites vegetales	Litro	\$1.8	30000	\$54,000
	NaOH	Gramos	\$0.1	30000	\$2,100
	Metano	Litros	\$1.1	30000	\$31,500
					\$0
	Total				\$87,600
4	Grasas y aceites vegetales	Litro	\$1.6	40000	\$64,000
	NaOH	Gramos	\$0.1	40000	\$2,800
	Metano	Litros	\$1.1	40000	\$42,000
					\$0
	Total				\$108,800
5	Grasas y aceites vegetales	Litro	\$1.4	60000	\$84,000
	NaOH	Gramos	\$0.1	60000	\$4,200
	Metano	Litros	\$1.1	60000	\$63,000
					\$0
	Total	Materias primas y			\$151,200

A.1.5 Presupuesto de materiales de envase, empaque y embalaje

Año	Envase, empaque o embalaje	Volumen de productos	Capacidad del envase	Necesidad de envase	Costo unitario	Costo anual
1	Tambecos	2000	200	10	\$150.0	\$ 1,500
	Forecos	2000	200	10	\$150.0	\$ 1,500
	Derecos	900	20	45	\$30.0	\$ 1,350
	Total					\$ 4,350
2	Tambecos	2500	200	12.5	\$150.0	\$ 1,875
	Forecos	2500	200	12.5	\$150.0	\$ 1,875
	Derecos	1200	20	60	\$30.0	\$ 1,800
	Total					\$ 5,550
3	Tambecos	3000	200	15	\$150.0	\$ 2,250
	Forecos	3000	200	15	\$150.0	\$ 2,250
	Derecos	1500	20	75	\$30.0	\$ 2,250
	Total					\$ 6,750
4	Tambecos	3800	200	19	\$150.0	\$ 2,850
	Forecos	3800	200	19	\$150.0	\$ 2,850
	Derecos	2000	20	100	\$30.0	\$ 3,000
	Total					\$ 8,700
	Tambecos	4000	200	20	\$150.0	\$ 3,000
	Forecos	4000	200	20	\$150.0	\$ 3,000
	Derecos	2500	20	125	\$30.0	\$ 3,750
	Total					\$ 9,750

A.1.6 Presupuesto de mano de obra (pago de sueldos y salarios)

Nombre del puesto	Número de personas	Pago mensual	Pago anual	Prestaciones 30%	Total anual
Operarios de bioreactores	2	\$3,000	\$72,000	\$21,600	\$93,600
Ayudante	2	\$2,500	\$60,000	\$18,000	\$78,000
Almacenista	1	\$2,600	\$31,200	\$9,360	\$40,560
Jefe de producción	1	\$5,500	\$66,000	\$19,800	\$85,800
Reparación y mantenimiento	1	\$3,000	\$36,000	\$10,800	\$46,800
Total	7	\$22,100	\$265,200	\$79,560	\$344,760

A.1.7 Cálculo de las depreciaciones y amortizaciones del área de producción

Tipo de bien	Valor de	Cond	Vida útil/	Valor de	Depreciación anual
Depreciaciones					
					\$ 30,630
Construcciones	\$800,000	1	33	\$40,000	\$23,030
Compra de edificios	\$0	1	33	\$0	\$0
Maquinarias y equipos	\$80,000	1	10	\$4,000	\$7,600
Subestación eléctrica	\$0	1	10	\$0	\$0
Transportes	\$0	1	4	\$0	\$0
Otros equipos	\$0	1	10	\$0	\$0
Otras instalaciones	\$0	1	10	\$0	\$0
Adquisiciones varias	\$0	1	10	\$0	\$0
Amortizaciones					
Periodo de recuperación					\$5,000
Capacitación pre operativa	\$20,000		20		\$1,000
Pruebas y arranque	\$25,000		20		\$1,250
Fletes de maquinaria	\$30,000		20		\$1,500
Instalación de maquinarias	\$25,000		20		\$1,250
Trámites aduanales	\$0		20		\$0
Otros gastos pre operativos	\$0		20		\$0

Total de depreciaciones y amortizaciones.					\$35,630

A.1.8 Pago de sueldos al personal de administración

Nombre del puesto	Número de personas	Pago mensual	Pago anual	Prestaciones 30%	Total anual
Gerente	1	\$7,500	\$90,000	\$27,000	\$117,000
secretaria	1	\$3,800	\$45,600	\$13,680	\$59,280
Velador	1	\$3,600	\$43,200	\$12,960	\$56,160
Intendente	1	\$2,500	\$30,000	\$9,000	\$39,000
Vendedores*	2	\$2,800	\$67,200	\$20,160	\$87,360
Recolectores	6	\$2,600	\$187,200	\$56,160	\$243,360
Captadores de aceite	3	\$3,000	\$108,000	\$32,400	\$140,400
Total	15	\$47,600	\$571,200	\$171,360	\$742,560

A.1.9 Gastos generales de la administración

Descripción del gasto	Unidad de	Costo por	Cantidad	Costo por
Gastos de oficina	Lote	\$2,000	3	\$6,000
Gastos generales	Lote	\$1,000	12	\$12,000
Teléfono e internet	Mes	\$700	12	\$8,400
Otros gastos	Mes	\$500	12	\$6,000
Total				\$32,400

A.1.10Capital del trabajo

								Semestre			2	
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Descripción												
	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
% de ventas al mes	95%	95%	95%	96%	96%	98%	98%	98%	99%	99%	99%	99%
Ingresos	0	12847	12847	12983	129830	132535	132535	132535	133888	133888	133888	133888
Costos de producción	35971	35971	35971	36047	36047	36200	36200	36200	36276	36276	36276	36276
Materias primas y materiales	3705	3705	3705	3744	3744	3822	3822	3822	3861	3861	3861	3861
Material de empaque	344	344	344	348	348	355	355	355	359	359	359	359
Mano de obra	28730	28730	28730	28730	28730	28730	28730	28730	28730	28730	28730	28730
Refacciones y mant.	2692	2692	2692	2720	2720	2777	2777	2777	2805	2805	2805	2805
Otros requerimientos	500	500	500	505	505	516	516	516	521	521	521	521
Gastos administración	64580	64580	64580	64580	64580	64580	64580	64580	64580	64580	64580	64580
Sueldos	61880	61880	61880	61880	61880	61880	61880	61880	61880	61880	61880	61880
Gastos generales	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700	2700
Gastos de ventas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caja chica												
Total de egresos	100551	10055	10055	10062	100627	100780	100780	100780	100856	100856	100856	100856
Saldo	-100551	27927	27927	29203	29203	31755	31755	31755	33032	33032	33032	33032
Flujo acumulado	-	-	-	-	13709	45464	77219	108975	142006	175038	208070	241101

