



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

ENVIRONMENT
AND NATURAL
RESOURCES
MANAGEMENT

WORKING
PAPER

70

ENERGY

ISSN 2226-6062

SOSTENIBILIDAD DE LA BIOMASA FORESTAL PARA ENERGÍA Y DEL ETANOL DE MAÍZ Y CAÑA DE AZÚCAR EN PARAGUAY

Resultados y recomendaciones de la implementación de
los indicadores de la Asociación Global de Bioenergía



ENVIRONMENT
AND NATURAL
RESOURCES
MANAGEMENT

WORKING
P A P E R

70

ENERGY

SOSTENIBILIDAD DE LA BIOMASA FORESTAL PARA ENERGÍA Y DEL ETANOL DE MAÍZ Y CAÑA DE AZÚCAR EN PARAGUAY

Resultados y recomendaciones de la implementación de
los indicadores de la Asociación Global de Bioenergía

Editado por: Tiziana Pirelli y Andrea Rossi

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o el nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente los puntos de vista ni las políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-130579-9

© FAO, 2018

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO apruebe los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios.

Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org

ÍNDICE

PRÓLOGO	xiii
AGRADECIMIENTOS	xv
ACRÓNIMOS	xvii
UNIDADES	xx

CAPITULO 1

Implementación de los indicadores de sostenibilidad para bioenergía GBEP en Paraguay	1
1.1 Los indicadores de sostenibilidad de bioenergía GBEP	1
1.1.1 Introducción	1
1.2 Implementación de los indicadores GBEP	3
1.3 Alcance del proyecto y abordaje de la implementación en Paraguay	4
REFERENCIAS	6

CAPITULO 2

Situación del país y sector de la bioenergía nacional	13
2.1 Contexto del país	13
2.1.1 Descripción general	13
2.1.2 Agricultura	17
2.1.3 Energía	19
2.2 Bioenergía moderna: marco de política, legal e institucional	23
2.2.1 Etanol	24
2.2.2 Política y legislación	25
2.3 Producción de biomasa forestal con fines energéticos tradicional	29
2.3.1 Políticas y legislación sobre recursos madereros	30
REFERENCIAS	31

CAPITULO 3

Descripción de las cadenas de valor seleccionadas en Paraguay	37
3.1 Etanol a partir de caña de azúcar y maíz	37
3.1.1 Comportamiento y evolución de caña de azúcar y maíz a partir del año base	37
3.1.2 Producción de materia prima	40
3.1.3 Transporte de combustible	47
3.2 Biomasa forestal para energía	47
3.2.1 Producción de la biomasa forestal	48
3.2.2 Usos principales o destinos finales de la biomasa forestal	48
REFERENCIAS	49

Resultados de la Implementación de los Indicadores de Sustentabilidad de la Bioenergía GBEP en Paraguay	53
4.1 Indicador 1: emisiones de gases de efecto invernadero en todo el ciclo de vida	53
4.1.1 Implementación del indicador 1 en Paraguay	54
4.1.2 Resultados claves	54
4.1.3 Principales conclusiones y recomendaciones	65
REFERENCIAS	68
4.2 Indicador 2: calidad del Suelo	70
4.2.1 Implementación del indicador 2 en Paraguay	70
4.2.2 Resultados clave	70
4.2.3 Principales conclusiones y recomendaciones	83
REFERENCIAS	83
4.3 Indicador 3: niveles de cosecha de los recursos madereros	86
4.3.1 Implementación del indicador 3 en Paraguay	86
4.3.2 Resultados claves	86
4.3.3 Principales conclusiones y recomendaciones	93
REFERENCIAS	94
4.4 Indicador 4: emisiones de gases contaminantes no GEI, incluyendo contaminantes del aire	95
4.4.1 Implementación del indicador 4 en Paraguay	95
4.4.2 Resultados claves	95
4.4.3 Principales conclusiones y recomendaciones	100
REFERENCIAS	102
4.5 Indicador 5: uso y eficiencia del agua	103
4.5.1 Implementación del indicador 5 en Paraguay	103
4.5.2 Resultados claves	104
4.5.3 Principales conclusiones y recomendaciones	113
REFERENCIAS	114
4.6 Indicador 6: calidad del agua	116
4.6.1 Implementación del indicador 6 en Paraguay	116
4.6.2 Resultados claves	119
4.6.3 Principales conclusiones y recomendaciones	125
REFERENCIAS	126
4.7 Indicador 7: diversidad biológica en el paisaje	128
4.7.1 Implementación del indicador 7 en Paraguay	128
4.7.2 Resultados claves	128
4.7.3 Principales conclusiones y recomendaciones	140
REFERENCIAS	142
4.8 Indicador 8: uso de la tierra y cambio en el uso de la tierra relacionado con la producción de materia prima para bioenergía	146
4.8.1 Implementación del indicador 8 en Paraguay	146

4.8.2 Resultados clave	147
4.8.3 Principales conclusiones y recomendaciones	168
REFERENCIAS	171
4.9 Indicador 9: asignación y tenencia de la tierra para nueva producción de bioenergía	173
4.9.1 Implementación del indicador 9 en Paraguay	173
4.9.2 Resultados claves	173
4.9.3 Principales conclusiones y recomendaciones	181
REFERENCIAS	182
4.10 Indicador 10: precio y oferta de una canasta alimentaria nacional	184
4.10.1 Implementación del indicador 10 en Paraguay	184
4.10.2 Resultados claves	185
4.10.3 Principales conclusiones y recomendaciones	186
REFERENCIAS	187
4.11 Indicador 11: cambio en ingresos	188
4.11.1 Implementación del indicador 11 en Paraguay	188
4.11.2 Resultados claves	188
4.11.3 Principales conclusiones y recomendaciones	191
REFERENCIAS	194
4.12 Indicador 12: empleos en el sector de la bioenergía	195
4.12.1 Implementación del indicador 12 en Paraguay	195
4.12.2 Resultados claves	195
4.12.3 Principales conclusiones y recomendaciones	199
REFERENCIAS	201
4.13 Indicador 13: cambio en tiempo no pagado invertido por mujeres y niños en la recolección de biomasa	202
4.13.1 Implementación del indicador 13 en Paraguay	202
4.13.2 Resultados claves	202
4.13.3 Principales conclusiones y recomendaciones	203
REFERENCIAS	205
4.14 Indicador 14: bioenergía usada para ampliar el acceso a servicios modernos de energía	206
4.14.1 Implementación del indicador 14 en Paraguay	206
4.14.2 Resultados claves	206
4.14.3 Principales conclusiones y recomendaciones	210
REFERENCIAS	212
4.15 Indicador 15: cambio en la mortalidad y tasas de enfermedades atribuibles a humos en espacios cerrados	213
4.15.1 Implementación del indicador 15 en Paraguay	213
4.15.2 Resultados claves	213
4.15.3 Principales conclusiones y recomendaciones	215
REFERENCIAS	217
4.16 Indicador 16: incidencia de lesiones, enfermedades y muertes laborales	218
4.16.1 Implementación del indicador 16 en Paraguay	218

4.16.2 Resultados claves	218
4.16.3 Principales conclusiones y recomendaciones	221
REFERENCIAS	223
4.17 Indicador 17: productividad	224
4.17.1 Implementación del indicador 17 en Paraguay	224
4.17.2 Resultados claves	225
4.17.3 Principales conclusiones y recomendaciones	228
REFERENCIAS	230
4.18 Indicador 18: balance neto de energía	231
4.18.1 Implementación del indicador 18 en Paraguay	231
4.18.2 Resultados claves	232
4.18.3 Principales conclusiones y recomendaciones	243
REFERENCIAS	245
4.19 Indicador 19: valor agregado bruto	246
4.19.1 Implementación del indicador 19 en Paraguay	246
4.19.2 Resultados claves	246
4.19.3 Principales conclusiones y recomendaciones	251
REFERENCIAS	253
4.20 Indicador 20: cambio en el consumo de combustibles fósiles y en el uso de la biomasa	254
4.20.1 Implementación del indicador 20 en Paraguay	254
4.20.2 Resultados claves	254
4.20.3 Principales conclusiones y recomendaciones	257
REFERENCIAS	259
4.21 Indicador 21: formación y recalificación de los trabajadores	260
4.21.1 Implementación del indicador 21 en Paraguay	260
4.21.2 Resultados claves	260
4.21.3 Principales conclusiones y recomendaciones	261
REFERENCIAS	262
4.22 Indicador 22: diversidad energética	263
4.22.1 Implementación del indicador 22 en Paraguay	263
4.22.2 Resultados claves	263
4.22.3 Principales conclusiones y recomendaciones	265
REFERENCIAS	268
4.23 Indicador 23: infraestructura y logística para la distribución de biocombustibles	269
4.23.1 Implementación del indicador 23 en Paraguay	269
4.23.2 Resultados claves	269
4.23.3 Principales conclusiones y recomendaciones	283
REFERENCIAS	285
4.24 Indicador: 24 capacidad y flexibilidad de uso de la bioenergía	287
4.24.1 Implementación del indicador 24 en Paraguay	287
4.24.2 Resultados claves	287
4.24.3 Principales conclusiones y recomendaciones	289
REFERENCIAS	290

Conclusiones y recomendaciones	293
5.1 Resultados del proyecto	293
5.2 Sostenibilidad de la biomasa forestal para energía y etanol de maíz y caña de azúcar en Paraguay: resultados claves y recomendaciones	294
5.2.1 Biomasa forestal para energía	294
5.2.2 Etanol de maíz y caña de azúcar	296
5.3 Recomendaciones para el monitoreo futuro de la sostenibilidad de la bioenergía en Paraguay	298
REFERENCIAS	300

CUADROS

1. Producción de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.) en el periodo 2006 a 2016	39	2011 y para la región occidental del Paraguay hasta junio 2017	87
2. Producción de maíz zafra y zafriña (<i>Zea mays</i> L.) en el periodo 2008 a 2016	39	23. Oferta de biomasa sólida de producción sostenible en la región oriental del Paraguay	89
3. Precios de mercado de soja, maíz y trigo en el mercado internacional periodo 2009 al 2017 y estimaciones para 2018 y 2019	40	24. Oferta de biomasa sólida de producción sostenible en la región occidental del Paraguay	89
4. Labores agronómicas para producción de MGE de Caña de azúcar	41	25. Oferta biomasa sostenible de plantaciones forestales bajo manejo para la producción de Biomasa para energía y Madera de rollos en Paraguay, 2016	90
5. Superficie cultivada, rendimiento, tecnología de cultivo y cosecha de productores de pequeña, media y gran escala de caña de azúcar en la región oriental del Paraguay, 2017	41	26. Oferta total de biomasa maderera (madera de rollos y biomasa para energía) de bosques nativo y plantaciones forestales manejados en Paraguay, 2016	91
6. Labores agronómicas para producción de PE de Caña de azúcar, 2017	42	27. Consumo de leña de los hogares rurales	91
7. Labores agronómicas para producción de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	46	28. Total cosecha de recursos madereros con fines energético (t/año)	92
8. Cadenas de valor para la producción de etanol: etapas consideradas	54	29. Resultados de las emisiones de no GEI en el ciclo de vida de etanol a partir de la caña de azúcar (a PE y MGE), de maíz zafriña y del petróleo (mg/MJ)	96
9. Datos anuales de cultivo, defensivos agrícolas incorporados material propagativo y energía para la producción de caña de azúcar a PE y MGE en Paraguay, 2017	55	30. Valores de cantidad de contaminantes no GEI emitidos en el ciclo de vida de chips de eucalipto (mg/MJ chips eucalipto)	99
10. Datos de producción de etanol de caña de azúcar	56	31. Agua requerida para cubrir ET _c de la caña de azúcar y para su procesamiento industrial	106
11. Rendimiento de cultivos de soja, maíz zafriña y trigo en Paraguay en el periodo 2009-2016	57	32. Agua requerida para cubrir el ET _c del maíz y para su procesamiento industrial	109
12. Datos anuales de cultivo, defensivos agrícolas incorporados material propagativo y energía para la producción de maíz entre zafra en Paraguay, 2017	58	33. Uso de agua en la producción de etanol a partir de caña de azúcar y de maíz en Paraguay, 2016	110
13. Datos empleados para el cálculo de emisiones del almacenamiento de maíz en silos estáticos	58	34. Uso de agua en la producción de biomasa a partir de plantaciones forestales en Paraguay, 2016	112
14. Datos de producción de etanol de maíz zafriña	59	35. Límites de algunas características físico/químicas y compuestos presentes en el agua y efluentes de acuerdo con la resolución 222/02 de la SEAM	117
15. Co-Productos y Porcentaje de Asignación	60	36. Toneladas de fertilizantes, herbicidas e insecticidas importados a Paraguay en el periodo 2012-2016	117
16. Cadenas de valores para la producción de biomasa forestal para generación de energía: etapas consideradas	64	37. Consumo de fertilizantes por unidad de superficie de tierra cultivable en Paraguay en el periodo 2010-2015	118
17. Datos anuales de cultivo, Defensivos agrícolas incorporados material propagativo y energía para la producción de eucalipto en Paraguay, 2017	64	38. Propiedades físico-químicas de la vinaza	118
18. Resultados de análisis de suelos de las zonas productoras de caña de azúcar y maíz en Paraguay, en el periodo 2012-2017	78	39. Aporte por ha de 150 m ³ de vinaza	119
19. Empresas productora visitadas, ubicación, superficie cultivada, rendimiento, sistema de siembra y cosecha	81	40. Resultados de análisis del río Tebicuary en Tebicuary-mi	121
20. Empresas productora visitadas, cultivo, rendimiento, análisis de suelos, fertilización y encalado	81	41. Análisis físico químico de muestra de agua extraída del Tebicary-mi	122
21. Empresa productora, ubicación, manejo, utilización de defensivos agrícolas y problemas	82	42. Resultados de análisis del arroyo Gaañabe	125
22. Superficie de bosques y superficie deforestada para la región oriental para los años 1984, 1991,		43. Lista de las especies usadas para la producción de bioenergía	138
		44. Área bajo Siembra Directa (o Labranza cero) en algunos países de América del Sur	140

45. Evolución de las áreas de cultivos y rendimiento de caña de azúcar	148	72. Resumen de resultados para el Indicador 17	229
46. Superficie cultivada (ha) de caña de azúcar por Departamento	149	73. Consumo de combustible, por cada labor, por rubro, por ciclo y por unidad de superficie	233
47. Industrias alcoholeras habilitadas por el MIC para operar en el rubro de biocombustibles y producción de alcohol de caña de azúcar y cereales en Paraguay	150	74. Energía consumida, por insumo utilizado, por rubro y por unidad de superficie	233
48. Evolución de la producción de caña de azúcar y etanol en periodo 2005 a 2016	151	75. Cálculo de ratios	234
49. Evolución de las áreas de cultivos y rendimiento de maíz entre zafra (<i>Zea mays</i>)	153	76. El balance de energía para el proceso productivo de etanol a partir de caña	235
50. Superficie (ha) cultivada de maíz entre zafra por departamento desde la zafra 2009 a 2016	153	77. Distribución de etanol a partir de caña de azúcar – transporte de etanol a terminales	235
51. Evolución de la producción de maíz entre zafra y etanol en Paraguay. Periodo 2008 a 2016	156	78. Distribución de etanol a partir de caña de azúcar – transporte de etanol a las EE.SS.	236
52. Relación de superficies de tierras y bosques gestionados en el Paraguay, 2016	158	79. Distribución de etanol a partir de maíz – transporte de etanol a terminales	237
53. Categorías de bosques nativos en el Paraguay	162	80. El proceso productivo de etanol a partir de maíz	237
54. Causas directas de la deforestación de los bosques en el Paraguay	165	81. Distribución de etanol a partir de maíz – transporte de etanol a la EE.SS.	238
55. Hitos clave en el desarrollo de las plantaciones forestales realizadas hasta el 2013	167	82. El proceso productivo de biomasa a partir de chips de eucalipto	238
56. Resumen de resultados para el Indicador 8 en Paraguay	169	83. Distribución de chips de eucalipto	239
57. Tamaño de fincas y propiedad de las tierras	175	84. Consumo de gasolina por departamento, 2016	240
58. Tamaño de fincas y propiedad de las tierras destinadas a la producción de caña de azúcar	175	85. Balance Neto de Energía y ratio en todo el ciclo de vida de etanol de Caña de Azúcar	241
59. Tamaño de fincas y propiedad de las tierras destinadas a la producción de maíz zafriña para etanol	176	86. Balance Neto de Energía y ratio en todo el ciclo de vida de etanol de maíz	242
60. Promedio mensual de ingreso por ocupación en el Paraguay	188	87. Balance Neto de Energía y ratio en todo el ciclo de vida de la biomasa para energía	242
61. Promedio mensual de ingreso por ocupación en el Paraguay ajustado al 2017	189	88. Costos promedios totales – caña de azúcar, 2016	246
62. Promedio mensual de ingreso por categoría ocupacional en Petropar	190	89. Valor agregado total – caña de azúcar 2016	247
63. Puestos de trabajo generados por MJ y por hectárea según calificación	196	90. Precios y costos promedios del etanol de las principales plantas alcoholeras, 2016	247
64. Puestos de trabajo generados por MJ y por hectárea según permanencia	196	91. Valor Agregado Bruto para el etanol producido a partir de Caña de Azúcar	248
65. Hogares por área de residencia	207	92. Precios de insumos y de producción promedios del etanol obtenidos para la caña de azúcar y el maíz	248
66. Demanda de biomasa en el sector industrial por año	208	93. Cantidad de etanol anhidro exportado por la industria C en litros	249
67. Datos de consumo de carbón vegetal en t/año en Paraguay	209	94. Valor Agregado Total – producción de etanol, 2016	250
68. Exportaciones paraguayas de Carbón vegetal	210	95. Valor Agregado del chip de eucalipto, 2016	251
69. Combustible principal que utiliza para cocinar	213	96. Resultados principales	252
70. Tasas de mortalidad por enfermedades del aparato respiratorio, 2015	214	97. Resumen de venta de derivados del petróleo, histórico anual de 2012 a 2016 (litros)	255
71. Oferta de biomasa solida de producción sostenible en Paraguay	227	98. Total etanol en combustibles consumido en Paraguay en el periodo 2012-2016 (litros)	256
		99. Cálculo del Ratio Neto de Energía (NER)	256
		100. Sustitución de combustibles fósiles por etanol producido en Paraguay, 2012-2016	256
		101. Sustitución de combustibles fósiles por bioenergía nacional	257

102. Resumen de resultados para el subindicador 20.1 en relación con la producción de etanol en Paraguay, en el periodo 2012-2016	258	111. Distancia promedio entre Plantas mezcladoras y Puntos de distribución final (en kilómetros)	277
103. Resumen de resultados para subindicador 21.1	261	112. Distancia promedio general en kilómetros	278
104. Porcentaje del Oferta Total de Energía Primaria con y sin bioenergía moderna, 2015	264	113. Distancia promedio en kilómetros entre Plantas Productoras y Puntos de distribución final	279
105. Bioenergía moderna en OTEP en Paraguay, 2015	265	114. Distancia promedio general en kilómetros	279
106. Cantidad de materia prima utilizadas para la producción de etanol	270	115. Capacidad de almacenamiento de las principales terminales de carga, año 2016 (litros)	280
107. Límites de peso para los camiones y ómnibus que circulan por caminos de la red vial nacional pavimentada	271	116. Rutas asociadas a la producción de las principales plantas – terminales de carga año 2016	281
108. Capacidad estática de los silos en Paraguay, 2004	272	117. Capacidad de Rutas asociadas a las principales plantas – terminales de carga, año 2016	281
109. Distancia promedio general de cada planta productora a las plantas mezcladoras para el etanol anhidro en Paraguay, 2016	276	118. Biomasa de eucalipto	283
110. Cantidad de kilómetros recorridos en base a la producción total de etanol	277	119. Ratio de uso real en la actualidad con respecto a la capacidad de utilización del etanol en Paraguay	288
		120. Ratio de la capacidad flexible con respecto a la capacidad de utilización del etanol en Paraguay	288

FIGURAS

1. Regiones del Paraguay	14	18. Emisiones totales de gCO ₂ eq/MJ EtOH para los casos de estudio vs emisiones de gCO ₂ eq/MJ petróleo para el caso de petróleo	63
2. Densidad poblacional del Paraguay, 2000	15	19. Emisiones de CO ₂ eq del ciclo de vida del Eucalipto (con cambio de uso de suelo)	66
3. Exportaciones de Paraguay por producto (a) y socio comercial (b), como porcentaje del total, en el 2015	16	20. Emisiones por chips de eucalipto y carbón vegetal	66
4. Principales cultivos producidos en Paraguay, 2016	18	21. Cambios de Uso de la Tierra entre los años 2000-2005 y 2005-2011	71
5. Valor de la producción bruta de los principales commodities, 2013	18	22. Cambios de Uso de la Tierra entre los años 2011-2013 y 2013-2015	71
6. Distribución espacial y principales actividades agrícolas	20	23. Mapa de erosión hídrica en Paraguay, 2016	72
7. Red de energía eléctrica nacional en Paraguay	21	24. Tasa y niveles de degradación de los suelos en Paraguay, 2009	72
8. Producción de energía en el Paraguay (A) Oferta de energía total primaria (B), 2015	22	25. Diagnóstico de Arcilla del Suelo (%) por Departamento – 6 187 parcelas de pequeño productores en la región oriental del Paraguay	75
9. Energía total consumida, 2015	23	26. Contenido de materia orgánica (en porcentaje) en los suelos de la región oriental del Paraguay, de las áreas de influencia de algunas de las Empresas productoras de materia prima bioenergética	76
10. Consumo total de biomasa, 2015	24	27. Mapa de carbono orgánico en el suelo en Paraguay	76
11. Evolución de la producción de etanol en el Paraguay	25	28. Comparación del nivel de MO en los suelos de los 14 departamentos de la región oriental del Paraguay	77
12. Cobertura del área de tierras agrícolas y bosques de 1990 a 2013	30	29. Participación de la biomasa dentro de la matriz energética nacional	88
13. Superficie de producción de Caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en Paraguay. Año base 2006	38	30. Población rural que utiliza leña como Energía (%)	92
14. Superficie de producción de maíz (Zea mayz L.) en Paraguay. Año base 2009	39	31. Emisiones de Gases de No Efecto Invernadero	97
15. Ciclo de transformación de la caña en combustible	45	32. Contribuciones de contaminantes en cada etapa del ciclo de vida de la caña de azúcar PE	97
16. Emisiones de gCO ₂ eq/MJ EtOH de las diferentes fuentes de etanol (con cambio de uso del suelo – CUS)	62		
17. Emisiones de gCO ₂ eq/MJ EtOH de las diferentes fuentes de etanol (sin cambio de uso de suelo)	62		

33. Contribuciones de contaminantes en cada etapa del ciclo de vida de la caña de azúcar MGE	98	51. Mapa de áreas protegidas de alto valor para la biodiversidad y plantaciones de caña de azúcar y maíz zafriña en la región oriental de Paraguay	137
34. Contribuciones de contaminantes en cada etapa del ciclo de vida del maíz	99	52. Evolución de las superficies destinadas a la producción agropecuaria en el Paraguay, 1961 - 2015	147
35. Contribuciones de contaminantes en cada etapa del ciclo de vida del eucalipto	100	53. Evolución de la producción de etanol en el Paraguay	152
36. Extracción de agua por sector en Paraguay, 2012	103	54. Distribución espacial comparativa de las zonas productoras de maíz zafriña en la región oriental del Paraguay, entre el año 2008 y el año 2016	155
37. Precipitación total: ET _c (a) y necesidad de riego (b) para caña plantada en marzo del 2015 (caña planta) con corte en mayo del 2016. Precipitación total: ET _c (c), y necesidad de riego (d) para la caña cosechada en mayo del 2015 (caña soca o tronco) con corte en mayo del 2016	105	55. Visualización de áreas de cultivo de maíz entre zafra en áreas de influencia directa de las principales industrias alcoholeras del país	156
38. Precipitación total y ET _c (a) Necesidad de riego (b) para maíz sembrado a mediados de diciembre de 2015 y Precipitación total y ET _c (c) Necesidad de riego (d) para maíz sembrado en la tercera semana de Enero de 2016	108	56. Plantaciones forestales en el Paraguay y su relación con las principales industrias alcoholeras del país	159
39. ET _c del Eucalipto y Precipitación (P) para Caazapá para el periodo de marzo del 2007 a diciembre de 2014 (a). Balance mensual entre ET _c y P para el Eucalipto, para el periodo marzo 2007 a noviembre 2014 (b)	111	57. Visualización de áreas de plantaciones forestales en áreas de influencia directa de las principales industrias alcoholeras del país	160
40. (a) mapa de distribución de las zonas de producción de soja y maíz “zafriña” de la Capeco; y (b) mapa de cuencas hídricas de la región oriental.	120	58. Superficie cultivada (ha) y rendimiento (kg/ha) de caña de azúcar y su relación con la producción de etanol en el Paraguay en el periodo 2005-2016	161
41. Cuenca del Río Tebicuary, ubicación de las plantas alcoholeras y su área de influencia	121	59. Superficie cultivada (ha) y rendimiento (kg/ha) de maíz zafra normal y zafriña y su relación con la producción de etanol (litros) en el Paraguay, en el periodo 2005-2016	163
42. Cuenca del Río Monday, ubicación de las plantas alcoholeras y su área de influencia	123	60. Mapa de cobertura de la tierra en Paraguay, 2011	164
43. Cuenca del Río Itambey, ubicación de las plantas alcoholeras y su área de influencia	123	61. Avance de la deforestación comparado con el crecimiento poblacional y el PIB	165
44. Cuenca del Arroyo Paray, ubicación de las plantas alcoholeras y su área de influencia	124	62. Avance de la deforestación en los últimos 15 años en distintos ecosistemas del Paraguay	166
45. Áreas Silvestres Protegidas del Paraguay y sitios de interés para la conservación.	130	63. Impacto de la demanda de etanol en cambio promedio anual en precios reales (a nivel de productores y consumidores también) de caña de azúcar/azúcar y maíz, 2005-2016	185
46. Áreas prioritarias para la conservación en la región occidental del Paraguay	131	64. Impacto de la demanda de etanol en cambio promedio anual en precios reales (a nivel de productores y consumidores también) de caña de azúcar/azúcar y maíz, 2017-2026	186
47. Distribución geográfica de las áreas críticas para la conservación de mamíferos en peligro de extinción y áreas de influencia directa de las principales industrias alcoholeras del país	133	65. Porcentaje de ocupación de niños, niñas y adolescentes en actividades forestales en los últimos 12 meses	199
48. Distribución geográfica de las áreas críticas para la conservación de las aves en peligro de extinción y áreas de influencia directa de las principales industrias alcoholeras del país	133	66. Tiempo semanal dedicado a juntar leña	203
49. Visualización de áreas de cultivos agrícolas en áreas de influencia directa de las principales industrias alcoholeras del país	135	67. Estructura del consumo final de productos de la biomasa, 2015	207
50. Distribución de las aéreas de cultivo de maíz zafriña con relación a las Áreas Silvestres Protegidas y las áreas críticas de aves y mamíferos amenazados en la región oriental de Paraguay	136	68. Distribución de los costos de producción industrial del etanol, para el caso de una Planta de producción a partir de caña de azúcar	226
		69. Cantidad de etanol anhidro exportado por la industria C	249
		70. Oferta Total de Energía Primaria en Paraguay, 2015	263
		71. Consumo Final de Energía Primaria, 2015	266
		72. Estructura porcentual del consumo final	266

73. Ubicación y área de maíz zafriña, 2015	270	76. Ubicación de las principales plantas y terminales de carga	274
74. Mapa de ubicación de Silos estáticos en Paraguay, comparación de censo 2002 y 2004	272	77. Mapa del Paraguay con ubicación de las rutas nacionales	275
75. Ubicación y detalles de las industrias productoras de alcohol, 2012	273		

PRÓLOGO

La Asociación Global de Bioenergía (GBEP, por sus siglas en inglés) ha producido un conjunto de veinte y cuatro indicadores para la evaluación y monitoreo de la sostenibilidad de la bioenergía a nivel nacional. Los indicadores de la GBEP pretenden informar a las autoridades sobre los aspectos ambientales, sociales y económicos de la sostenibilidad del sector de bioenergía en el país y guiarlos hacia las políticas que fomenten el desarrollo sostenible. Los indicadores, acordados por socios de la GBEP y observadores a finales de 2011, fueron probados en forma piloto en diversos contextos nacionales con el fin de evaluar y mejorar su utilidad como herramienta para el desarrollo sostenible y fortalecer la capacidad de los países para medir la sostenibilidad de la bioenergía.

La FAO, que es uno de los miembros fundadores de la Asociación Global de Bioenergía, implementó los indicadores en Paraguay y Viet Nam, con el generoso apoyo de la Iniciativa Climática Internacional (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de Alemania (BMBU).

El objetivo general del proyecto fue fortalecer la capacidad de Paraguay y Viet Nam para monitorear los impactos ambientales, sociales y económicos del sector de bioenergía, a través de la implementación de los Indicadores de Sostenibilidad GBEP para Bioenergía y el apoyo técnico relacionado. Además, el proyecto tuvo como objetivo informar y apoyar el diseño de políticas efectivas de bioenergía sostenible como parte de las estrategias de desarrollo bajo en carbono.

Este informe presenta los resultados de la implementación de los indicadores GBEP en Paraguay, donde el proyecto fue ejecutado bajo la dirección del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). La aplicación de los Indicadores de Sostenibilidad GBEP para Bioenergía a las dos vías prioritarias de bioenergía identificadas en Paraguay: biomasa forestal para energía, en niveles de uso doméstico e industrial, y etanol de maíz y caña de azúcar; fue confiada a un equipo de expertos de tres importantes Centros nacionales de excelencia: la Asociación de Docentes Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA (ADIFCA), que tomó la iniciativa de los indicadores ambientales; el Centro de Estudios Ambientales y Sociales (CEAMSO), que tenía la responsabilidad principal sobre los indicadores sociales; y la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (UCA), que lideró la medición de los indicadores económicos.

El proyecto proporcionó a Paraguay una comprensión de cómo establecer los medios de un monitoreo periódico a largo plazo del sector de bioenergía nacional basado en los indicadores GBEP. Dicho monitoreo periódico mejoraría el conocimiento y la comprensión de este sector y, en términos más generales, la forma en que podría evaluarse la contribución de los sectores agrícola y energético al desarrollo sostenible nacional.

La implementación de los indicadores GBEP en Paraguay proporcionó, además, una serie de lecciones aprendidas sobre cómo aplicarlas como una herramienta para el desarrollo sostenible y cómo mejorar su practicidad.



Maria Michela Morese
Natural Resources Officer
Project Coordinator

AGRADECIMIENTOS

Este reporte fue desarrollado en el marco del Proyecto “Construyendo capacidad para aumentar la sostenibilidad a través del uso de indicadores GBEP” (GCP/GLO/554/GER), el cual fue financiado por el Ministerio Federal del Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y de Construcción de Alemania (BMUB). El Proyecto fue coordinado por María Michela Morese, con Andrea Rossi como Oficial Técnico Líder, Tiziana Pirelli como Consultora Técnica Líder y Guillermo Parra Romero como Coordinador Nacional. Queremos agradecer al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de la República del Paraguay; y en particular al Sr. Justo Vargas (Director de Cooperación Técnica y Relaciones Internacionales del MAG) por el fuerte liderazgo y cooperación en la implementación del proyecto en el país. Deseamos expresar nuestro aprecio a los muchos cuerpos del gobierno, instituciones académicas, partes interesadas y expertos individuales que, como miembros del Grupo Multi Actores de trabajo que ha sido establecido bajo el Proyecto, han proveído realimentación y guía útiles. Aún más, deseamos expresar nuestra gratitud a los equipos de los Centros de Excelencia que cooperaron con FAO en la implementación de los Indicadores de Sostenibilidad para la Bioenergía de GBEP en Paraguay, que son: la Asociación de Docentes Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA (ADIFCA); la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (UCA); y el Centro de Estudios Ambientales y Sociales (CEAMSO).