A.1.11 Estado de Resultados

Año	1	2	3	4	5
Descripción					
Ingresos netos o ventas	\$1,622,880	\$23,108,400	\$3,643,200	\$5,078,400	\$7,948,800
Costos de ventas	\$471,857	\$487,657	\$515,057	\$538,207	\$581,657
Materias primas y materiales	\$46,800	\$61,400	\$87,600	\$108,800	\$151,200
Material de empaque	\$4,350	\$5,550	\$6,750	\$8,700	\$9,750
Mano de obra	\$344,760	\$344,760	\$344,760	\$344,760	\$344,760
Refacciones y mantenimiento	\$34,000	\$34,000	\$34,000	\$34,000	\$34,000
Otros requerimientos	\$6,317	\$6,317	\$6,317	\$6,317	\$6,317
Depreciaciones y amortizaciones	\$35,630	\$35,630	\$35,630	\$35,630	\$35,630
Utilidad bruta	\$1,151,023	\$22,620,743	\$3,128,143	\$4,540,193	\$7,367,143
Gastos generales	\$1,310,637	\$3,199,412	\$1,312,093	\$1,339,661	\$1,502,220
Gastos de administración	\$774,960	\$774,960	\$742,560	\$774,960	\$774,960
Gastos de ventas	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Depreciaciones y amortizaciones	\$67,384	\$67,384	\$67,384	\$16,084	\$16,084
Resultado integral de financiam	\$484,369	\$401,039	\$319,245	\$226,274	\$120,488
Otros ingresos y gastos	-\$16,076	\$1,956,028	\$182,904	\$322,343	\$590,688
Utilidad antes de impuestos	-\$159,615	\$19,421,331	\$1,816,050	\$3,200,532	\$5,864,923
Impuesto a la utilidad	-\$47,884	\$5,826,399	\$544,815	\$960,160	\$1,759,477
UTILIDAD NETA	-\$111,730	\$13,594,932	\$1,271,235	\$2,240,373	\$4,105,446

A.1.12Flujo Neto de Efectivo y Tasa de Rentabilidad Financiera

Año	Inversión	Utilidad neta	Deprec y amort	Pago de créd	F. N.E
0	-\$5,601,071				-\$5,601,071
1		-\$111,730	\$103,014	-\$634,520	-\$643,236
2		\$13,594,932	\$103,014	-\$706,564	\$12,991,381
3		\$1,271,235	\$103,014	-\$788,359	\$585,890
4		\$2,240,373	\$103,014	-\$881,330	\$1,462,056
5		\$4,105,446	\$51,714	-\$987,116	\$3,170,044
6	\$4,919,345				\$4,919,345
TASA		50.37%			

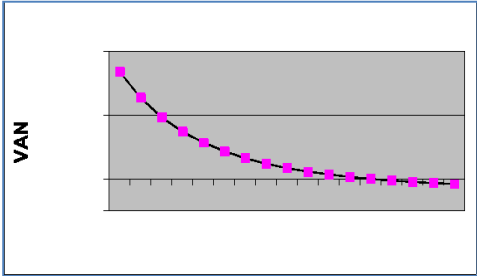
VALOR ACTUAL NETO (VAN) =

\$5,708,564

Rendimiento mínimo aceptable para calcular el Valor Actual Neto

20.00%

Análisis del VAN	
Tasa	V A N
0	16,884,409
5	12,793,850
15	7,466,915
20	5,708,564
25	4,340,796
30	3,263,753
40	1,717,566
45	1,159,395
70	-448,696



A.2

PROPUESTA

DE

CUESTIONARIO

Objetivo: Recopilar y analizar los inputs de la variable recursos humanos		
1 Cantidad total de empleados en la producción de biodiesel		
(_____)		
2 ¿Cuál es el nivel de estudios concluidos de sus empleados?		
Licenciatura	(_____)	Sin licenciatura (_____)
3 ¿Se han proporcionado cursos de capacitación a los empleados en el año 2013 o se tiene personal destinado a la investigación y desarrollo?		
Sí ()	¿Cuántos? (_____)	No ()

Objetivo: Recopilar y analizar los inputs de la variable recursos tecnológicos	
1 ¿Cuál es la capacidad de total de producción anual de los biorreactores (toneladas)?	
(_____)	
2 ¿Cuál es la dimensión total de la construcción de la planta (hectáreas)?	
(_____)	
3 Permisos con los que cuenta la empresa	
(_____)	
4 Certificaciones con las que cuenta la empresa	
(_____)	

Objetivo:	Recopilar y analizar los inputs de la variable de insumos		
1	¿Cuál es el costo del combustible empleado en el transporte de biodiesel y materia prima?	(dólares) (moneda nacional)	<i>marcar con X</i>
	(_____)		
2	¿Cuál es el costo de litro/ kilogramo de materia prima para la producción de biodiesel?	(dólares)	(moneda nacional)
	Sí ()	¿Cuántos?	No ()

Objetivo:	Recopilar y analizar los inputs de las variables de entorno		
1	¿Qué tipo de empresa tiene?		
	Pública (_____)	Privada (_____)	
2	¿Pertenece a un centro de investigación o desarrollo?		
	¿Cuál?		
	Sí () (_____)	No ()	
3	¿Cuentan con apoyos gubernamentales?		
	(_____)		

Objetivo:	Recopilar y analizar los inputs de los factores de eficiencia			
1	¿De qué manera comercializa su producto?		<i>marcar con X</i>	
	La misma empresa ()	Intermediario ()	Otra ¿Cuál? ()	
2	¿Comercializa productos adicionales?			
	Sí ()	¿Cuántos? ()	¿Cuáles? ()	No ()
3	¿Cuenta con alguna filial?			
	Sí ()	¿Cuántas? ()	¿Dónde? ()	No ()
4	¿Cuántos años tiene la empresa?			
	()			
5	¿Hacia dónde destina su producción?			
	Interior ()	Porcentaje ()	Exterior ()	
6	¿Cuenta con certificaciones nacionales?			
	No ()	Sí ()		
	¿Cuáles?			
	()			
	()			
7	¿Cuenta con certificaciones internacionales?			
	No ()	Sí ()		
	¿Cuáles?			
	()			
	()			

A.3 INFORMACIÓN DE LAS EMPRESAS PROPUESTAS

A.3.1 Datos generales

DATOS GENERALES						
No.	Razón social	Ubicación	Página web	Dirección electrónica/ Contacto	Materia Prima	Año de Iniciación
	Costa Rica	Página oficial de la empresa	Página oficial de la empresa	Página oficial de la empresa	Páginas verdes/ Página Oficial de la empresa	Páginas Verdes
1	Cooperativa Agrícola Industrial Victoria	Grecia Alajuela Costa Rica	http://www.coopevictoria.com	mzamora@coopevictoria.com ; lrojas@coopevictoria.com	Reciclaje en la comunidad, principalmente de las escuelas	2004
2	Energías Biodegradables	Ochomogo, Cartago	http://www.energiasbiodegradables.com/	info@energiasbiodegradables.com	Aceite Usado	2004
	México	Página Oficial de la Empresa	Página Oficial de la Empresa	Página Oficial de la Empresa	Página oficial de la empresa/Encuesta	Página Oficial de la Empresa/ Encuesta
3	Combustibles Biologicos de México	Villa Hermosa, Tabasco	http://www.combiomex.com	cesar@reavu.org/ 52 (993) 1 60 94 30/ WhatsApp Twitter@biodiesel.com dirempresarial@combiomex.com Skype: bioseoane/ dirempresarial@combiomex.com	Aceite vegetal usado de restaurantes	2012
4	Moreco	Morelia, Michoacán	http://www.moreco.com.mx/	ventas@moreco.com.mx	Aceites vegetales usados y grasas animales	2010
5	Renovables Maya Verde	Playa del Carmen (Quintana Roo)	http://www.mayaverde.com	info@mayaverde.com	Aceites vegetales usados y grasas animales	2010