Nuestros agradecimientos van también a Susanne Köppen del Instituto para la Investigación de la Energía y el Ambiente (IFEU por sus siglas en alemán), por el entrenamiento llevado a cabo en Paraguay para la medición de las emisiones de GEI y no GEI de los biocombustibles, con el apoyo de la Agencia Federal Ambiental de Alemania (UBA por sus siglas en alemán); y a los colegas de FAO, René Araujo Enciso y Holger Matthey por el entrenamiento realizado sobre el Modelo Aglink-Cosimo para la medición del Indicador 10 (Precio y Oferta de la Canasta Nacional de Alimentos). Estamos, además, agradecidos a los colegas Constance Miller y Giovanna Pesci por su ayuda en la finalización de este documento y a Federica Maffeo por su apoyo administrativo. Finalmente, deseamos expresar nuestra gratitud a la Oficina Regional para América Latina y el Caribe de FAO, la Representación Regional de FAO en Paraguay y especialmente a Rolf Hackbart (Representante Permanente de FAO en Paraguay), Cesar Balbuena Ferreiro y Fátima Galván Espínola, por su apreciado apoyo a este proyecto.

ACRÓNIMOS

ADIFCA	Asociación de Docentes Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA
BAAPA	Bosque Atlántico del Alto Paraná
BCP	Banco Central del Paraguay
CEAMSO	Centro de Estudios Ambientales y Sociales
CMO	Aceite Crudo de Maíz
DALY	Disability Adjusted Life Year
DCEA	Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias
DDGS	Granos Destilados Secos y Solubles
DGEEC	Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censo
EFISA	Empresa Forestal e Industrial Sociedad Anonima
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FMI	Fondo Monetario Internacional
GACC	Global Alliance for Clean Cookstoves
GBEP	Asociación Global de Bioenergía
GEI	Gases de efecto invernadero
GENI	Global Energy Network Institute
HAP	Polución de Aire en los Hogares
IEA	Agencia Internacional de Energía
IFEA	Instituto de Medio Ambiente y Energía (Alemania)
IHME	Institute for Health Metrics and Evaluation
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
IKI	Iniciativa Climática Internacional
INFONA	Instituto Forestal Nacional
INPASA	Industria Paraguaya de Alcoholes S.A.
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería

MDL	Mecanismos de Desarrollo Limpios
MGE	Productores de mediana y grandes escalas. Se consideró escala mediana cuando se desarrolla en fincas desde 10,01 hasta 200 ha y escala grande a la producción desarrollada en fincas de superficie superior a 200 ha
MIC	Ministerio de Industria y Comercio
MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
MSPBS	Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social
MSWG	Grupo de Trabajo Multi Actores
MTESS	Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OIT	Organización Internacional del Trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización No Gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ONUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PCI	Poder calorifero inferior
PE	Productores de pequeña escala. Se consideró pequeña escala cuando se desarrolla en fincas de una hasta 10 ha de superficie
PNUD	Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo
REDIEX	La Red de Inversión y Exportación del MIC
SEAM	Secretaría del Ambiente
UCA	Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción
UNFCCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
VMME	Vice Ministerio de Minas y Energía
WDGS	Granos Húmedos de Destilería con Solubles

UNIDADES

bbl/d	Barriles de petróleo por día
cmol	Centimol
CO₂eq	Dióxido de Carbono equivalente
GJ	Giga Joule
GWh	Gigawatt hora
ha	Hectárea
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
kt	Kilo Toneladas
ktep	Kilo Toneladas Equivalente de Petróleo
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt hora
L	Litros
M litros	Millón de litros
m³	Metro cúbico
mg	Miligramo
MJ	Mega Joule
PYG	Guaraníes paraguayos
t	Tonelada métrica (o tonelada)
TS	Sólidos Totales
USD	Dólar estadounidense

CAPÍTULO 1

IMPLEMENTACIÓN DE LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD PARA BIOENERGÍA GBEP EN PARAGUAY

1.1 LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD DE BIOENERGÍA GBEP

1.1.1 Introducción

La Asociación Global de la Bioenergía (GBEP) es una iniciativa internacional donde más de 40 Miembros y Observadores (referidos simplemente como “miembros” a lo largo de este reporte), entre gobiernos, organizaciones intergubernamentales y sociedad civil, trabajan en las áreas de la sostenibilidad de la bioenergía y su contribución a la mitigación del cambio climático. GBEP provee una plataforma para compartir información; así como ejemplos de

buenas prácticas en bioenergía sustentable, la iniciativa construye sus actividades en tres áreas estratégicas: desarrollo sostenible, cambio climático, y seguridad alimentaria y energética. También busca ampliar el desarrollo e implementación de proyectos colaborativos, con una visión de optimizar la contribución de la bioenergía al desarrollo sustentable, tomando en cuenta los factores ambientales, sociales y económicos. En diciembre 2011, GBEP publicó un reporte con un juego de veinticuatro indicadores de sustentabilidad para bioenergía (se muestra una descripción en los cuadros al final de este capítulo), con contribuciones de todos los miembros y acordados en base a consensos (FAO, 2011).

A pesar de que varias iniciativas nacionales e internacionales han definido sus propios criterios de sostenibilidad para bioenergía (principalmente enfocado a biocombustibles líquidos), el particular y único trabajo de GBEP yace en el hecho de que, actualmente, es la

única iniciativa que ha construido consenso entre un amplio rango de organizaciones nacionales e internacionales en la sostenibilidad de bioenergía; y en el hecho de que el énfasis se hace en proveer mediciones útiles para ser utilizadas en el desarrollo y análisis de políticas a nivel nacional. Aún más, el trabajo de GBEP abarca todo tipo de formas de bioenergía. Los indicadores de sostenibilidad de GBEP no refieren direcciones, límites, umbrales y no constituyen un estándar, ni están legalmente vinculados a los miembros de GBEP.

GBEP ha desarrollado un juego de indicadores científicos y relevantes técnicamente para la evaluación nacional de la producción y uso doméstico de formas modernas de bioenergía. Todos los miembros fueron invitados a contribuir sus respectivas experiencias; y pericia técnica para el desarrollo y refinamiento de los indicadores.

GBEP primero desarrolló y acordó provisionalmente en una lista de temas, y entonces estableció tres subgrupos: (1) Ambiental, coliderados por Alemania y ONU Ambiente; (2) Social, liderado por FAO; y (3) Económico y Seguridad Energética, coliderados por IEA y Fundación ONU. Cada subgrupo tomó el trabajo detallado en los indicadores para estos temas, los cuales fueron divididos igualitariamente entre los tres encabezados de los subgrupos. El reporte de GBEP sobre los indicadores de sostenibilidad de bioenergía, también contiene una sección que lista ejemplos de información contextual acerca de temas transversales relacionados al marco legal, de política e institucional de relevancia para la bioenergía y su habilidad de contribuir al desarrollo sostenible. Se sugiere que esta información contextual podría ayudar al análisis de los indicadores, con la ulterior meta de informar el desarrollo de políticas.

Durante el proceso de desarrollo de indicadores y sus hojas metodológicas subyacentes, los miembros de GBEP tomaron en cuenta el trabajo de organizaciones internacionales y procesos internacionales relevantes relacionados a la calidad ambiental, al bienestar social y desarrollo económico sostenible. Ejemplos de algunas de las organizaciones internacionales relevantes cuyos trabajos han abordado el

desarrollo de los indicadores incluye la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Ambiente ONU, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El desarrollo de los indicadores hace uso de documentos de guía existentes en el desarrollo sostenible tal como es discutido en la comunidad global, tomando en cuenta especialmente los Objetivos del Desarrollo del Milenio (ODMs), la Comisión de Desarrollo Sostenible (CSD), y Agenda 21. GBEP desarrolló temas que están conectados al impacto social de acceso a servicios modernos de energía, seguridad y salud humana notable; y desarrollo rural y social. Desde la publicación de los Indicadores de Sostenibilidad (FAO, 2011), los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODSs) han sido aceptados internacionalmente. Casi todos los 17 ODSs están vinculados a la biomasa en alguna forma, sea como un motor para el aumento del uso o como salvaguarda de sostenibilidad (IINAS & IFEU, 2018). Aún más, el acceso a los servicios modernos de energía a partir de la bioenergía para hogares y negocios pueden promover el desarrollo social y reducción de la pobreza y como tal puede contribuir para alcanzar varios ODSs, incluyendo aquellos relacionados a la salud, educación e igualdad de género; además, de acceso a la energía.

GBEP desarrolló indicadores relevantes para los temas económicos de sostenibilidad, incluyendo aquellos que cubren los conceptos de desarrollo económico, seguridad energética, disponibilidad de recursos, uso eficiente, desarrollo de infraestructura, y acceso a tecnología. Los indicadores relacionados a estos temas fueron informados por el trabajo de la CSD, organizaciones internacionales, agencias y ministerios dentro de los gobiernos de los miembros de GBEP.

Dentro del pilar ambiental, una cantidad de temas centrales fueron considerados como parte de la discusión de los indicadores de sostenibilidad de GBEP, incluyendo aquellos

relacionados a emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), capacidad productiva de las tierras y ecosistemas, calidad del agua y aire, diversidad biológica, cambio de uso de tierra. Estos aspectos importantes fueron discutidos e incorporados dentro de indicadores relevantes y sus subsecuentes metodologías.

En consecuencia, el desarrollo de los indicadores fue objeto de procesos internacionales relevantes que se enfocaron en estos temas, incluyendo la Convención en Diversidad Biológica (CBD), el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).

El criterio de selección de los indicadores ha sido de relevancia, practicidad y base científica. Adicionalmente, la escala geográfica fue considerada, al igual que la evaluación del balance y comprensión del juego completo de indicadores manteniendo su practicidad.

En las páginas siguientes, los veinticuatro indicadores de sostenibilidad de bioenergía de GBEP se presentan y ordenan bajo tres pilares, con los temas relevantes descriptos en la parte superior de cada pilar. El orden en el cual los indicadores son presentados no tiene significancia. En las hojas metodológicas de cada indicador del Reporte de los Indicadores de 2011, se puede encontrar información que respalda totalmente la relevancia, practicidad y base científica de cada indicador, incluyendo abordajes sugeridos para sus mediciones.

1.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS INDICADORES GBEP

Los Indicadores de Sostenibilidad de Bioenergía de GBEP han sido implementados en varios países en varias regiones del Mundo. Estos

países obtuvieron información valiosa acerca del desempeño de sus sectores de bioenergía. Aún más importante, la aplicación de los indicadores, proveyeron a las instituciones la comprensión de cómo establecer los medios de un monitoreo periódico y de largo plazo de sus sectores de bioenergía basado en los indicadores GBEP, resultando en un importante aumento en el conocimiento y comprensión de este sector e incluso en forma más general, la manera en la cual la contribución de sus sectores de agricultura y energía en el desarrollo nacional sostenible puede ser evaluado. Aún más, la implementación de los indicadores GBEP proveyeron indicaciones útiles en cómo aumentar su practicidad como una herramienta para el desarrollo sostenible. En base a estas indicaciones, la Fuerza de Trabajo en Sostenibilidad de GBEP fue reabierto en el 2015; y está actualmente compilando las lecciones aprendidas a modo de proveer guías paso a paso, adicionales para una implementación nacional futura. Esto será compilado en una Guía de Implementación que será finalizada durante el 2018.

Dado los requerimientos de datos y el amplio rango de la experiencia científica necesaria, en lo que es un área relativamente nueva, algunos países pueden requerir asistencia técnica y financiera a fin de medir los indicadores y utilizarlos para informar a los que hacen políticas. En respuesta, FAO, que se encuentra entre los miembros fundadores de la Asociación Global de Bioenergía, inició la exploración de posibles vías para implementar los indicadores en aquellos países en vías de desarrollo que habían expresado su interés en un proyecto como éste. Esto condujo a una propuesta para un proyecto, en Paraguay y Vietnam, que ha sido aceptado para recibir fondos por la Iniciativa del Clima Internacional (IKI) del Ministerio Federal para el Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y de Construcción de Alemania. El proyecto se inició en mayo 2016 y terminó en abril 2018.

1.3 ALCANCE DEL PROYECTO Y ABORDAJE DE LA IMPLEMENTACIÓN EN PARAGUAY

El objetivo general del proyecto fue fortalecer la capacidad de Paraguay y Vietnam para monitorear los impactos ambientales, sociales y económicos de sus sectores de bioenergía, a través de la implementación de los Indicadores para Sostenibilidad de GBEP y el soporte técnico relacionado. Además, el proyecto apuntó a informar y apoyar el diseño de unas efectivas políticas de bioenergía sostenible como parte de unas estrategias de desarrollo de bajo carbono. Al perseguir estos objetivos, el proyecto proveyó las bases para un mejor planeamiento y gerenciamiento de recursos, incluyendo suelo, agua, uso de tierra en los dos países seleccionados.

La implementación de los indicadores GBEP condujo a interesantes resultados y lecciones aprendidas, los cuales fueron compartidos y discutidos con los representantes de países vecinos y organizaciones internacionales relevantes. Las arriba mencionadas lecciones aprendidas fueron; asimismo, incorporadas en la Guía de Implementación que fue desarrollada bajo el Grupo de Trabajo en Construcción de Capacidad de GBEP como un complemento al reporte de los Indicadores de Sostenibilidad de Bioenergía de GBEP.

En Paraguay, el proyecto fue ejecutado bajo el liderazgo del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG); y fue establecido un Grupo de Trabajo Multi Actores (MSWG) en los inicios del proyecto, el cual incluyó alrededor de 50 actores sectoriales relevantes tanto del sector público como del sector privado; del cual formaron parte; también, agencias gubernamentales, instituciones de investigación y desarrollo, organizaciones de productores y empresas privadas. Al MSWG se le asignaron las siguientes tareas:

- ▶ Proveer guía en asuntos de alto nivel relacionados a la implementación del proyecto (por ejemplo: el foco principal del Proyecto);
- ▶ Proveer y verificar los datos e información requeridos para la medición de los Indicadores GBEP;
- ▶ Proveer retroalimentación en los resultados preliminares de esta medición; y
- ▶ Contribuir con la interpretación de estos resultados y con su conducción hacia los procesos de tomas de decisiones en el sector de bioenergía.

Sobre las discusiones que tuvieron lugar durante la primera reunión del MSWG en junio 2016, se identificaron tres procesos bioenergéticos prioritarios en el Paraguay. Ellos fueron elegidos en base a su desarrollo; su relevancia en términos de los que formulan las políticas; y la necesidad de evidencia y análisis adicionales en relación con su competitividad y sustentabilidad. Los siguientes procesos bioenergéticos y sus aspectos de sostenibilidad relacionados representan el principal foco de este proyecto:

- ▶ Biomasa forestal para energía, en ambos niveles de uso: doméstico e industrial;
- ▶ Etanol de maíz; y
- ▶ Etanol de caña de azúcar.

Otros aspectos que influyeron en el MSWG para la selección de estos procesos bioenergéticos son: la importante participación en la matriz energética nacional del etanol, tanto anhidro como hidratado; el debate instalado respecto al uso de caña de azúcar y maíz que incluso derivó en la promulgación de la Ley 5444/15 sobre el “Fomento de Consumo de Alcohol Absoluto y Alcohol Carburante”, y la importante participación de la biomasa forestal en la matriz de consumo, principalmente en base a biomasa tradicional.

En relación con la Biomasa Forestal, el principal objetivo del análisis fue comparar el uso de la biomasa que proviene de plantaciones forestales (mayoritariamente Eucalipto) con el uso de la biomasa proveniente de bosques nativos, y establecer una línea de base para un monitoreo futuro.

En lo que respecta al etanol; la línea base de estudio del etanol proveniente de la caña de

azúcar fue definida desde el año 2005, ya que a raíz de la promulgación de la Ley 2748/2005 “De Fomento a los Biocombustibles” y su reglamentación se inició la obligatoriedad de la mezcla del etanol con las naftas con octanajes menores a 97 a escalas mayores a las que se venía mezclando desde 1999, llegando al 25% de mezcla a los pocos años de promulgada la Ley. Se analizaron dos diferentes sistemas de cultivo de la caña de azúcar: pequeña escala; medio y gran escala.

La línea base de estudio para el etanol proveniente de maíz se definió desde el año 2008, debido principalmente a que desde ese año comenzó a utilizarse esta materia prima para la producción de etanol; adicionalmente, desde este año se disponen de datos diferenciados de plantaciones de maíz y maíz zafriña.

La aplicación de los Indicadores de Sostenibilidad de Bioenergía de GBEP a las cadenas de valor de la biomasa forestal y del etanol en el Paraguay fue confiada a un equipo de expertos en cada uno de tres Centros de Excelencia Nacionales responsables del trabajo, siguiendo un proceso estricto de revisión y evaluación de sus capacidades, a cargo de los oficiales de la FAO y de la Coordinación Nacional. Ellos han sido:

- ▶ La Asociación de Docentes Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA (ADIFCA);
- ▶ La Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (UCA); y
- ▶ El Centro de Estudios Ambientales y Sociales (CEAMSO).