DATOS GENERALES						
No.	Razón social	Ubicación	Página web	Dirección electrónica/ Contacto	Materia Prima	Año de Iniciación
	España	Biodiesel Spain/ Página Oficial	Biodiesel Spain	Página Oficial/ Biodiesel Spain	Biodiesel Spain/Encuesta	BiodieselSpain/ Página Oficial/ Encuesta
6	Biodiesel Castilla-La Mancha	Santa Olalla (Toledo)/ Zaragoza	www.biodieselclm.com	pedro.martin@biodieselclm.com/ biodieselclm@biodieselclm.com	Aceites vegetales de soja, colza, y en menor proporción usados	2005
7	Bio Bionet Europa, S.A.	Reus(Tarragona)	www.bioneteuropa.com/	info@bioneteuropa.com / : enrique.lopez@bionet.com/ support@bionet.com	Aceites vegetales nuevos y usados	1999
8	Bionor Transformación, S.A.	Berantevilla (Álava)	http://www.bionor.es	bionor@bionor.es	Aceites vegetales usados, grasas animales y jatropa (grandes cantidades)	2001
9	Bionorte	San Martín del Rey Aurelio (Asturias)	www.bionorte.com/	info@bionorte.com	Aceites vegetales usados	2001
10	Bioenergética Española 2020		www.biodieselclm.com	maria.romero@clm.com	Soya, colza y palma	2004
11	Ecofuel	Toledo	http://www.ecofuel.es/	Por internet	Soya, colza, jatropa y en menor medida aceites usados	2006
12	Grupo Ecológico Natural, S.L.	Lucmajor (Mallorca)	www.gen.es	gen@gen.es	Aceites vegetales usados	2006
13	Stocks Del Valles, S.A.	Montmeló (Barcelona)	www.bdp-biodiesel.com	Por iNternet	Aceites vegetales usados	2006

DATOS GENERALES						
No.	Razón social	Ubicación	Página web	Dirección electrónica/ Contacto	Materia Prima	Año de Iniciación
	Estados Unidos	Página oficial de la empresa/	www.yellowpages.com	Página oficial de la empresa	Página oficial de la empresa / National Biodiesel Board	Página Oficial/ National Bioidiesel Board
14	Baker Commodities Los Angeles	4020 Bandini Blvd. Vernon ,CA 90058	www.bakercommodities.com	e-mail por internet	Aceites vegetales usados y grasas animales	1937
15	Bay Biodiesel, LLC (San Jose)	San Jose ,CA 95110. 905 Stockton Ave	www.baybiodiesel.com	info@baybiodiesel.com	Aceites vegetales virgenes y reciclados	2005
16	Biodiesel Industries of Ventura, LLC	U.S. Naval Base Ventura, Environmental. Port Hueneme ,CA 93043	www.biodico.com	info@biodico.com	Aceites vegetales usados y grasas animales	19 años con otros productos
17	BioDiesel One Ltd	102 West Center St. Southington ,CT 06489	www.biodieseloneltd.com	chris@biodieseloneltd.com	Aceites vegetales y grasas animales	1995
18	Bridgeport Biodiesel, LLC	146 Andover Street. Bridgeport ,CT 06605	www.bridgeportbiodiesel.com	debbie@bridgeportbiodiesel.com	Aceites vegetales usados y grasas animales	2001
19	CGF Clayton LLC	281 School Ln. Clayton ,DE 19938	www.cgfcorp.com	mail@cgfcorps.com	Multicultivos y un poco de aceite usado de cocina y grasas animales	1964 otros productos, 2008 con bioidiesel
20	Community Fuels	809-C Snedeker Ave. Stockton ,CA 95203	www.communityfuels.com	info@communityfuels.com	Aceites vegetales usados y grasas animales	2008
21	Crimson Renewable Energy, LP	17731 Millux Rd. Bakersfield ,CA 93311	http://www.crimsonrenewable.com/	info@crimsonrenewable.com	Aceites vegetales usados y grasas animales	1994 con otros productos, 2009 con bioidiesel

DATOS GENERALES						
No.	Razón social	Ubicación	Página web	Dirección electrónica/ Contacto	Materia Prima	Año de Iniciación
	Estados Unidos	Página oficial de la empresa/	www.yellowpages.com	Página oficial de la empresa	Página oficial de la empresa / National Biodiesel Board	Página Oficial/ National Biodesel Board
22	Delta American Fuel, LLC	1305 Highway 20. Helena ,AR 72342			Aceites vegetales usados y grasas animales	2006
23	FL Biofuels, LLC	2744 Edison Ave #8 Ft. Myers ,FL 33916	www.flbiofuelsllc.com	info@flbiofuelsllc.com / chris@flbiofuelsllc.com	Aceites vegetales y grasas animales recicladas, aceite de soya, de maíz, de algas, de cacahuete, de ballena y de palma	2011
24	Genuine Bio-Fuel Inc	17250 SW Railroad Ave. Indiantown ,FL 34956	www.genuinebiofuel.com/ www.saveusfromforeignoil.com .	service@genuinebiofuel.com	Aceites vegetales de cocina usados	
25	GeoGreen Biofuels, Inc.	6011 Malburg Way. Vernon ,CA 90058	www.geogreen.com	Por internet	Aceites vegetales de cocina usados, Multifeedstock	2008
26	Healy Biodiesel	250 Industrial Sedgwick, KS 67135		info@healybiodiesel.com / andy@healybiodiesel.com	Aceites vegetales de cocina usados	2005
27	Imperial Western Products	86600 54th Ave. Coachella ,CA 92236	www.biotanefuels.com		Aceites vegetales de cocina usados	20000
28	Iowa Renewable Energy, LLC	1701 East 7th Street Washington, Iowa 52353	www.irebiodiesel.com	contact@irebiodiesel.com	Aceites vegetales (soya principalmente) y grasas animales	2006
29	Middle Georgia Biofuel	292 Minter Tweed Rd. Dublin, GA 31027-1664.	www.mga-cleancities.com	projects@georestore.com		1996
30	New Leaf Biofuel, LLC	San Diego ,CA 92113	www.newleafbiofuel.com	info@newleafbiofuel.com	Aceites vegetales usados	2006

A.3.2 Inputs(Recursos humanos, capacidad instalada y nivel de producción)

DATOS GENERALES		RECURSOS HUMANOS	
	Nombre	Empleados	Personal empleado en la investigación y desarrollo
No.	Razón Social	Numero total	Cantidad total anual destinada a la I y D
	Costa Rica	Encuesta/ Página oficial	Encuesta/ Página oficial
1	Cooperativa Agrícola Industrial Victoria	275 (10 biodiesel)	0
2	Energías Biodegradables	10	2
	México	Encuesta/ Página Oficial	Encuesta/ Página Oficial
3	Combustibles Biologicos de México	4	1
4	Moreco	6	0
5	Renovables Maya Verde	4	0