Los arriba mencionados Centros de Excelencia fueron apoyados por FAO y otros expertos internacionales a lo largo del proyecto. En particular, FAO, juntamente con expertos *inter alia* del país donante, Alemania, proveyó soporte técnico a los expertos nacionales, durante las reuniones; así como a través de comunicaciones telefónicas y electrónicas, en relación con el significado del raciocinio detrás de los indicadores y sus respectivos abordajes metodológicos; al igual que en la adaptación de los abordajes metodológicos de GBEP existentes en el contexto del país; y como implementar las metodologías seleccionadas. FAO revisó la

información proveída por los expertos de los Centros de Excelencia a través de un diálogo iterativo y con vistas a asegurar consistencia a través de los indicadores, especialmente en términos de entrada de datos y presunciones. En algunos casos, FAO complementó los borradores preparados por los expertos con información disponible en la literatura, base de datos internacionales y otras fuentes electrónicas.

A lo largo del proyecto, se organizaron cuatro reuniones del MSWG. Estas reuniones jugaron un rol clave en la validación de los datos, la calibración de las presunciones, la discusión e interpretación de los resultados, y el desarrollo de las recomendaciones relacionadas. Por otra parte, estas reuniones proveyeron la oportunidad de conducir los resultados de la implementación de los indicadores GBEP en procesos relevantes de tomas de decisión en ambos niveles o sectores, público y privado.

Los resultados y recomendaciones emergentes de la implementación de los Indicadores de Sustentabilidad para la Bioenergía de GBEP en Paraguay fueron compartidos con representantes de gobiernos de países vecinos, durante un workshop que se llevó a cabo en Asunción en diciembre 2017; representantes de organizaciones internacionales relevantes y bancos de desarrollo asistieron al evento igualmente. El workshop ofreció una oportunidad de compartir información acerca del estado del sector de bioenergía y políticas relacionadas en varios países de América Latina. Asimismo, los participantes compartieron sus experiencias relacionadas a la evaluación y gerenciamiento de aspectos de sostenibilidad ambiental, social y económica asociadas con el desarrollo de la bioenergía moderna. Asimismo, se discutió el potencial de un incremento en la producción y uso sostenible de bioenergía en América Latina y barreras relacionadas, juntamente con oportunidades de posible cooperación regional y opciones de financiamiento para explotar este potencial de la bioenergía sostenible.

REFERENCIAS

FAO, 2011. The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy. First Edition. Versión en Español ISBN 978-92-5-107249-3. Disponible en: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/GBEP_Report-traducci%C3%B3n_espa%C3%B1ol.pdf

International Institute for Sustainability Analysis and Strategy (IINAS) & Institute of Energy and Environmental Research (IFEU), 2018. Linkages between the Sustainable Development Goals (SDGs) and the GBEP Sustainability Indicators for Bioenergy (GSI): Technical Paper for the GBEP Task Force on Sustainability. Disponible en: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/IINAS_IFEU__2018__Linkages_SDGs_and_GSIs_-_final.pdf

PILAR MEDIOAMBIENTAL

TEMAS

GBEP CONSIDERA RELEVANTES LOS SIGUIENTES TEMAS, LOS CUALES GUIARON EL DESARROLLO DE LOS INDICADORES BAJO ESTE PILAR: EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI), CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA TIERRA Y LOS ECOSISTEMAS, CALIDAD DEL AIRE, DISPONIBILIDAD, EFICIENCIA Y CALIDAD DEL USO DEL AGUA, DIVERSIDAD BIOLÓGICA, CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA, INCLUYENDO LOS EFECTOS INDIRECTOS.

NOMBRE DEL INDICADOR	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR
1. EMISIONES DE GEI EN TODO EL CICLO DE VIDA	EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN TODO EL CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN Y USO DE BIOENERGÍA, CONFORME A LA METODOLOGÍA ELEGIDA A NIVEL NACIONAL O COMUNITARIO Y PRESENTADAS USANDO EL MARCO METODOLÓGICO COMÚN DE GBEP PARA EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO PROCEDENTES DE LA BIOENERGÍA 'VERSIÓN UNO'
2. CALIDAD DEL SUELO	PORCENTAJE DE LA TIERRA EN EL CUAL LA CALIDAD DEL SUELO, ESPECIALMENTE EN TÉRMINOS DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO, SE MANTIENE O SE MEJORA CON RESPECTO A LA TIERRA TOTAL EN LA CUAL SE CULTIVAN O COSECHAN LAS MATERIAS PRIMAS PARA LA BIOENERGÍA
3. NIVELES DE COSECHA DE RECURSOS MADEREROS	COSECHA ANUAL DE RECURSOS MADEREROS EN VOLUMEN Y COMO PORCENTAJE DE CRECIMIENTO NETO O DE RENDIMIENTO SOSTENIDO, Y PORCENTAJE DE LA COSECHA ANUAL USADO PARA BIOENERGÍA
4. EMISIONES DE CONTAMINANTES DEL AIRE QUE NO SON GEI, INCLUYENDO SUSTANCIAS TÓXICAS DEL AIRE	EMISIONES DE CONTAMINANTES DEL AIRE QUE NO SON GEI, INCLUYENDO SUSTANCIAS TÓXICAS DEL AIRE, POR LA PRODUCCIÓN DE MATERIAS PRIMAS, PROCESAMIENTO, TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS, PRODUCTOS INTERMEDIOS Y FINALES Y USO DE LA BIOENERGÍA, EN COMPARACIÓN CON OTRAS FUENTES DE ENERGÍA
5. USO Y EFICIENCIA DEL AGUA	<ul style="list-style-type: none"> • AGUA EXTRAÍDA DE CUENCAS HÍDRICAS DETERMINADAS A NIVEL NACIONAL PARA LA PRODUCCIÓN Y PROCESAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS PARA BIOENERGÍA, EXPRESADA COMO EL PORCENTAJE DE RECURSOS HÍDRICOS RENOVABLES REALES TOTALES (TARWR, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) Y COMO EL PORCENTAJE DE LAS EXTRACCIONES DE AGUA ANUALES TOTALES (TAWW, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS), DESAGREGADAS EN FUENTES DE AGUA RENOVABLES Y NO RENOVABLES • VOLUMEN DE AGUA EXTRAÍDO DE CUENCAS HÍDRICAS DETERMINADAS A NIVEL NACIONAL, USADO PARA LA PRODUCCIÓN Y EL PROCESAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS PARA BIOENERGÍA POR UNIDAD DE BIOENERGÍA PRODUCIDA, DESAGREGADO EN FUENTES DE AGUA RENOVABLES Y NO RENOVABLES
6. CALIDAD DEL AGUA	<ul style="list-style-type: none"> • CANTIDADES DE CONTAMINANTES QUE ENTRAN EN LAS VÍAS FLUVIALES Y OTRAS AGUAS, ATRIBUIBLES A LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES Y PESTICIDAS PARA EL CULTIVO DE MATERIAS PRIMAS PARA BIOENERGÍA, Y EXPRESADAS COMO EL PORCENTAJE SOBRE LAS CANTIDADES DE CONTAMINANTES PROCEDENTES DE LOS EFLUENTES TOTALES DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA CUENCA HIDROLÓGICA • CANTIDADES DE CONTAMINANTES QUE ENTRAN EN LAS VÍAS FLUVIALES Y OTRAS AGUAS, ATRIBUIBLES A LOS EFLUENTES DE PROCESAMIENTO DE BIOENERGÍA, Y EXPRESADAS COMO PORCENTAJE DE CANTIDADES DE CONTAMINANTES TOTALES DE LOS EFLUENTES DEL PROCESAMIENTO AGRÍCOLA EN LA CUENCA HIDROLÓGICA
7. DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN EL PARAJE NATURAL	<ul style="list-style-type: none"> • ÁREA Y PORCENTAJE DE LAS ÁREAS RECONOCIDAS NACIONALMENTE COMO DE ALTO VALOR DE BIODIVERSIDAD O ECOSISTEMAS CRÍTICOS CONVERTIDOS A PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA • ÁREA Y PORCENTAJE DE LA TIERRA USADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA DONDE SE CULTIVAN ESPECIES INVASORAS RECONOCIDAS NACIONALMENTE, POR CATEGORÍA DE RIESGO • ÁREA Y PORCENTAJE DE TIERRA USADA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA DONDE SE USAN MÉTODOS DE CONSERVACIÓN RECONOCIDOS NACIONALMENTE
8. USO DE LA TIERRA Y CAMBIO DE USO DE LA TIERRA CON LA PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA PARA BIOENERGÍA	<ul style="list-style-type: none"> • ÁREA TOTAL DE TIERRA PARA LA PRODUCCIÓN DE MATERIAS PRIMAS PARA BIOENERGÍA Y EN COMPARACIÓN CON LA SUPERFICIE NACIONAL TOTAL Y LAS ÁREAS DE TIERRAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES GESTIONADAS • PORCENTAJES DE BIOENERGÍA PROCEDENTES DE INCREMENTOS DEL RENDIMIENTO, RESIDUOS, DESECHOS Y TIERRAS DEGRADADAS O CONTAMINADAS • TASAS ANUALES NETAS DE CONVERSIÓN ENTRE TIPOS DE USO DE TIERRA CAUSADA DIRECTAMENTE POR LA PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA PARA BIOENERGÍA, INCLUYENDO, ENTRE OTROS, LOS SIGUIENTES: <ul style="list-style-type: none"> • TIERRA CULTIVABLE Y CULTIVOS PERENNES, PRADOS Y PASTIZALES PERMANENTES Y BOSQUES GESTIONADOS; • BOSQUES NATURALES Y DEHESAS (INCLUYENDO SABANAS, EXCLUYENDO PRADOS Y PASTIZALES PERMANENTES) TURBERAS Y HUMEDALES

PILAR SOCIAL

TEMAS

GBEP CONSIDERA RELEVANTES LOS SIGUIENTES TEMAS, Y ÉSTOS GUIARON EL DESARROLLO DE LOS INDICADORES BAJO ESTE PILAR: PRECIO Y OFERTA DE UNA CANASTA ALIMENTARIA NACIONAL, ACCESO A LA TIERRA, EL AGUA Y OTROS RECURSOS NATURALES, CONDICIONES LABORALES, DESARROLLO RURAL Y SOCIAL, ACCESO A LA ENERGÍA, SALUD Y SEGURIDAD HUMANAS

NOMBRE DEL INDICADOR	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR
9. ASIGNACIÓN Y TENENCIA DE LA TIERRA PARA NUEVA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA	PORCENTAJE DE TIERRA – TOTAL Y POR TIPO DE USO DE LA TIERRA – USADA PARA NUEVA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA DONDE: <ul style="list-style-type: none"> • UN INSTRUMENTO LEGAL O UNA AUTORIDAD NACIONAL ESTABLECE LA PROPIEDAD DE LA TIERRA Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL CAMBIO DE PROPIEDAD; Y • EL ACTUAL SISTEMA LEGAL NACIONAL Y/O LAS PRÁCTICAS SOCIALMENTE ACEPTADAS PROPORCIONAN EL TRÁMITE PRECEPTIVO Y SE SIGUEN LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS PARA DETERMINAR LA PROPIEDAD LEGAL
10. PRECIO Y OFERTA DE UNA CANASTA ALIMENTARIA NACIONAL	EFECTOS DE LA PRODUCCIÓN Y USO NACIONAL DE LA BIOENERGÍA SOBRE EL PRECIO Y OFERTA DE UNA CANASTA ALIMENTARIA: QUE ES UN CONJUNTO DE ALIMENTOS REPRESENTATIVOS AL NIVEL NACIONAL, INCLUIDOS LOS PRINCIPALES CULTIVOS BÁSICOS, MEDIDOS A NIVEL NACIONAL, REGIONAL Y/O DE HOGAR, TENIENDO EN CUENTA: <ul style="list-style-type: none"> • LOS CAMBIOS EN LA DEMANDA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS PARA ALIMENTOS DE HUMANOS, DE ANIMALES Y FIBRA; • LOS CAMBIOS EN LA IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS; • LOS CAMBIOS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEBIDOS A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS; • LOS CAMBIOS EN LOS COSTES AGRÍCOLAS DERIVADOS DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO Y OTRAS ENERGÍAS; Y • EL IMPACTO DE LA VOLATILIDAD E INFLACIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS ALIMENTOS EN EL NIVEL DE BIENESTAR NACIONAL, REGIONAL Y/O DOMÉSTICO, TAL Y COMO HA SIDO DETERMINADO EN EL PAÍS
11. CAMBIO EN INGRESOS	CONTRIBUCIÓN DE LO SIGUIENTE AL CAMBIO EN INGRESOS DEBIDO A LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA: <ul style="list-style-type: none"> • SALARIOS PAGADOS A EMPLEADOS DEL SECTOR BIOENERGÉTICO EN RELACIÓN CON SECTORES COMPARABLES • INGRESOS NETOS POR LA VENTA, INTERCAMBIO Y/O AUTOCONSUMO DE PRODUCTOS BIOENERGÉTICOS, INCLUYENDO MATERIAS PRIMAS, REALIZADOS POR HOGARES O PERSONAS AUTO-EMPLEADAS
12. EMPLEOS EN EL SECTOR DE LA BIOENERGÍA	CREACIÓN DE EMPLEO NETA COMO RESULTADO DE LA PRODUCCIÓN Y EL USO DE LA BIOENERGÍA, TOTAL Y DESAGREGADO (SI ES POSIBLE) DE LA MANERA SIGUIENTE: <ul style="list-style-type: none"> • CALIFICADO / NO CALIFICADO • TEMPORAL / INDEFINIDO • NÚMERO TOTAL DE EMPLEOS EN EL SECTOR DE LA BIOENERGÍA Y PORCENTAJE QUE CUMPLE CON LAS NORMAS LABORALES RECONOCIDAS NACIONALMENTE, CONGRUENTES CON LOS PRINCIPIOS ENUMERADOS EN LA DECLARACIÓN DE LA OIT SOBRE PRINCIPIOS Y DERECHOS FUNDAMENTALES EN EL TRABAJO, EN RELACIÓN CON SECTORES COMPARABLES
13. CAMBIO EN EL TIEMPO NO PAGADO INVERTIDO POR MUJERES Y NIÑOS EN LA RECOLECCIÓN DE BIOMASA	CAMBIO EN EL TIEMPO PROMEDIO NO PAGADO INVERTIDO POR MUJERES Y NIÑOS EN LA RECOLECCIÓN DE BIOMASA, COMO RESULTADO DE CAMBIAR DEL USO TRADICIONAL DE LA BIOMASA A LOS SERVICIOS MODERNOS DE BIOENERGÍA
14. BIOENERGÍA USADA PARA AMPLIAR EL ACCESO A SERVICIOS MODERNOS DE ENERGÍA	<ul style="list-style-type: none"> • CANTIDAD TOTAL Y PORCENTAJE DE MAYOR ACCESO A SERVICIOS ENERGÉTICOS MODERNOS, OBTENIDOS POR MEDIO DE BIOENERGÍA MODERNA (DESAGREGADOS POR TIPO DE BIOENERGÍA), MEDIDOS EN TÉRMINOS DE ENERGÍA Y NÚMEROS DE HOGARES Y NEGOCIOS • NÚMERO TOTAL Y PORCENTAJE DE HOGARES Y NEGOCIOS QUE USAN LA BIOENERGÍA (DESAGREGADOS EN BIOENERGÍA MODERNA), Y USO TRADICIONAL DE LA BIOMASA
15. CAMBIO EN LA MORTALIDAD Y TASAS DE ENFERMEDADES ATRIBUIBLES A HUMOS EN ESPACIOS CERRADOS	CAMBIO EN LA MORTALIDAD Y EN LAS TASAS DE ENFERMEDADES ATRIBUIBLES A HUMOS EN ESPACIOS CERRADOS POR EL USO DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS, Y CAMBIOS EN ÉSTOS COMO RESULTADO DEL MAYOR DESPLIEGUE DE LOS SERVICIOS DE BIOENERGÍA MODERNA, INCLUYENDO COCINAS DE BIOMASA MEJORADAS
16. INCIDENCIA DE LESIONES, ENFERMEDADES Y MUERTES LABORALES	INCIDENCIA DE LESIONES, ENFERMEDADES Y MUERTES LABORALES EN LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA EN RELACIÓN CON SECTORES COMPARABLES