NIVEL DE PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA		
Nombre	Producción actual	
Razón Social	Capacidad anual (millones de litro)	Producción anual (millones de litros)
Costa Rica	Página oficial de la empresa/ Encuesta	Página oficial de la empresa/ Encuesta
Cooperativa Agrícola Industrial Victoria	3,000	1,000
Energías Biodegradables	5,000	2,000
México	Encuesta	Encuesta
Combustibles Biológicos de México	2,000	60
Moreco	700	400
Renovables Maya Verde	400	130

DATOS GENERALES			
RECURSOS HUMANOS			
	Nombre	Empleados	Personal empleado en la investigación y desarrollo
No.	Razón Social	Numero total	Cantidad total anual destinada a la I y D
	España	Página Oficial/ El informador/ kompass españa/ Biodieselspain/ einforma	Página Oficial/ LinkedIn/ Axesor
6	Biodiesel Castilla-La Mancha	8	1
7	Bio Bionet Europa, S.A.	50	1
8	Bionor Transformación, S.A.	6	1
9	Bionorte	5	1
10	Bioenergetica Española	19	1
11	Ecofuel	48	2
12	Grupo Ecológico Natural, S.L.	8	1
13	Stocks Del Valles, S.A.	45	1

NIVEL DE PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA		
Nombre	Producción actual	
Razón Social	Capacidad anual (millones de litro)	Producción anual (millones de litros)
España	Diesel densidad de 0.88 g/cm3/ Página oficial/ Bioidesel Spain	Página oficial/ Biodieselspain.com/ Encuestas
Biodiesel Castilla-La Mancha	56,818	51,136
Bionet Europa S.A.	73,860	56,180
Bionor Transformación, S.A.	34,090	30,000
Bionorte	5,000	4,540
Bioenergética española	284,080	150,000
Ecofuel	250,000	70,000
Grupo Ecológico Natural, S.L.	39,770	35,000
Stocks Del Valles, S.A.	6,800	4,500

DATOS GENERALES		RECURSOS HUMANOS	
	Nombre	Empleados	Personal empleado en la investigación y desarrollo
No.	Razón Social	Numero total	Cantidad total anual destinada a la I y D
	Estados Unidos	Manta/ Genuinebiofuel/ Página Oficial	Manta/ Genuinebiofuel/ Página Oficial
14	Baker Commodities Los Angeles	100/ 80 para biodiesel	1
15	Bay Biodiesel, LLC (San Jose)	18	1
16	Biodiesel Industries of Ventura, LLC	3	0
17	BioDiesel One Ltd	5	1 (Richard Counts)
18	Bridgeport Biodiesel, LLC	6	0
19	CGF Clayton LLC	3	0
20	Community Fuels	49	4
21	Crimson Renewable Energy, LP	20	2

NIVEL DE PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA		
Nombre	Producción actual	
Razón Social	Capacidad anual (millones de litro)	Producción anual (millones de litros)
Estados Unidos	National Bioidesel Board/ Página Oficial de la Empresa	National Bioidesel Board/ Página Oficial de la Empresa
Baker Commodities Los Angeles	120,000	100,000
Bay Biodiesel, LLC (San Jose)	18,900	17,000
Biodiesel Industries of Ventura, LLC	37,900	30,200
BioDiesel One Ltd	11,400	10,500
Bridgeport Biodiesel, LLC	10,000	8,000
CGF Clayton LLC	416,000	40,000
Community Fuels	75,500	75,000
Crimson Renewable Energy, LP	113,600	112,200

RECURSOS HUMANOS			
	Nombre	Empleados	Personal empleado en la investigación y desarrollo
No.	Razón Social	Numero total	Cantidad total anual destinada a la I y D
	Estados Unidos	Manta/ Genuinebiofuel/ Página Oficial	Manta/ Genuinebiofuel/ Página Oficial/ Biofuel Magazine
22	Delta American Fuel, LLC	44	2
23	FL Biofuels, LLC	4	0
24	Genuine Biofuel Inc	8	1
25	GeoGreen Biofuels, Inc.	6	1
26	Healy Biodiesel	4	0
27	Imperial Western Products	250 (50 biodiesel)	2
28	Iowa Renewable Energy, LLC	44	2
29	Middle Georgia Biofuel	4	1
30	New Leaf Biofuel, LLC	25 (5 biodiesel)	0

NIVEL DE PRODUCCIÓN Y CAPACIDAD INSTALADA		
Nombre	Producción actual	
Razón Social	Capacidad anual (millones de litro)	Producción anual (millones de litros)
Estados Unidos	National Bioidesel Board/ Página Oficial de la Empresa	National Bioidesel Board/ Página Oficial de la Empresa
Delta American Fuel, LLC	378,500	350,000
FL Biofuels, LLC	17,000	15,000
Genuine Biofuel Inc	34,800	30,000
GeoGreen Biofuels, Inc.	3,800	3,500
Healy Biodiesel	7,600	7,000
Imperial Western Products	340,700	340,000
Iowa Renewable Energy, LLC	39,700	38,000
Middle Georgia Biofuel	113,600	112,000
New Leaf Biofuel, LLC	18,900	15,000

A.3.3 Variable de Entorno

VARIABLES DE ENTORNO							
No.	Razón Social	Pertenencia a centro de Investigación o Desarrollo	Tipo de empresa	Población	Precio del diesel (M local/ Dólar)	Impuesto al diesel (MN/ Dólar)	Precio del biodiesel (M/N- Dólares)
	Costa Rica	Página oficial de la empresa	Página Oficial de la empresa	INE/ Censo 2011	Recope/ 31 de Octubre	Recope/ 31 de Octubre	Encuesta
1	Cooperativa Agrícola Industrial Victoria	Universidad de Costa Rica	Privada	Alejuela:254886 / San Isidro: 17294	534.06/ 0.9612	138/ 0.248	548.16717/ 1.1
2	Energías Biodegradables	Universidad de Costa Rica	Privada	Cártago: 490903/ San Nicolás (Ochomogo): 25948	534.06/ 0.9613	138/ 0.248	548.16717/ 1.1
	México	Encuesta	Encuesta	Inegi/ Censo 2010	Banco mundial/ 3 Noviembre	Banco mundial/ 3 Noviembre/ Los impuestos	Encuesta/ Tipo de cambio 13 Octubre 2014 (Secretaría de Economía)
3	Combustibles biológicos de México	Universidad Autónoma de México	Privada	Tabasco: 2,238,603 /Villahermosa (centro): 640,359	13.72/ 1.01	0.13/ .0096	0.98
4	Moreco	Universidad Nacional Autonoma de México Campus Morelia/ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	Privada	Michoacán: 4,351,037 / Morelia: 729,279	13.72/ 1.03	0.13/ .0098	0.98
5	Renovables Maya Verde	No	Privada	Quintana Roo: 1,325,578 Solidaridad (Playa del Carmen): 159,310	13.72/ 1.04	0.13/ .0099	0.98