PILAR ECONÓMICO

TEMAS

GBEP CONSIDERA LOS SIGUIENTES TEMAS RELEVANTES Y ÉSTOS GUIARON EL DESARROLLO DE LOS INDICADORES BAJO ESTE PILAR:

- DISPONIBILIDAD DE RECURSOS Y EFICIENCIA DE SU UTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN, CONVERSIÓN, DISTRIBUCIÓN Y USO FINAL DE LA BIOENERGÍA, DESARROLLO ECONÓMICO, VIABILIDAD ECONÓMICA Y COMPETITIVIDAD DE LA BIOENERGÍA, ACCESO A LA TECNOLOGÍA Y A LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS, SEGURIDAD ENERGÉTICA / DIVERSIFICACIÓN DE FUENTES Y SUMINISTRO, SEGURIDAD ENERGÉTICA / INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA DE DISTRIBUCIÓN Y USO

NOMBRE DEL INDICADOR	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR
17. PRODUCTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • PRODUCTIVIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS PARA BIOENERGÍA POR MATERIA PRIMA O POR GRANJA/PLANTACIÓN • EFICIENCIAS DE PROCESAMIENTO POR TECNOLOGÍA Y MATERIA PRIMA • CANTIDAD DE PRODUCTO FINAL DE BIOENERGÍA POR MASA, VOLUMEN O CONTENIDO ENERGÉTICO POR HECTÁREA POR AÑO • COSTE DE PRODUCCIÓN POR UNIDAD DE BIOENERGÍA
18. BALANCE NETO DE ENERGÍA	RATIO DE ENERGÍA DE LA CADENA DE VALOR DE LA BIOENERGÍA EN COMPARACIÓN CON OTRAS FUENTES DE ENERGÍA; INCLUYENDO RATIOS DE ENERGÍA DE PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA; PROCESAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOENERGÍA; USO DE LA BIOENERGÍA; Y/O ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA
19. VALOR AGREGADO BRUTO	VALOR AGREGADO BRUTO POR UNIDAD DE BIOENERGÍA PRODUCIDA Y COMO PORCENTAJE DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO
20. CAMBIO EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES Y EN EL USO TRADICIONAL DE LA BIOMASA	<ul style="list-style-type: none"> • SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES POR BIOENERGÍA NACIONAL MEDIDA EN CONTENIDO ENERGÉTICO; Y AHORROS ANUALES DE DIVISAS CONVERTIBLES, DEBIDOS A LA REDUCCIÓN DE COMPRAS DE COMBUSTIBLES FÓSILES • SUSTITUCIÓN DEL USO TRADICIONAL DE LA BIOMASA POR BIOENERGÍA MODERNA NACIONAL, EN CONTENIDO ENERGÉTICO
21. FORMACIÓN Y RECALIFICACIÓN DE LOS TRABAJADORES	PORCENTAJE DE TRABAJADORES FORMADOS EN EL SECTOR DE LA BIOENERGÍA DEL TOTAL DE LA MASA LABORAL; Y PORCENTAJE DE TRABAJADORES RECALIFICADOS DEL NÚMERO TOTAL DE EMPLEOS PERDIDOS EN EL SECTOR DE LA BIOENERGÍA
22. DIVERSIDAD ENERGÉTICA	CAMBIO EN LA DIVERSIDAD DEL SUMINISTRO TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA DEBIDO A LA BIOENERGÍA
23. INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE BIOENERGÍA	NÚMERO Y CAPACIDAD DE RUTAS PARA LOS SISTEMAS CRÍTICOS DE DISTRIBUCIÓN, JUNTO CON UNA EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE BIOENERGÍA ASOCIADA CON CADA UNO DE ELLOS
24. CAPACIDAD Y FLEXIBILIDAD DEL USO DE LA BIOENERGÍA	<ul style="list-style-type: none"> • RATIO DE CAPACIDAD PARA EL USO DE BIOENERGÍA, EN COMPARACIÓN CON EL USO REAL POR CADA RUTA SIGNIFICATIVA DE UTILIZACIÓN • RATIO DE CAPACIDAD FLEXIBLE QUE PUEDE USAR BIOENERGÍA U OTRAS FUENTES ENERGÉTICAS FRENTE A CAPACIDAD TOTAL

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN DEL PAÍS Y SECTOR DE LA BIOENERGÍA

Guillermo Parra, Tiziana Pirelli,
Constance Miller

Organización de las Naciones Unidas para la
Alimentación y la Agricultura (FAO)

2.1 CONTEXTO DEL PAÍS

2.1.1 Descripción general

Paraguay, oficialmente conocido como la República Constitucional de Paraguay, es un país sin salida al mar en el centro de América del Sur, con una superficie total de 406 752 km² (DGEEC, 2013a). Limita con Argentina al sur y suroeste, Brasil al este y noreste, y Bolivia al noroeste. El Río Paraguay divide el país en dos regiones fisiográficas distintas: occidental y oriental (ver **Figura 1**). La región occidental, que comprende aproximadamente el 60% del país, se caracteriza por las llanuras semiáridas del Chaco paraguayo. En general, el suelo en esta región varía de neutro a alcalino. La región no recibe grandes cantidades de lluvia, con un promedio de solo 400 mm por

año. Por el contrario, el 40% restante del país corresponde a la región oriental; región húmeda y con un paisaje cubierto por colinas con suelos ferralíticos y ácidos en rocas cristalinas antiguas (gneis, granito, esquistos); y que puede recibir hasta 1 700 mm de lluvia anualmente (FAO, 2006).

Aunque Paraguay no cuenta con un inventario completo de su flora y fauna, las estimaciones sugieren que hay aproximadamente 9 000 especies de plantas endémicas; 4 000 especies de plantas no nativas y alrededor de 1 233 a 1 336 especies de vertebrados (CBD, 2014). Ambas regiones contribuyen a esta diversidad biológica. El Chaco paraguayo en el oeste es parte de una de las extensiones continentales contiguas del bosque tropical seco y alberga la mayor parte del bosque intacto de Paraguay. La región oriental es compatible con el Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA), un bosque semi-caducifolio húmedo subtropical, que se considera uno de los ecosistemas más biodiversos y amenazados del mundo (Walcott *et al.*, 2015).

FIGURA 1

REGIONES DEL PARAGUAY



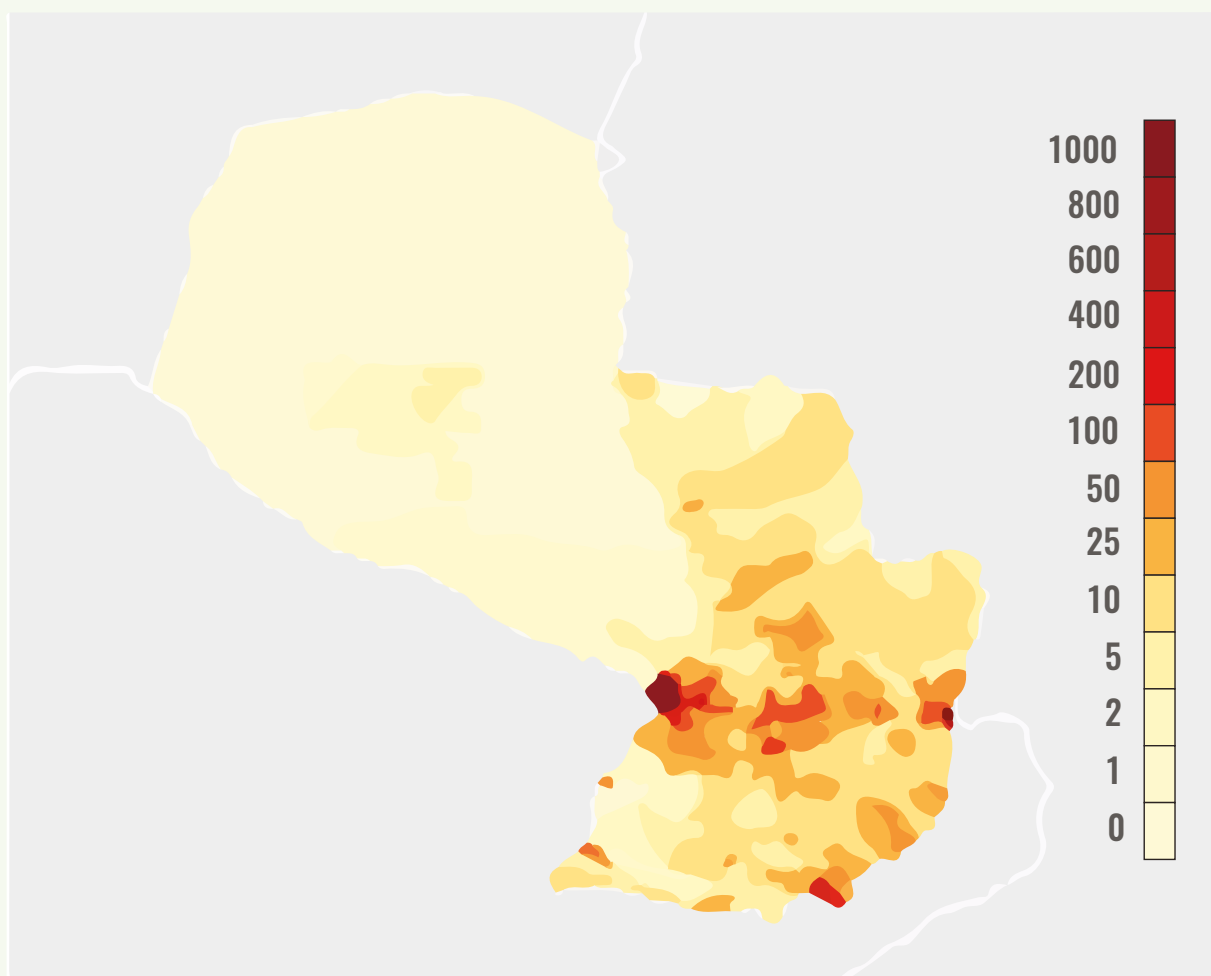
Fuente: U.S. Central Intelligence Agency, 1998

En ambas regiones, hay un total de 279 especies de plantas amenazadas, así como 8 especies de reptiles, 86 de aves y 38 de mamíferos se consideran en riesgo de extinción.

Casi el 98% de los 7 millones de habitantes, estimados de Paraguay, viven en la región oriental debido a su clima más favorable (Figura 2 - Banco Mundial, 2014). El 63% de la población vive

FIGURA 2

DENSIDAD POBLACIONAL DEL PARAGUAY, 2000



Fuente: SEDAC

en áreas urbanas (UN Statistics Division, 2018). Asunción, la capital, es la ciudad más poblada, ya que es el hogar de aproximadamente un tercio de todos los paraguayos (DGEEC, 2013b). Se espera que la población del país continúe creciendo a una tasa anual de 1,7%, y se proyecta que cada vez más personas se muden a las ciudades (UN Statistics Division, 2018).

Los pueblos indígenas representan aproximadamente el 2% de la población. Hay 209 grupos indígenas diferentes en Paraguay que hablan cinco idiomas diferentes. El idioma guaraní es el más utilizado, y es el segundo idioma oficial del país (IFAD, 2012). Muchos de estos pueblos indígenas viven en áreas rurales,

especialmente en el Chaco. Según el Estado de los Pueblos Indígenas del Mundo de las Naciones Unidas, se dice que tienen 7,9 veces más probabilidades de vivir por debajo de la línea de pobreza que la población promedio (DESA, 2009). Entre las causas enumeradas para este elevado nivel de pobreza se encuentra la falta de acceso a la tierra (IFAD, 2012).

Paraguay tiene una economía pequeña y abierta que recientemente ha experimentado un crecimiento desigual. En 2012, el producto interno bruto (PIB) se contrajo en un 1,2% debido a una grave sequía en el primer trimestre y un brote de fiebre aftosa más adelante en el año. En el año siguiente, la economía repuntó con

fuerza, y el PIB se expandió en un notable 14%. En 2014, el PIB alcanzó un máximo histórico de 30,88 miles millones de dólares estadounidenses (USD), pero retrocedió a 27,09 miles millones de USD en 2015. Los servicios de valor añadido representaron el 51% del PIB, mientras que la industria y la agricultura representaron el 30% y el 19% en 2015 (Banco Mundial, 2016).

Las exportaciones de bienes y servicios representaron el 43% del PIB del Paraguay en 2015. Los principales productos básicos para la exportación son la soja y la carne de bovino. Además, Paraguay es un gran exportador de electricidad principalmente a Brasil (37 000 GWh por año) y Argentina (18 000 GWh por año) (Moody's, 2013). Los principales socios comerciales del país incluyen: Brasil, Rusia, Chile, Argentina y la Unión Europea (Figura 3).

La informalidad y la infraestructura son dos áreas que obstaculizan las perspectivas de crecimiento a largo plazo de Paraguay. Mientras que la tasa oficial de desempleo es solo de alrededor del 6%; la cantidad de personas que trabajan en el mercado laboral informal es alta, porque hay un número significativo de rigideces

(WEF, 2015)¹. Es difícil estimar el tamaño real del sector informal; sin embargo, los estudios del Fondo Monetario Internacional (FMI) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) han sugerido que casi el 70% de la fuerza laboral no agrícola trabaja en el mercado informal; y generan tanto como 70% del PIB. Cuando estas estadísticas se comparan con las de otros países de América Latina y el Caribe (ALC); Paraguay se ubica como uno de los países con los niveles más altos de informalidad (FMI, 2008; FMI, 2015). Además, falta infraestructura básica en carreteras, puertos y servicios públicos debido a las bajas tasas de inversión de Paraguay, con un promedio del 16% del PIB en la última década (Moody's, 2015)².

Paraguay históricamente tuvo problemas para reducir la pobreza y la desigualdad; sin embargo, se han realizado mejoras significativas en el bienestar en la última década. El PIB per cápita de Paraguay se elevó de USD 1 507 en el 2005 a USD 4 160 en el 2015³ (Banco Mundial, 2016). Se produjo una reducción simultánea en la incidencia de la población que vive en la pobreza moderada y extrema, particularmente

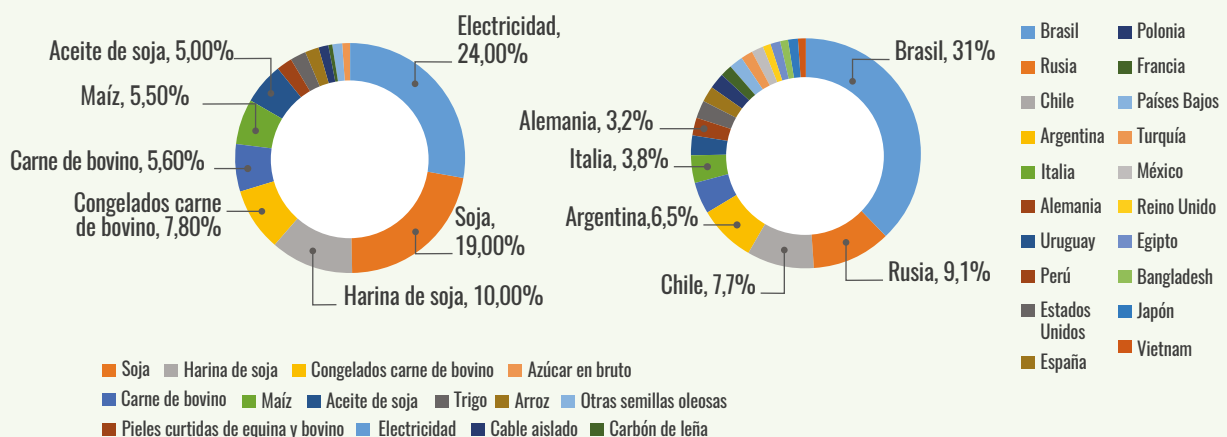
¹ El Foro Económico Mundial rankea a Paraguay en la posición 115 de 144 en la eficiencia del mercado laboral por varias razones; incluyendo prácticas de contratación y despido que dificulta el traslado del trabajo a espacios más eficientes; fuerza de trabajo no educada y desmotivada; y costos redundantes (WEF, 2015).

² El Foro Económico Mundial rankea a Paraguay en la posición 125 de 144 países en calidad de infraestructura (WEF, 2015).

³ Cotizado en dólares internacional actual (2016).

FIGURA 3

EXPORTACIONES DE PARAGUAY POR PRODUCTO (A) Y SOCIO COMERCIAL (B), COMO PORCENTAJE DEL TOTAL, EN EL 2015



Fuente: Observatory of Economic Complexity (OEC), 2015

de aquellos que viven en las áreas Rurales (Banco Mundial, 2014). Además, de acuerdo con el Reporte del Estado de la Seguridad Alimentaria del 2015, Paraguay casi ha logrado la meta de erradicar el hambre extrema. La cantidad de gente desnutrida ha decrecido a 0,7 millones de personas en el periodo 2014-2016 de 0,9 millones de personas en el periodo 1990-1992 (FAO, IFAD and WFP, 2015). Uno de cada cuatro paraguayos aún permanece económicamente vulnerable; sin embargo, la desigualdad no ha mejorado mucho; el coeficiente de GINI de Paraguay ha fluctuado entre 0,53 y 0,48 en los últimos 10 años, convirtiendo a Paraguay en uno de los países más desiguales en la región de Latinoamérica y el Caribe (Banco Mundial, 2015a).

En un esfuerzo por eliminar la pobreza extrema; y promover el crecimiento de los ingresos del 40% más pobre de la población, el gobierno de Paraguay ha adoptado recientemente el primer Plan Nacional de Desarrollo para el periodo 2014-2030, conocido como Paraguay 2030. Existen tres pilares principales en este plan: reducción de la pobreza y desarrollo social; crecimiento económico inclusivo, e inserción de Paraguay en la economía global (Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social, 2014). Para alcanzar estas metas, el gobierno ha propuesto acciones para el corto, mediano y largo plazo.

2.1.2 Agricultura

Agricultura es el primer motor de la economía paraguaya (ITA, 2017). Como se mencionara antes; la participación porcentual de la agricultura en el PIB es del 19%; y además representa casi el 80% de los ingresos por exportación y emplea el 23% de la población (OEC, 2015). De acuerdo con FAOSTAT (FAO, 2018), la producción agrícola de Paraguay está concentrada en la soja, caña de azúcar y maíz (Figura 4). La producción de soja es particularmente significativa; dado que la cantidad producida se ha estado elevando sostenidamente los últimos 10 años. Una gran parte de esta producción está destinada a la exportación, convirtiendo a Paraguay en uno de los principales exportadores de soja del mundo.

La soja y la carne de vaca representan casi

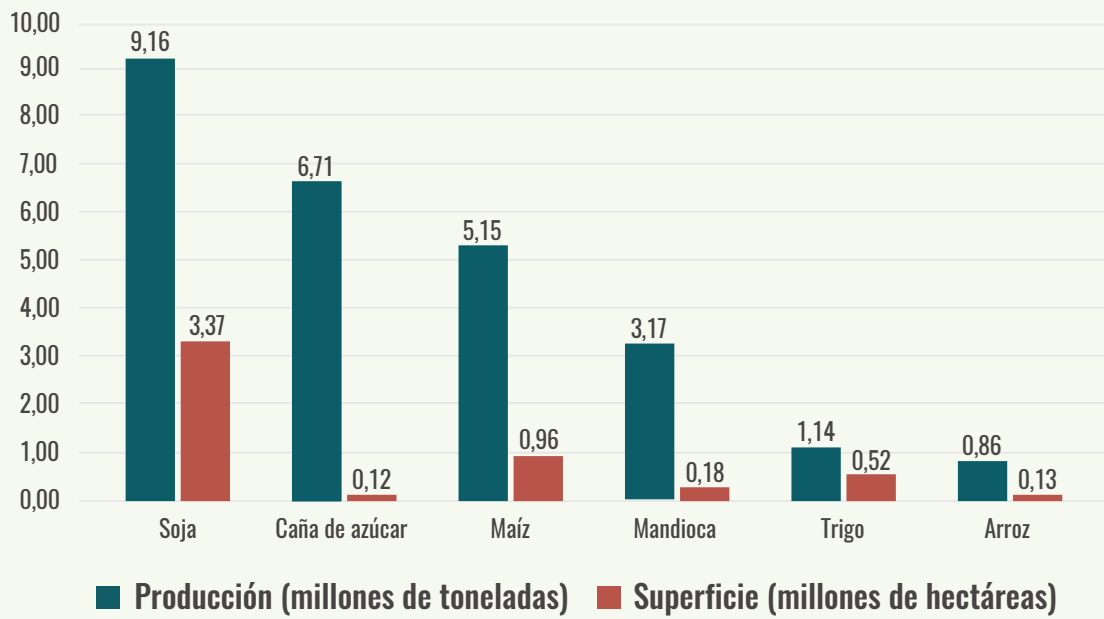
el 53% del valor de la producción bruta de los *commodities* en Paraguay, si se considera sólo la producción de soja se alcanza el 40% de la producción de *commodities* en el país (Figura 5).

FAOSTAT estima que el 54% de la superficie de tierra es utilizada para propósitos agrícolas. La mayoría de la producción agrícola se realiza en la región oriental debido a su clima y suelo; la tierra arable en esta región está intensamente cultivada (FAO, 2006). La frontera agrícola se ha ido expandiendo sostenidamente desde los años 1960s, conduciendo a un gran cambio en el uso de la tierra al tiempo de reducir la cobertura boscosa y la biodiversidad. Entre 2000 y 2015, Paraguay perdió 20% de la superficie cubierta por árboles. Los dos principales motores de la deforestación en el Paraguay son la limpieza de la tierra para pasturas de ganadería y para cultivo de soja (Larsen, 2017). El BAAPA ha sido el sitio donde se dio la mayor parte de esta actividad. Análisis preliminares nacionales indican que más del 60% del cambio de uso de tierra en la región oriental del Paraguay es debido al creciente cultivo de soja. La preparación del suelo para la producción ganadera, el crecimiento de la población y los proyectos hidroeléctricos contribuyeron también con la deforestación. El Chaco ha perdido una cantidad considerable de superficie boscosa debido a la expansión de la agricultura a través de la técnica de “tala y quema” (Walcott *et al.*, 2015). Para el 2004, Paraguay tenía la segunda tasa de deforestación mas alta en el mundo. El gobierno promulgó la “Ley de Deforestación Cero” el mismo año; y ayudó a reducir dramáticamente la cantidad de cobertura boscosa perdida. Actualmente la ley tiene prevista su expiración en el 2018 (WWF, 2013).

La propiedad de la tierra está desbalanceada; sin embargo, es un asunto controversial continuo en el Paraguay. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) condujo dos censos agrícolas: uno en 1991 y otro en 2008; los resultados mostraron que la cantidad de tierra utilizada para agricultura ha aumentado, al tiempo de que la propiedad se ha concentrado más: Para el 2008, 1 284 granjas de 5 000 hectáreas o mas representaban el 32% de la tierra, lo cual resulta en un incremento de aproximadamente

FIGURA 4

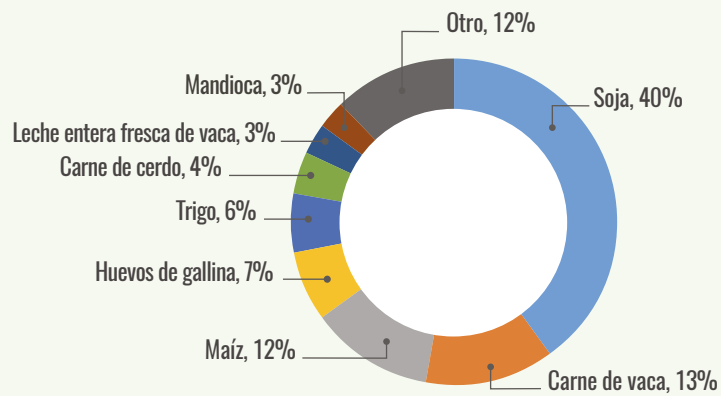
PRINCIPALES CULTIVOS PRODUCIDOS EN PARAGUAY, 2016



Fuente: FAO, 2018

FIGURA 5

VALOR DE LA PRODUCCIÓN BRUTA DE LOS PRINCIPALES COMMODITIES, 2013



Fuente: FAO, 2018

el 30% (FAO, 1991⁴; Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2008⁵). La agricultura y ganadería comerciales ha expandido su superficie; mientras que la agricultura y ganadería familiares se han mantenido o decrecido, tanto en área como en rendimientos (Banco Mundial, 2015b).

En las granjas grandes y medianas en tamaño, se produce en rotación soja, trigo y maíz; en un nivel comercial arroz de baja irrigación es también notable, al triplicarse el área de producción en los últimos ocho años. La mayor parte de la agricultura comercial de Paraguay ha incorporado sistemas sostenibles de producción, que incluyen siembra directa, fertilización, semillas mejoradas resistentes a plagas y enfermedades (Banco Mundial, 2015b). La agricultura familiar en el Paraguay difiere de la agricultura comercial por un nivel tecnológico más bajo; baja capitalización; dedicación a auto consumo; y pobre relación con el mercado. Tradicionalmente, los principales cultivos de la agricultura familiar son maíz blanco, poroto y mandioca para el autoconsumo; y algodón, sésamo, caña de azúcar, soja y mandioca (en plantaciones industriales) son los usualmente vendidos al mercado; por su parte, la banana y piña son los principales cultivos permanentes (Banco Mundial, 2015b).

Además, de la producción agrícola, Paraguay tiene una larga historia en la producción de carne bovina, la cual está principalmente concentrada en la región occidental del país. La ganadería, principalmente de vacas, se produce comúnmente en tierras de pastura extensas en el Chaco (FAO, 2006). Desde el inicio de los años 1980, la población del ganado vacuno ha crecido alrededor del 50% desde aproximadamente 6 500 000 a casi 10 000 000 unidades (MAG, 2008). En el mismo periodo; la producción de carne y leche se duplicó; así como los indicadores de niveles de producción, tales como tasa de extracción promedio de animales sacrificados y rendimientos de producción de leche por vaca lechera, se incrementaron alrededor del 65% y 25%, respectivamente. Estos niveles de producción mayores han sido atribuidos a un mejor manejo del hato ganadero; mejor cuidado veterinario; uso de razas adaptadas y

productivas; y a la expansión del área sembrada con pastura mejorada. Aún más, la cantidad de coproductos agroindustriales disponibles se incrementó considerablemente en las últimas dos décadas, particularmente en las granjas lecheras de tamaño medio a grande (FAO, 2016). En 2014 existían 14 465 581 cabezas de ganado; en el 2013 existían 13 376 456 cabezas de ganado y 373 600 toneladas de carne de vaca producida (FAO, 2018).

La **Figura 6** muestra la distribución en el territorio de las principales actividades agrícolas del país, solapadas con los departamentos donde se encuentran las mayores concentraciones de granjas comerciales y familiares; y producción de ganado (Banco Mundial, 2015b).

2.1.3 Energía

Además de la agricultura y ganadería, la producción de energía limpia es una de las más importantes actividades en Paraguay. El país tiene una de las mayores reservas de agua en el mundo, dando a Paraguay un gran potencial para la generación de energía hidroeléctrica. La capacidad de producción de energía eléctrica del país (cercano a los 60 000 GWh por año) es una de las mayores del mundo, en términos de generación de energía eléctrica per cápita (9 000 kWh por habitante) y es utilizada en menos del 16% por el mercado nacional de electricidad (Vice Ministerio de Minas y Energía, 2017).

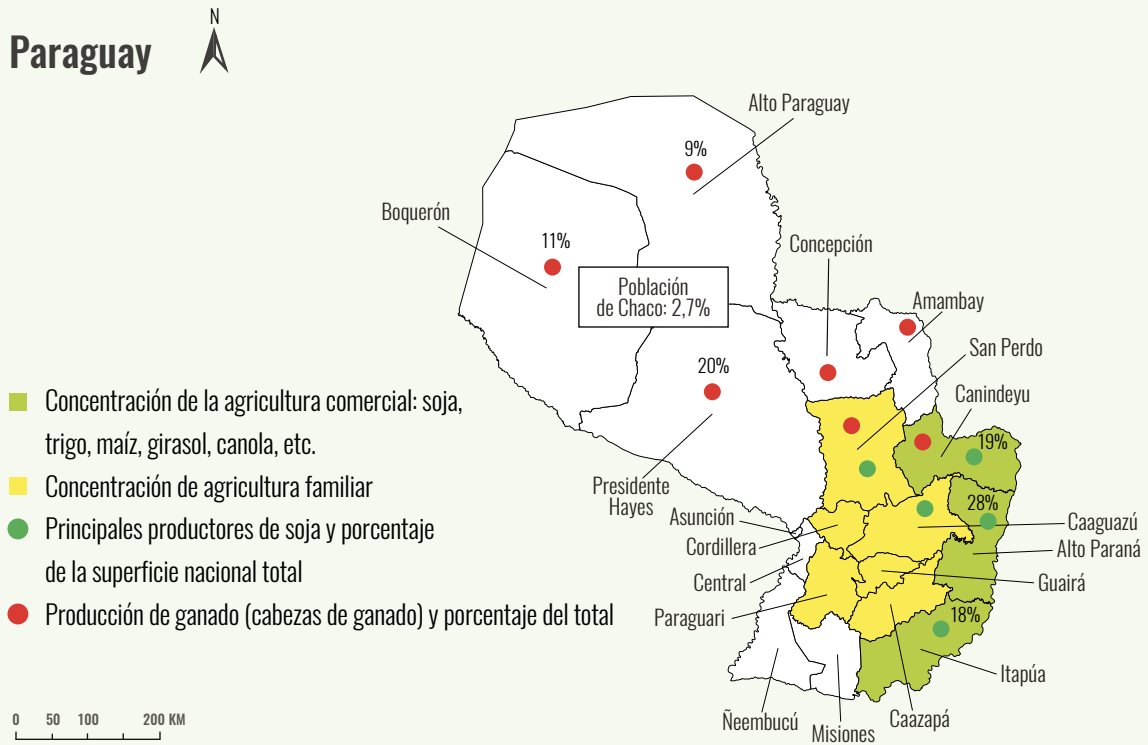
La principal compañía nacional de electricidad es la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), una compañía estatal integrada verticalmente que participa en la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en el país. Las otras dos compañías en el sector público tienen una naturaleza legal binacional; dado que Paraguay participa como propietaria del 50% de las acciones a través de la ANDE, en las plantas hidroeléctricas ITAIPU (Paraguay y Brasil) y Yacyretá (Paraguay y Argentina). La compañía privada CLYFSA (Compañía de Luz y Fuerza S.A.); es un distribuidor que adquiere energía eléctrica en bloque de la ANDE, su participación en el mercado nacional de electricidad no

⁴ Resultados del Censo 1991.

⁵ Resultados del Censo 2008 (6 Volúmenes). Las cantidades son tomadas del Volumen 1.

FIGURA 6

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y PRINCIPALES ACTIVIDADES AGRÍCOLAS



Fuente: Banco Mundial (basado en datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay)

es muy significativa y está focalizada en el Departamento de Guairá, principalmente su capital la ciudad de Villarrica. Dada la gran capacidad en generación hidroeléctrica, la electricidad generada en Paraguay es casi exclusivamente del tipo hidráulico; siendo el principal limitante para el acceso a esta energía eléctrica por parte de la población, la cobertura de las redes de distribución de la ANDE.