VARIABLES DE ENTORNO							
Nombre							
No.	Razón Social	Pertenencia a centro de Investigación o Desarrollo	Tipo de empresa	Población	Precio del diesel (M local/ Dólar)	Impuesto al diesel (MN/ Dólar)	Precio del biodiesel (M/N- Dólares)
	España	Página oficial de la empresa/ E- informa/ Encuesta/EIA	Página Oficial de la Empresa/ Encuesta	Año 2012	Banco mundial/ 3 Noviembre	Banco mundial/ 3 Noviembre	Encuesta/ Tipo de cambio 13 Octubre 2014 (ecretaria de Economía)
6	Biodiesel Castilla-La Mancha	Grupo Natura	Privada	Toledo: 711 407 Santa Olalla: 3 465 Zaragoza: 978 638/ Zaragoza: 679 624	<u>1.29/ 1.64</u>	0.33/0.413	0.954/1.194
7	Bio Bionet Europa, S.A.	CETENMA/ ASEBIO/ CITEM/ Bridge2020/ Biospain/	Privada	Tarragona: 807.044/ Reus: 107 2011	<u>1.29/ 1.65</u>	0.33/0.414	0.97/1.189
8	Bionor Transformación, S.A.	Universidad Castilla La Mancha/CIE Autmobile	Privada	Álava: 807.044/ Berantevilla: 476	<u>1.29/ 1.66</u>	0.33/0.415	0.98/1.227
9	Bionorte	No	Privada	Asturias: 1.075.183/ San Martín Aurelio: 17 953	<u>1.29/ 1.67</u>	0.33/0.416	0.975/1.221
10	Bioenergética Española	No	Privada	Zaragoza: 978 638 / Zaragoza: 679 624	<u>1.29/ 1.71</u>	0.33/0.420	0.954/1.194
11	Ecofuel	No	Privada	Toledo: 711 407/ Toledo: 84019	<u>1.29/ 1.70</u>	0.33/0.419	0.954/1.194
12	Grupo Ecológico Natural, S.L.	No	Privada	Baleares: 1 119 439 / Lucmajor: 36 994	<u>1.29/ 1.68</u>	0.33/0.417	0.962 (España)1.204
13	Stocks Del Valles, S.A.	Instituto de Energía de Catalá/IDEA	Privada	Barcelona: 5 552 050/ Montmeló: 8 830	<u>1.29/ 1.69</u>	0.33/0.418	0.98/1.227

VARIABLES DE ENTORNO							
No.	Razón Social	Pertenencia a centro de Investigación o Desarrollo	Tipo de empresa	Población	Precio del diesel (M local/ Dólar)	Impuesto al diesel (MN/ Dólar)	Precio del biodiesel (M/N- Dólares)
	Estados Unidos	Página oficial de la empresa	Página oficial de la empresa	Census Bureau/ Censo 2012	Banco Mundial/ Ultimo día de mes de Octubre	Banco Mundial/Total (Incluye 0.0644 federal)	Precios según mezclas y por promedios GALÓN// Litro
14	Baker Commodities Los Angeles	Californoa Energy Comission/ California Biodiesel Alliance	Privada	California: 38,332,521 /Los Angeles: 10,017,068 / Los Angeles: 3,884,307	0.97	0.19141	3.98 (B20)/ 4.24 (B99)// 1.05/1.12
15	Bay Biodiesel, LLC (San Jose)	California Biodiesel Alliance	Privada	California: 38,332,521 /Contra Costa: 1,094,205 / San José: 998,537	0.97	0.19141	3.98 (B20)/ 4.24 (B99)
16	Biodiesel Industries of Ventura, LLC	Biodico/ California Energy Comission/ California Biodiesel Alliance/ Naval de EU	Privada	California: 38,332,521 /Ventura: 839,620/ Oxnard: 203,007	0.97	0.19141	3.98 (B20)/ 4.24 (B99)
17	BioDiesel One Ltd	El Centro de Ingenierias y Ciencias ambientales (CESE) de la Universidad de Connecticut	Privada	Conneicticut: 3,596,080/ Hartford county: 898,272	0.97	0.2084	3.98 (B20)/ 4.24 (B99)
18	Bridgeport Biodiesel, LLC	New Jersey-based Lard-NABF LLC/ Bear Group	Privada	Conneicticut: 3,596,080/Bridgeport: 147,216	0.97	0.2084	3.98 (B20)/ 4.24 (B99)
19	CGF Clayton LLC	University Of Delaware		Delaware: 925,749/ New Castle: 549,684	0.97	0.1225	3.98 (B20)/ 4.24 (B99)
20	Community Fuels	Comisión de Energía de California/ California Biodiesel Alliance		California: 38,332,521 /San Joaquin: 704,379 / Stockton: 298,118	0.97	0.19141	3.98 (B20)/ 4.24 (B99)
21	Crimson Renewable Energy, LP	Departamento de Bioenergía de la Universidad de California/ Comisión de Energía de California, Crimson Midstream LLC,	Privada	California: 38,332,521 / Kern: 864,124/ Bakesfierld:363,630	0.97	0.19141	3.98 (B20)/ 4.24 (B99)

VARIABLES DE ENTORNO							
No.	Razón Social	Pertenencia a centro de Investigación o Desarrollo	Tipo de empresa	Población	Precio del diesel (M local/ Dólar)	Impuesto al diesel (MN/ Dólar)	Precio del biodiesel (M/N- Dólares)
	Estados Unidos	Página oficial de la empresa	Página oficial de la empresa	Census Bureau/ Censo 2012	Banco Mundial/ Ultimo día de mes de Octubre	Banco Mundial/Total (Incluye 0.0644 federal)	Precios según mezclas y por promedios GALÓN// Litro
22	Delta American Fuel, LLC	The University of Arkansas	Privada	Arkansas: 2,959,373/ Philip:20,399 / Helena: 11,572	0.97	0.1246	3.98 (B20) Y 4.24 (B99)/ 1.05 (B20)
23	FL Biofuels, LLC	Environmental Study Institute	Privada	Florida: 19,552,860 / Lee: 661,115/ Fort Myers: 68,190	0.97	0.1499	3.98 (B20) Y 4.24 (B99)/ 1.05 (B20)
24	Genuine Biofuel Inc	University Of South Florida	Privada	Florida: 19,552,860 / Martin: 151,263/ Indiatown: 6,983	0.97	0.1499	3.98 (B20) Y 4.24 (B99)/ 1.05 (B20)
25	GeoGreen Biofuels, Inc.	California Biodiesel Alliance	Privada	California: 38,332,521 /Los Angeles: 10,017,068 / Los Angeles: 3,884,307---- ----Orange: 3,114,363/ Vernon: 91	0.97	0.19141	3.98 (B20) Y 4.24 (B99)/ 1.05 (B20)
26	Healy Biodiesel	Kansas Ag Research & Technology Association, Missouri Alternatives Center	Privada	Kansas: 2,893,957/ Sedwick: 505,415/ Clearwater: 2681	0.97	0.1332	3.98 (B20) Y 4.24 (B99)/ 1.05 (B20)
27	Imperial Western Products	Comisión de Energía de California	Privada	California: 38,332,521 / Riverside: 2,292,507 / Coachela: 43,092----- Arizona: 6,626,624/ Maricopa: 4,009,412 / Buckeye: 56,683	0.97	0.1357	3.98 (B20) Y 4.24 (B99)/ 1.05 (B20)
28	Iowa Renewable Energy, LLC	Iowa Renewable Energy Association	Privada	Iowa: 3,090,416/ Washington: 22,015/ Washington: 7,370	0.97	0.1265	3.98 (B20) Y 4.24 (B99)/ 1.05 (B20)
29	Middle Georgia Biofuel	Universidad de Georgia/ Instituto de Tecnología de Georgia/ la Herty Advanced Materials Development Center	Privada	Georgia: 9,992,167/ Laurens: 47,999/ Dublin: 16,379	0.97	0.1461	3.98 (B20) Y 4.24 (B99)/ 1.05 (B20)
30	New Leaf Biofuel, LLC	California Bioidesel Alliance	Privada	California: 38,332,521 /San Diego: 3,211,252/ San Diego: 1,355,896	0.97	0.19141	3.98 (B20) Y 4.24 (B99)/ 1.05 (B20)