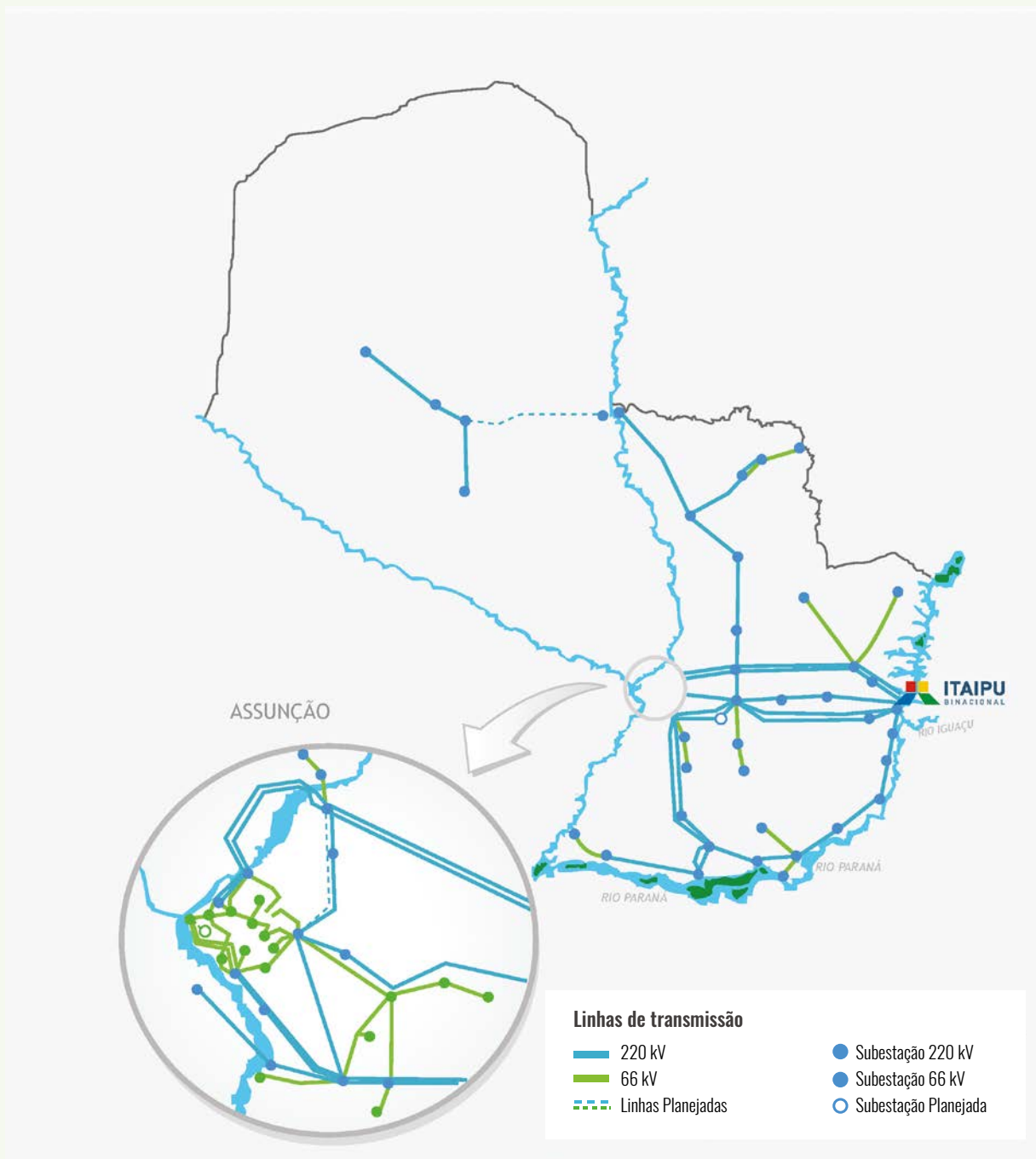
Paraguay es uno de los mayores exportadores de electricidad en el mundo; provee principalmente a Brasil y Argentina (EIA, 2015). Los pagos de las regalías de las dos plantas hidroeléctricas binacionales son una de las principales fuentes de fondos del estado. La empresa estatal ANDE (Administración Nacional de Electricidad) es la única proveedora de energía para el mercado doméstico. Años de inversión

deficitaria en infraestructura han sido la causa de grandes pérdidas y apagones repetitivos en la ANDE. En el 2013, ANDE reportó haber perdido aproximadamente 24% de la electricidad que fue generada (Vice Ministerio de Minas y Energía, 2014).

La **Figura 8a** representa la producción de energía del país a partir de cada fuente de energía, de acuerdo con las cantidades de combustibles extraídos o producidos. **Figura 8b** representa la Oferta Total de Energía Primaria (OTEP) del país, para cada combustible; incorpora las cantidades netas de combustibles disponibles para el mercado doméstico, luego de las transferencias y comercios externos. De acuerdo con la definición de la Agencia Internacional de Energía (IEA), la OTEP es igual a la producción; más las importaciones; menos

FIGURA 7

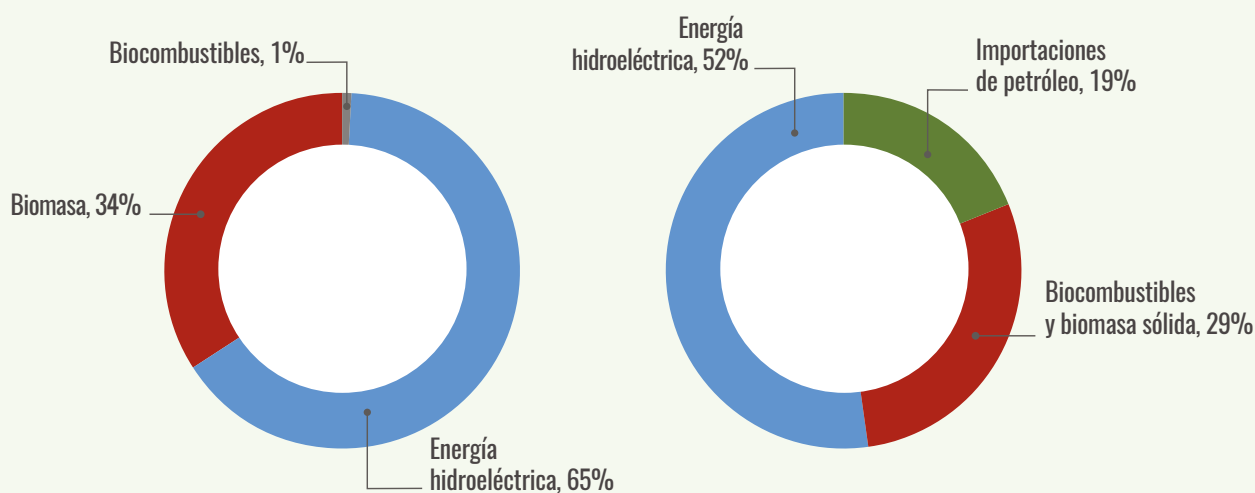
RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA NACIONAL EN PARAGUAY



Fuente: GENI, 2017

FIGURA 8

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN EL PARAGUAY (A) OFERTA DE ENERGÍA TOTAL PRIMARIA (B), 2015



Fuente: GENI, 2017

las exportaciones; menos las cargas bunkers internacionales; y más o menos los cambios de stock. La OTEP de Paraguay proviene de la energía hidroeléctrica; biocombustibles; biomasa sólida; e importación de derivados del petróleo. A pesar de estar rodeados de países reconocidos como productores de hidrocarburos, al presente, Paraguay no tiene producción significativa comercialmente de petróleo y gas; solamente un par de pozos en los que se pudo extraer gas natural al norte del Chaco⁶, lo cual significa que depende de la importación de derivados del petróleo de Argentina, Bolivia y de otros países a través de *traders* internacionales (The Economist, 2015).

La empresa estatal Petróleos Paraguayos (PETROPAR) es propietaria de la única refinería de petróleo de Paraguay; que consiste en una unidad de destilación atmosférica de 7 500 bbd de capacidad. Esta refinería quedó fuera de operación en el año 2005, por razones técnicas pues los combustibles producidos ya no cumplían las especificaciones técnicas, por razones

operativas, pues se dificultó el acceso a petróleo crudo del tipo Saharan Blend para el cual fuera diseñada la refinería, habiendo operado por varios años con petróleo crudo de Palmar Largo de Argentina con pobres resultados; y por los costos operativos y de mantenimiento de la obsoleta refinería. El 100% del combustible fósil es importado como derivado del petróleo, existiendo nueve empresas importadoras; ocho del sector privado y PETROPAR que importa el 30% aproximadamente del total en volumen.

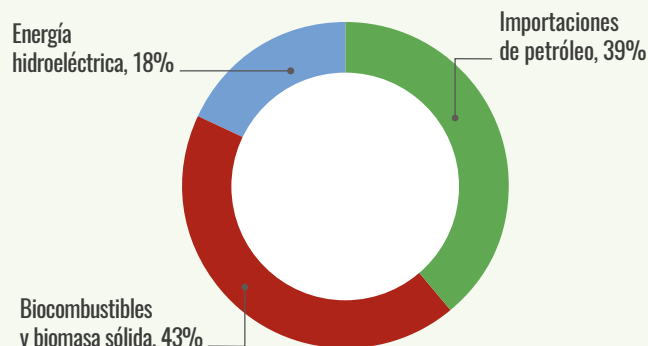
Con relación al consumo total de energía, los biocombustibles y la biomasa sólida representan el 43% mientras que los derivados del petróleo y electricidad representan el 39% y el 18%, respectivamente (Ver **Figura 9**).

En el 2014, el sector de transporte consumió el 91% de los derivados del petróleo. De acuerdo con la IEA, en el 2015 el consumo de Diésel fue alrededor del 65%; seguido por la gasolina en un 26%; gas licuado de petróleo (GLP) en un 0,55%; y alcohol (etanol) en un 6,4%. El consumo de combustible de ambos tipos Diésel y Gasolina

⁶ “Hasta abril 2015, hubo avances en las actividades de exploración de petróleo en el Chaco paraguayo; lo cual podría, eventualmente, producir 4 mil millones de barriles y ayudar a reducir la dependencia del país a la importación de derivados del petróleo” (The Economist, 2015).

FIGURA 9

ENERGÍA TOTAL CONSUMIDA, 2015



Fuente: VMME, 2016

se espera que continúe en aumento en el futuro; por su parte el 87,4% del GLP se consume a nivel residencial. De acuerdo con el último Balance Energético Nacional publicado por el Vice Ministerio de Minas y Energía (VMME) en el 2016 (con datos del 2015) el consumo de GLP se incrementó en 2,3% en el 2015, comparado con el año anterior (VMME, 2016). El porcentaje de ciudadanos que utiliza GLP se incrementó de 56,1% a 48,2% de 2014 a 2015; significando que 67 000 amas de casa eligieron GLP como el principal combustible para fines de cocción y calefacción.

El VMME estimó que, en el 2015, 56% del consumo final de biomasa se realizó a través de leña, principalmente en el sector residencial; esto representa una disminución de 0,4% comparado con el año anterior. Esta reducción fue atribuida a la reducción de la cantidad de amas de casa, particularmente en áreas rurales, que utilizaron madera para cocción (de un 56% en el 2014 a un 50,1% en el 2015); el remanente 42% de leña es consumido por las industrias. El consumo de carbón vegetal se incrementó en 1,6% del 2014 al 2015.

2.2 BIOENERGÍA MODERNA: MARCO DE POLÍTICA, LEGAL E INSTITUCIONAL

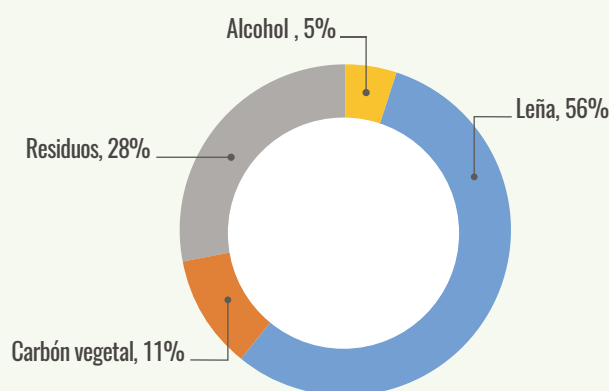
2.2.1 Etanol

En Paraguay existen actualmente 12 plantas de bioetanol, con una capacidad total de producción de 340 millones de litros por año; incluyendo etanol anhidro (99,5 GL) y etanol hidratado (96 GL). Nueve plantas poseen la flexibilidad de utilizar caña de azúcar y/o granos como materia prima; mientras, tres de ellas, incluyendo una de propiedad de PETROPAR, producen etanol exclusivamente de caña de azúcar. La planta de menor capacidad produce 5 millones de litros por año; y la más grande (INPASA) tiene una capacidad de producción de 150 millones de litros por año, aproximadamente.

La producción anual de etanol en el Paraguay sigue una curva ascendente que se

FIGURA 10

CONSUMO TOTAL DE BIOMASA, 2015



Fuente: VMME, 2016

ha incrementado unas diez veces más desde 1999 al 2016. Se observa claramente, a partir de la promulgación de la Ley 2748/05 de Fomento a los Biocombustibles, que se ha disparado la producción de etanol en el país, pues de 59 760 000 litros en el 2006; ha aumentado a 277 750 000 litros en el 2016 (Figura 11). Esta tendencia se espera que continúe debido a la recientemente promulgada Ley 5444/15 en julio 2015, la cual busca promover el consumo de etanol: impulsar la importación de vehículos *Flex Fuel*; y obligar que al menos el 30% de los vehículos del Estado sean *Flex Fuel*.

Las destilerías venden etanol a las empresas importadoras de combustibles a un valor aproximado de 0,87 USD por litro, mientras que el precio de la mezcla E25 cuesta aproximadamente 1,09 USD por litro en las Terminales de Carga de combustibles. En las estaciones de servicio (EE.SS.) el E25 se vende a 1,70 USD por litro (USDA Foreign Agricultural Service, 2014). Las exportaciones de etanol son permitidas mientras que las importaciones tributan 0% de IVA (Impuesto al Valor Agregado) y 0% de ISC (Impuesto Selectivo al Consumo), pero deben ser aprobadas por el MIC (USDA Foreign Agricultural Service, 2015).

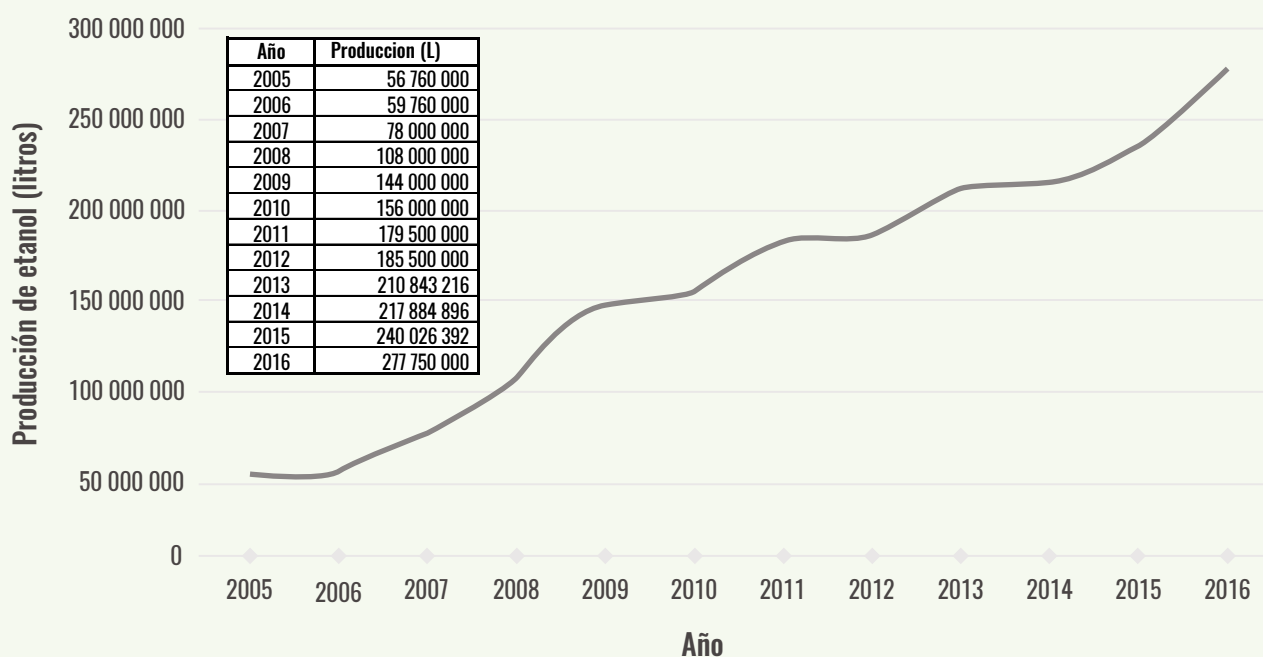
El etanol producido a partir de caña de

azúcar es una de las principales formas de biocombustibles producidos en Paraguay; sólo en 2014, 118 000 hectáreas de tierra fueron utilizadas para el cultivo de caña de azúcar, produciéndose más de 6,3 millones de toneladas (FAO, 2018). Cuando se compara con otros países de Latinoamérica y el Caribe el rendimiento de la caña de azúcar, en toneladas por hectárea, es bajo (54 t/ha contra, por ejemplo, 70, 94, 126 t/ha en Brasil, Colombia y Perú respectivamente); lo cual ha sido atribuido al uso de suelos marginales, suelos degradados, variedades de caña de azúcar de baja productividad (USDA Foreign Agricultural Service, 2015). De acuerdo con el MIC, el 44% del etanol producido en Paraguay en el 2016 fue producido de caña de azúcar; mientras que el resto fue producido a partir de granos (principalmente maíz y algo de sorgo). En el 2014 estos porcentajes fueron opuestos. Este cambio o giro es el resultado de la recientemente promulgada Ley 5444/15; la cual establece que el bioetanol debe ser producido a partir de caña de azúcar y que una vez que no exista más disponibilidad de este, se puede producir de otras materias primas.