VARIABLES DE ENTORNO					
No.	Razón social	Políticas y apoyos de gobierno Federal	Programas y apoyo de gobierno estatal		
	Costa Rica				
1	Cooperativa Agrícola Industrial Victoria	Programa Nacional de Biocombustibles/ S/ Marco regulatorio cuantitativo para uso y pormoción de biodiesel	No	No	No
2	Energías Biodegradables	Programa Nacional de Biocombustibles/ S/ Marco regulatorio cuantitativo para uso y pormoción de biodiesel	No	No	No
	-	-	-	-	-
	México	Encuesta	Encuesta	Encuesta	Encuesta
3	Combustibles Biologicos de México	Si	No	No	No
4	Moreco	No	No	No	No
5	Renovables Maya Verde	No	No	No	No

VARIABLES DE ENTORNO					
No.	Razón social	Políticas y apoyos de gobierno Federal		Programas y apoyo de gobierno estatal	
	Estados Unidos	AFDC/ Cleancities/ EDF		AFDC/ California Biodiesel Alliance	
14	Baker Commodities Los Angeles	<u>Support for Advance Biofuel Development/ Comisión de Energía del Estado con 100 millones de dólares anuales para proyectos/ Acta 118 de California y la enmienda AB 109/ Low Carbon Fuel Standard California's Low Carbon Fuel Standard (LCFS) Program</u>	<u>Low Emission Vehicle (LEV) Standards/ Alternative Fuel and Vehicle Incentives</u>	<u>The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construccction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign (NCDC)/ State Energy Program (SEP) Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy (ARPA-E)/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment (STRDD)/ The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)
15	Bay Biodiesel, LLC (San Jose)	<u>Support for Advance Biofuel Development/ Comisión de Energía del Estado con 100 millones de dólares anuales para proyectos/ Acta 118 de California y la enmienda AB 109/ Low Carbon Fuel Standard California's Low Carbon Fuel Standard (LCFS) Program</u>	<u>Low Emission Vehicle (LEV) Standards/ Alternative Fuel and Vehicle Incentives</u>	<u>The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construccction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign (NCDC)/ State Energy Program (SEP) Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy (ARPA-E)/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment (STRDD)/ The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)
16	Biodiesel Industries of Ventura, LLC	<u>Support for Advance Biofuel Development/ Comisión de Energía del Estado con 100 millones de dólares anuales para proyectos/ Acta 118 de California y la enmienda AB 109/ Low Carbon Fuel Standard California's Low Carbon Fuel Standard (LCFS) Program</u>	<u>Low Emission Vehicle (LEV) Standards/ Alternative Fuel and Vehicle Incentives</u>	<u>The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construccction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign (NCDC)/ State Energy Program (SEP) Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy (ARPA-E)/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment (STRDD)/ The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)
17	BioDiesel One Ltd	School Bus Emissions Reduction	Biofuels Research Grants	<u>The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construccction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign (NCDC)/ State Energy Program (SEP) Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy (ARPA-E)/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment (STRDD)/ The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)

VARIABLES DE ENTORNO					
No.	Razón social	Políticas y apoyos de gobierno Federal		Programas y apoyo de gobierno estatal	
	Estados Unidos	AFDC/ Cleancities/ EDF		AFDC/ California Biodiesel Alliance	
18	Bridgeport Biodiesel, LLC	School Bus Emissions Reduction	Biofuels Research Grants	The U.S. Department of Defense prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construcction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign / State Energy Program (SEP) Funding	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy (ARPA-E)/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment / The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section
19	CGF Clayton LLC	Alternative Fuel and Advanced Vehicle Acquisition Requirements	Alternative Fuel Tax Exemption	The U.S. Department of Defense prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construcction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign (NCDC)/ State Energy Program (SEP) Funding	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy / Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment / The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program
20	Community Fuels	<u>Support for Advance Biofuel Development/ Comisión de Energía del Estado con 100 millones de dólares anuales para proyectos/ Acta 118 de California y la enmienda AB 109/ Low Carbon Fuel Standard California's Low Carbon Fuel Standard Program</u>	<u>Low Emission Vehicle (LEV) Standards/ Alternative Fuel and Vehicle Incentives</u>	The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construcction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign (NCDC)/ State Energy Program (SEP) Funding	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy / Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment / The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program
21	Crimson Renewable Energy, LP	<u>Comisión de Energía del Estado con 100 millones de dólares anuales para proyectos/ Acta 118 de California y la enmienda AB 109</u>	<u>Low Emission Vehicle (LEV) Standards/ Alternative Fuel and Vehicle Incentives</u>	The U.S. Department of Defense prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construcction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign / State Energy Program Funding	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy / Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment / The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program
22	Delta American Fuel, LLC	The Arkansas Alternative Fuels Development Program (Program) Biodiesel Use Requirement/ Alternative Fuels Tax/ Alternative Fuel Definition and Specifications	Alternative Fuel Grants and Rebates	The U.S. Department of Defense prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construcction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign / State Energy Program Funding	Bioenergy Program for Advanced Biofuels/ The Advanced Research Projects Agency - Energy/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment / The Biorefinery Assistance Program / Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program .

		VARIABLES DE ENTORNO			
No.	Razón social	Políticas y apoyos de gobierno Federal		Programas y apoyo de gobierno estatal	
	Estados Unidos	AFDC/ Cleancities/ EDF		AFDC/ California Biodiesel Alliance	
23	FL Biofuels, LLC	Biofuels Promotion/ Biodiesel Producer Fuel Tax/ Provision for Renewable Fuels Investment	Excise Tax Exemption for Biodiesel Produced by Schools/ Renewable Energy and Energy Efficient Technology Grant Matching Program/ Biofuels Investment Tax Credit	<u>The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construccction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign / State Energy Program (SEP) Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy / Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment/ The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)
24	Genuine Bio-Fuel Inc	Biofuels Promotion/ Biodiesel Producer Fuel Tax/ Provision for Renewable Fuels Investment	Excise Tax Exemption for Biodiesel Produced by Schools/ Renewable Energy and Energy Efficient Technology Grant Matching Program/ Biofuels Investment Tax Credit	<u>The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construccction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign / State Energy Program Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment / The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)
25	GeoGreen Biofuels, Inc.	<u>Support for Advance Biofuel Development/ Comisión de Energía del Estado con 100 millones de dólares anuales para proyectos/ Acta 118 de California y la enmienda AB/ Low Carbon Fuel Standard California's Low Carbon Fuel Standard Program</u>	<u>Low Emission Vehicle (LEV) Standards/ Alternative Fuel and Vehicle Incentives</u>	<u>The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construccction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign (NCDC)/ State Energy Program (SEP) Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy / Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment / The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)
26	Healy Biodiesel	LEYES Y REGULACIONES: Biodiesel and Renewable Fuel Definition/ Biofuels Use Requirement.	Biofuel Blending Equipment Tax Exemption/ Renewable Fuel Retailer Tax Incentive/ Biodiesel Production Incentive/Alternative Fueling Infrastructure Tax Credit/ Alternative Fuel Vehicle (AFV) Tax Credit	<u>The U.S. Department of Defense prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construccction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign / State Energy Program (SEP) Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment / The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)

VARIABLES DE ENTORNO					
No.	Razón social	Políticas y apoyos de gobierno Federal		Programas y apoyo de gobierno estatal	
28	Iowa Renewable Energy, LLC	Renewable Fuel Labeling Requirement/ Biofuel Specifications/ Biodiesel Fuel Use/	Biodiesel Producer Tax Refund/ Alternative Fuel Production Tax Credits/ Biofuel Infrastructure Grants/ Biodiesel Blend Retailer Tax Credit	<u>The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construcction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign (NCDC)/ State Energy Program (SEP) Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy (ARPA-E)/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment (STRDD)/ The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)
29	Middle Georgia Biofuel	LEYES Y REGULACIONES: Alternative Fuel Excise Tax.	Alternative Fuel and Advanced Vehicle Job Creation Tax Credit/ Alternative Fuels Production Assistance	<u>The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construcction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign (NCDC)/ State Energy Program (SEP) Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy (ARPA-E)/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment (STRDD)/ The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)
30	New Leaf Biofuel, LLC	<u>Support for Advance Biofuel Development/ Comisión de Energía del Estado con 100 millones de dólares anuales para proyectos/ Acta 118 de California y la enmienda AB 109/ Low Carbon Fuel Standard California's Low Carbon Fuel Standard (LCFS) Program</u>	<u>Low Emission Vehicle (LEV) Standards/ Alternative Fuel and Vehicle Incentives</u>	<u>The U.S. Department of Defense (DOD) prepared a report, Opportunities for DOD Use of Alternative and Renewable Fuels/ / Alternative Fuel Excise Tax/ Renewable Fuel Standard (RFS) Program/ Clean Construcction Voluntary Program/ Clean Ports USA program/ Air Pollution Control Program/ Clean School Bus USA/ National Clean Diesel Campaign (NCDC)/ State Energy Program (SEP) Funding</u>	Bioenergy Program for Advanced Biofuels (Section 9005)/ The Advanced Research Projects Agency - Energy (ARPA-E)/ Improved Energy Technology Loans by the DOE/ The Surface Transportation Research, Development, and Deployment (STRDD)/ The Biorefinery Assistance Program (Section 9003)/ Competitive grants are available through the Biodiesel Fuel Education Program (Section 9006)

A.3.4 Factores de Eficiencia

N o.	Razón social	Cualitativas			Cuantitativas			
		Forma de comercialización	Gama de productos	Filiales	Vida de la empresa en años	Destino de la mercancía (interior o exterior)	Obtención de certificaciones nacionales e internacionales	Permisos
	Costa Rica	Encuesta/ Clean Energy	Página de la empresa/ Encuesta	Página de la empresa/ Encuesta	Páginas Verdes/ Encuesta	Página oficial de la empresa/ Encuesta	Página oficial de la empresa/ Encuesta	Página oficial de la empresa/ Encuesta
1	Cooperativa Agrícola Industrial Victoria	Personal	Café/ Azúcar/ Biodiesel	No	10	Consumo interno	CoopeVictoria como un todo: ISO9000/ Fairtrade	De funcionamiento
2	Energías Biodegradables	Personal	Desmoldante de concreto, madera y metal biodegradables / Biodiesel	No	10	Consumo interno doméstico e industrial (Consortio operativo del Este)		Autorización SEMA por el manejo y acopio de Residuos: 23008F-PMR-0002-2011 Permiso de Operación (Municipio de Solidaridad y Tulum): DMA-SUNA-C/PO-1/11/); DGDUYE/09/89/2011 Permiso de Recolección de Aceite (Municipio de Benito Juárez): DGE/DIYV/0268/2011
	México	Encuesta	Página oficial de la empresa/ Encuesta	Página oficial / Encuesta	Página de la empresa/ Encuesta	Página oficial de la empresa/ Encuesta	Página oficial de la empresa/ Encuesta	Página oficial de la empresa/ Encuesta
3	Combustibles Biologicos de México	Personal	Biodiesel/ Desengrasantes industriales	No	2	Maquinaria pesada y transportes de carga nacional	Ley N° 26.093 .Régimen de Regulación y Promoción para la producción y uso de Biocombustibles	De funcionamiento Municipales y Federales
4	Moreco	Personal de manera interna	Biodiesel / Glicerina	No	4	Empresas transportistas y consumidores	No	De funcionamiento Municipales y Federales
5	Renovables Maya Verde	Personal en Playa del Carmen	Biodiesel/ Glicerol/ Reciclaje de papel y cartón	No	4	Hoteles de la región y consumidores	No	Autorización SEMA por el manejo y acopio de Residuos Permiso de Operación de la Dirección De Ordenamiento Ambiental y Urbano (Municipio de Solidaridad): DMA-SUNA Permiso de Operación para la Recolección de Aceite Vegetal (Municipio de Benito Juárez): DGE/DIYV/0268/2011 Permiso de Acopio, Traslado y Disposición de Residuos (Municipio de Tulum): DGDUYE/09/89/2011

FACTORES DE EFICIENCIA								
Cualitativas					Cuantitativas			
No.	Razón social	Forma de comercialización	Gama de productos	Filiales	Vida de la empresa en año	Destino de la mercancía (interior o exterior)	Obtención de certificaciones nacionales e internacionales	Permisos
	Estados Unidos	Página Oficial	Página Oficial/ National Biodiesel Board	Página Oficial/ Noticias	Página Oficial	Página Oficial/ National Biodiesel Board	BQ- 9000/ National Biodiesel Board/ Biodiesel Advance American's Biodiesel	Página Oficial
14	Baker Commodities Los Angeles	Intermediarios: Industria petrolera	Biodiesel/ Proteína / alimentos para animales a base de grasas animales y aceites vegetales/ chamarras de piel	22 dentro de Estados Unidos	77 con servicios de remoción de grasa	Interior	Certificación BQ 9000 con los estándares ASTM 6751/ Aprobación de la Division of Measurement Standards/ Aprobación de la California Air Resources Board / Aprobación de la California State Water Resources Control Board	De funcionamiento
15	Bay Biodiesel, LLC (San Jose)	Golden Gate Petroleum principalmente	Biodiesel/ Glicerina		9	Interior	Certificado ASTM- 6751/ BQ 9000	De funcionamiento
16	Biodiesel Industries of Ventura, LLC	Personal Biodico y consumidores	Biodiesel		19 años con otros productos	Intermediarios y a la Industria naval	Certificado ASTM- 6751/ BQ 9000	De funcionamiento
17	BioDiesel One Ltd	Personal	Biodiesel		19	Interior	ASTM D6751 , ASTM D6751 y ASTM D975 estandar	De funcionamiento
18	Bridgeport Biodiesel, LLC	Interna, en tres estados de la región	Biodiesel		13	Interior	Registro RFS2	De funcionamiento
19	CGF Clayton LLC	Personal	Biodiesel / Diesel		6	Interior a vehículos escolares, municipales y de envío. Y gasolineras	Registro RFS2	De funcionamiento
20	Community Fuels	Mercados del oeste en los Estados Unidos. Y a la industria petrolera	Biodisel/ Glicerina/ ditivos para Diesel		6	Petroleras de diferentes estados cercanos de Estados Unidos	BQ 9000	De funcionamiento
21	Crimson Renewable Energy, LP	Intermediarios: Industria petrolera	Biodiesel// Productos petroleros		20 con otras (5)	Interior	ASTM D6751 y ASTM D975 estandar/ Aprobación de la Division of Measurement Standards / Aprobación de la California Air Resources Board / Aprobación de la California State Water Resources Control Board	De funcionamiento

FACTORES DE EFICIENCIA								
Cualitativas					Cuantitativas			
No.	Razón social	Forma de comercialización	Gama de productos	Filiales	Vida de la empresa en años	Mercancías destinadas al interior y exterior	Obtención de certificaciones nacionales e internacionales	Permisos
	Estados Unidos	Página Oficial	Página Oficial/ National BioDiesel Board	Página Oficial/ Noticias	Página Oficial	Página Oficial/ National BioDiesel Board	BQ- 9000/ National BioDiesel Board/ BioDiesel Advance American's BioDiesel	Página Oficial
22	Delta American Fuel, LLC	Personal	Biodiesel		8	Interior	Premio al proyecto US EPA	De funcionamiento
23	FL Biofuels, LLC	Personal	Biodiesel/ Glicerina		3	Interior	Certificado ASTM- 6751/ BQ 9000	De funcionamiento
24	Genuine Bio-Fuel Inc	Personal	Biodiesel/ Glicerina			Interior	ASTM D6751 estandar/ ASTM D6751 and ASTM D975 estandar	De funcionamiento
25	GeoGreen Biofuels, Inc.	Personal	Biodiesel / Glicerol		6	Interior	ASTM D6751 estandar/ ASTM D6751 and ASTM D975 estandar	De funcionamiento
26	Healy Biodiesel	Personal	Biodiesel		9	Interior	ASTM D6751 estandar/ ASTM D6751 and ASTM D975 estandar	De funcionamiento
27	Imperial Western Products	Personal	Biodiesel/ Alimentos para ganado/ Llantas	California, Nevada, Arizona	14	Interior	BQ 9000/ Aprobación de la Division of Measurement Standards / Aprobación de la California Air Resources Board/ Aprobación de la California State Water Resources Control Board	De funcionamiento
28	Iowa Renewable Energy, LLC	Personal	Biodiesel	-	8	Interior	BQ 9000	De funcionamiento
29	Middle Georgia Biofuel	Personal	Biodiesel/ Glicerina		18	Interior	Certificado ASTM- 6751/ BQ 9000	De funcionamiento
30	New Leaf Biofuel, LLC	Personal	Biodiesel/ Glicerina		8	Interior	Certificado ASTM- 6751/ BQ 9000	De funcionamiento

PREGUNTA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES
General			
¿Cuál es el nivel de eficiencia técnica relativa de empresas productoras de BAVyGA de México, en relación a las de Costa Rica, España y Estados Unidos, incorporando variables de entrada, factores de eficiencia y variables de entorno, haciendo uso del modelo DEA?	Determinar el nivel de eficiencia técnica relativa de empresas productoras de BAVyGA de México, en relación a las de Costa Rica, España y Estados Unidos incorporando variables de entrada, factores de eficiencia y variables de entorno, haciendo uso del modelo DEA.	El nivel de eficiencia en la producción de las empresas productoras de BAVyGAD en las empresas de México es inferior a la encontrada en las empresas de España y Estados Unidos, y similar a las de Costa Rica al utilizar las variables de entrada, las variables de salida, los factores de eficiencia y las variables de entorno y haciendo uso del modelo DEA.	DEPENDIENTE • Eficiencia técnica relativa del sector BAVyGAD INDEPENDIENTE • Variables de entrada • Factores de eficiencia • Variables de entorno
Específicas			
¿Cuál es el nivel de eficiencia técnica relativa en la producción de empresas productoras de BAVyGAD México, en relación a Costa Rica, España y Estados Unidos haciendo uso de las variables de entrada, como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD?.	Determinar el nivel de eficiencia eficiencia técnica relativa en la producción de empresas productoras de BAVyGAD México, en relación a Costa Rica, España y Estados Unidos haciendo uso de las variables de entrada como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD.	Un mejor uso en la cantidad de empleados y la capacidad instalada eleva el nivel de eficiencia técnica relativa en el sector de BAVyGAD.	DEPENDIENTE • Eficiencia relativa INDEPENDIENTE • Cantidad e empleados • Capacidad instalada

¿Qué incidencia tienen los factores de eficiencia en el nivel de eficiencia técnica relativa del sector de BAVyGAD, como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD, utilizando el modelo DEA?	Identificar la incidencia de los factores de eficiencia en el nivel de eficiencia relativa técnica en el sector de BAVyGAD, como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD, utilizando el modelo DEA.	El precio alto de biodiesel, la comercialización interna y externa del combustible, la mayor gama de productos, la comercialización vía intermediarios y un mayor número de personas dedicadas a la investigación y desarrollo elevan el nivel de eficiencia técnica relativa en el sector de BAVyGAD, mediante el uso del modelo DEA.	DEPENDIENTE • Eficiencia relativa INDEPENDIENTE • Precio del biodiesel • Destino de las mercancías • Gama de productos • Forma de comercialización • Personal dedicado a la investigación
¿De qué manera influyen las variables ambientales en el nivel de eficiencia relativa en el sector de BAVyGAD utilizando el modelo DEA, como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD.	Indicar los efectos que tienen las variables de entorno en el nivel de eficiencia relativa en el sector de BAVyGAD utilizando el modelo DEA, como elementos importantes en la toma de decisiones de las áreas operativas del sector de BAVyGAD	El mayor número de habitantes, el alto precio del diesel, la existencia de políticas cuantitativas y de apoyos gubernamentales elevan el nivel de eficiencia técnica relativa en el sector de BAVyGAD, mediante el uso del modelo DEA.	DEPENDIENTE • Eficiencia relativa INDEPENDIENTE • Población • Precio del diesel • Impuesto al diesel • Políticas gubernamentales • Apoyos gubernamentales

Fuente: Elaboración propia, 2013