En el caso del etanol de maíz se producen; además, otros coproductos como el Aceite Crudo de Maíz (CMO); y los Granos Destilados Secos y

FIGURA 11

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL EN EL PARAGUAY



Fuente: elaboración propia a partir de datos proveídos por la FAO Paraguay (CEAMSO, 2017)

Solubles (DDGS, por su sigla en inglés), ambos utilizados como base para alimentación animal y fuente de proteínas. En el caso del etanol de caña de azúcar; los principales coproductos son el azúcar, cuando la destilería es anexa; y el bagazo que se utiliza, principalmente, como combustible en la caldera para la producción de vapor para calor y potencia. En algunas plantas de etanol, se procesa la vinaza y se obtienen otros coproductos como biogás o compost orgánico.

En Paraguay la importación de vehículos *Flex Fuel* se encuentra en constante aumento. Estos vehículos pueden utilizar indistintamente etanol hidratado y gasolina (nafta) pura o mezclada con etanol anhidro o una combinación de ambos en cualquier proporción. Existen dos tipos de combustibles específicos para vehículos *Flex Fuel*; el etanol hidratado conocido localmente como “alcohol carburante”; y el E-85 (85% de etanol anhidro y 15% de gasolina), conocido localmente como “alcoflex”.

Los vehículos *Flex Fuel* poseen arancel 0% en el pago de impuestos aduaneros, independientemente del origen de estos. Existe; sin embargo, una cuestión administrativa a

solucionar en la Dirección Nacional de Aduana para extender este beneficio a los vehículos *Flex Fuel* tipo pick-up que erróneamente fueron excluidos de este beneficio.

Según datos expuestos por la Cámara de Distribuidores de Automotores y Maquinarias (CADAM); entre enero y diciembre del 2015 se importaron un total de 6 415 autos *Flex Fuel*, frente a los 5 884 del mismo lapso del 2014; comparando estos números de año a año, se tienen un incremento del 9,8% anual.

2.2.2 Política y legislación

La mezcla de etanol anhidro en las gasolinas se inició en el Paraguay en el año 1999; en virtud de una decisión de las autoridades del MIC y PETROPAR debido, principalmente, a la falta de mercado para el etanol anhidro producido en la Planta de PETROPAR en Mauricio José Troche; que había sido construida para proporcionar etanol para el original “Plan Alcohólico” en el Paraguay en la década de los años 1980, al igual que en el Brasil.

Actualmente Paraguay tiene leyes y decretos

vigentes que apoyan la producción y consumo de biocombustibles líquidos para el transporte, específicamente; etanol y biodiesel. La Ley más importante es la Ley 2748/05 de “Fomento a los Biocombustibles”, la cual define al biodiesel y al etanol, anhidro e hidratado, como biocombustibles; así mismo, a través de los decretos 7412/06 y 4952/10, que reglamentan la citada Ley, se establece el marco legal para la producción y uso de estos biocombustibles y sus materias primas. La Ley y sus decretos estipulan que el Ministerio de Industria y Comercio, a través del Viceministerio de Comercio, verifica y aprueba el cumplimiento de los requisitos exigidos a las empresas y organizaciones que deseen producir biocombustibles; al igual que los proyectos presentados por las mismas. Como parte del proceso, los inversores potenciales deben obtener una Licencia Ambiental de la Secretaría del Ambiente (SEAM). El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) está a cargo de certificar el origen de toda materia prima utilizada para la producción de biocombustibles; y se asegura de la disponibilidad de esta materia prima en cantidad suficiente dentro del país. Los biocombustibles solo pueden ser importados si existe una probada escasez de este en la oferta doméstica (Jull *et al.*, 2007). Adicionalmente, estos decretos incluyen mecanismos de incentivos financieros para los productores y distribuidores; establece la base para las especificaciones técnicas para la producción de etanol y el *blending* con las gasolinas.

En el año 2006 se crea la Mesa Sectorial de Biocombustibles de REDIEX (La Red de Inversión y Exportación del MIC), compuesta de actores del sector público, del sector privado y la academia. Esta Mesa estaba presidida por un empresario del sector privado, propietario de la entonces empresa más importante de alcohol y azúcar; y gerenciada por un ejecutivo contratado por REDIEX. Los logros de esta mesa multi sectorial fueron significativos; especialmente, en el periodo 2006–2010, en el cual se realizó el primer seminario Paraguay – Brasil de biocombustibles (mayo 2007), que se constituyó en una plataforma de lanzamiento del tema en el Paraguay. La producción y comercialización de etanol creció 300% en el periodo de tiempo mencionado, a través del incremento gradual del porcentaje de

mezcla mínimo obligatorio de etanol anhidro en las gasolinas; se llegó al rango de: 24–25%; en virtud de la Resolución 162/2009 del MIC; y también, se logró que el etanol tribute 0% del Impuesto Selectivo al Consumo (ISC); así como el 0% de arancel de importación para los vehículos *Flex Fuel*, ambos hechos en virtud del Decreto 12240/2008 como resultado directo de la gestión de esta mesa. Finalmente, por gestión de esta mesa, en el año 2015, se logró introducir importantes modificaciones en el proyecto de la que resultare la Ley 5444/15; sin las cuales el sector de etanol estaría hoy en serias dificultades.

Durante los siguientes 10 años, el gobierno ha introducido legislación adicional para modificar este marco; pero orientado principalmente a fomentar el consumo de Biodiesel, dado que el etanol fue ganando un espacio como oxigenador y elevador de octanos natural, en sustitución de otros compuestos como el MTBE o Aromáticos en la formulación de las gasolinas que iban siendo desarrolladas en las empresas importadoras de combustibles. Las alteraciones más recientes fueron promulgadas en 2013 y 2015. El Decreto 10703/2013; que reglamenta la Ley 2748/05 reconfirmando el porcentaje mínimo de mezcla de biodiesel del 1%; y crea, además, la “Unidad Inter-Institucional para el Monitoreo del Precio del biodiesel” con la misión de establecer un precio de referencia para el biodiesel; habida cuenta la falta de competitividad del sector y la reluctancia del sector privado de combustibles para absorber el sobre costo del biodiesel, que no es traspasado al público ni absorbido por el Estado. Si bien el Decreto 10724/2013 estableció la metodología para la fijación del precio del Gasoil Tipo III por parte de PETROPAR, y que uno de los parámetros a ser tenidos en cuenta fue el precio del biodiesel; en términos prácticos no se ha logrado traspasar al público consumidor el sobre costo resultante de la mezcla de biodiesel, lo cual constituye la principal causa de que no se haya podido alcanzar el valor de mezcla mínimo deseado del 5% (B5). El precio del biodiesel fue establecido en 1,26 USD por litro (pero actualmente está en 1,03 USD por litro) (USDA Foreign Agricultural Service, 2015).

En julio 2015, el gobierno promulgó la Ley 5444/15, que pretende promover el consumo de bioetanol. La ley obliga que la caña de azúcar

sea la materia prima prioritaria utilizada para la producción de etanol. Anteriormente, el decreto ministerial 2998/2015 obligaba que la caña de azúcar sea la materia prima exclusiva para la producción de etanol anhidro que sea utilizado en la mezcla con la gasolina RON 85 o “económica” (la más económica). Solamente si ya no existe caña de azúcar para ser cosechada en las áreas de influencia de las plantas de etanol (en un radio de 50 km), el Ministerio de Industria y Comercio autorizará el uso de otras materias primas. En la práctica es una disposición de difícil control; y se basa en una declaración en la factura de venta del etanol por parte del productor de que este etanol se produjo a partir de caña de azúcar.

La realidad es que el uso del maíz como materia prima para la producción de etanol ha ido ganando espacio, en detrimento de la caña de azúcar. Incluso se ha anunciado un nuevo proyecto de una planta, en el Departamento de San Pedro, propiedad de la empresa INPASA, con una capacidad nominal de 150 millones de litros por año, que planea utilizar maíz como única materia prima. Por ello, resultará todo un desafío para el estado hacer efectivo el cumplimiento de la Ley 5444/15.

La flota de vehículos del gobierno incorporará progresivamente vehículos *Flex Fuel*; y el gobierno deberá realizar estudios para que el transporte público pueda utilizar también progresivamente el etanol como combustible. Las distribuidoras de combustibles deberán garantizar una cobertura nacional para hacer disponible el etanol hidratado y/o el E85. Además, el gobierno deberá, dentro de los siguientes 12 meses, implementar un programa nacional para promover el uso de etanol; así como, apoyar a los pequeños productores de caña de azúcar a mejorar sus rendimientos, y la incorporación de tecnología de producción en las industrias para mejorar sus eficiencias; medidas que apuntan a reducir los costos de producción y comercialización para lograr una mejor y más rápida penetración de mercado.

Incentivos

Los incentivos fiscales son una parte integral de las políticas de apoyo a los biocombustibles

en muchos países de Latinoamérica, incluyendo Paraguay. El gobierno provee varios incentivos para productores y distribuidores.

En mayo de 2008, el Decreto del Poder Ejecutivo 12240/08 instituyó incentivos para los productores de etanol; y bajó las tarifas de importación de los vehículos *Flex Fuel* a cero para todos los vehículos del segmento y estableció tarifas de entre 10% a 20% para los vehículos no *Flex Fuel* que no sean de los países del MERCOSUR. Un mes más tarde, la Resolución 280/08 estableció que los fabricantes deben presentar un certificado técnico para los vehículos *Flex Fuel*, antes de su exportación a Paraguay. Posteriormente a este decreto, el Brasil sería el origen más probable para vehículos *Flex Fuel*; que, en este caso pueden utilizar etanol hidratado. En el caso de importar vehículos *Flex Fuel* de otros países, éstos deben utilizar el combustible (Stratas Advisors, 2016).

La Ley de Fomento a los Biocombustibles hace elegibles a los proyectos industriales de biocombustibles, para los Créditos de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDLs) del Protocolo de Kyoto. El etanol y el biodiesel están actualmente también exentos del IVA, como se corrobora según Dictamen DEINT 34/2018 en el caso del etanol; sin embargo, según Decreto 3668/13 llegaron a tributar un IVA del 2%. Aunque la cobertura cambiaria no es específica para los sectores; ella contribuye a habilitar condiciones para los proyectos de energías renovables, incluyendo aquellos relacionados a los biocombustibles, al nominar los incentivos en Dólares Estadounidenses (IRENA, 2015).

El gobierno paraguayo creó un fondo específicamente para apoyar la industria doméstica del biodiesel en el 2013. El precio del biodiesel, establecido por el gobierno era muy alto; y, PETROPAR, la única empresa que adquiría, de facto, biodiesel comercial, en ese tiempo, no deseaba comprar el biodiesel a un precio superior al gasoil importado. Entonces, en un esfuerzo para alentar a PETROPAR a adquirir biodiesel de los productores locales, el gobierno creó este fondo de estabilización temporario, a partir de una deuda que poseía PETROPAR con el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC); y adicionalmente 4 Gs/litro de Gasoil vendido por PETROPAR, para apoyar la compra

de biodiesel en esta etapa, luego de haberse suspendido la compra y mezcla por algunos años; vinculada a problemas de calidad (biodiesel de sebo bovino) y alto precio. El monto del fondo estaba entre 1 y 2 millones USD y fue creado según Decreto 10762/13, que estuvo en vigencia hasta el 31 de diciembre de 2014; el gobierno no renovó la ampliación de este fondo luego de esta fecha (USDA Foreign Agricultural Service, 2015).

Coordinación inter-ministerial

Plataforma Nacional de Paisajes de Producción Verde es una nueva iniciativa multi-actores liderada por la SEAM y el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD); otros participantes son el MAG, organizaciones del sector privado (particularmente de las industrias del complejo de la soja y la ganadería vacuna), academia y organizaciones de la sociedad civil, la cual genera acciones de coordinación entre ministerios y los otros actores mencionados. El objetivo del proyecto *Green Commodities* “Paisajes de Producción Verde” es proporcionar beneficios a nivel mundial, garantizando la futura expansión de la producción sin comprometer la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas (Secretaría del ambiente, 2015).

Organizaciones del sector privado

Las organizaciones del sector privado no son grandes actores en el sector de bioenergía en Paraguay; sin embargo, sus roles se están expandiendo en la última década, especialmente con la creación de la Mesa Sectorial de Biocombustibles de REDIEX en el 2006, que operó hasta el 2015. Actualmente, estas organizaciones forman parte de grupos de trabajo en el Ministerio de Industria y Comercio; y en los Comités Técnicos de Normalización del INTN, en donde se han elaborado Normas Técnicas de Calidad del Biodiesel y el Etanol; y de Manipuleo

y Mezcla del Biodiesel. Con relación al mercado de etanol; la Industria Paraguaya de Alcoholes S.A. (INPASA) es una compañía privada que inició sus operaciones en el 2008 y ahora controla más del 60% de la producción de etanol del país; PETROPAR produce 15%; y el remanente es producido por productores medianos y pequeños para el mercado paraguayo. En cuanto a la adquisición del etanol, este está dado en directa proporción a la importación de gasolina; los mayores importadores son los mayores compradores de etanol anhidro. El mercado de etanol hidratado se ha mantenido constante en los últimos años; siendo COPETROL y PETROBRAS PARAGUAY, prácticamente, las únicas empresas distribuidoras de combustibles en comercializar este producto (USDA Foreign Agricultural Service, 2015).

En contraste, PETROPAR controla la mayor parte del mercado de biodiesel (adquisición); siendo que es la empresa que más comercializa Gasoil Tipo III, pues en virtud del Decreto 2999/15 tiene una reserva del mercado de hasta el 50%, que en la práctica representó el 45% en 2015 y 2016. PETROPAR posee; además, el principal laboratorio para el control de calidad del biodiesel, en donde se pueden realizar prácticamente la totalidad de los controles de los parámetros de calidad de biodiesel NP 16 018 05 en su última versión. La producción de la soja continúa creciendo en Paraguay; y se espera que grandes compañías agroindustriales multinacionales como Cargill, CAIASA, etc. jueguen un rol estratégico en el desarrollo del programa doméstico del biodiesel en el Paraguay (Rothkopf, 2008).

En términos de investigación y desarrollo, existen varios pequeños programas privados en funcionamiento; prioritariamente para asistir a propietarios de pequeñas granjas a alcanzar el Mercado. Existen limitaciones en la investigación que se están llevando a cabo respecto a materias primas para biodiesel, destacándose la impulsada por CETAPAR-FECOPROD.

2.3 PRODUCCIÓN DE BIOMASA FORESTAL CON FINES ENERGÉTICOS TRADICIONAL

Hasta los años 1990, el 52% del área total de la tierra de Paraguay eran bosques. En los últimos 25 años este país ha sido afligido por una enorme deforestación, que ha causado la pérdida de 5,8 millones de hectáreas de tierra boscosa, a una tasa de 223 000 hectáreas por año. Esta tasa de deforestación incluso aumentó superando la tasa de 315 000 hectáreas por año, convirtiendo al Paraguay en el segundo país en el mundo con el mayor porcentaje de bosques perdidos (9,6% desde el 2000 al 2012) (Hansen *et al.*, 2013).

La expansión del área de cultivo; por ejemplo, soja, maíz y caña de azúcar; y pasturas, al igual que la producción de carbón y la recogida de leña, son los principales motores de la degradación y devastación de los bosques en Paraguay. La **Figura 12** muestra la tendencia; las áreas de las tierras para agricultura y bosques desde 1990 hasta 2013, como lo señala la FAO (2018); esto sugiere un sostenido decrecimiento en la superficie boscosa en dicho periodo, a la par de un incremento general en el área de tierra utilizada para producción agrícola.

Una gran cantidad de leña es consumida a nivel industrial, debido a la necesidad de secar los granos (soja, trigo, maíz) antes de almacenarlos en los silos. Se estima que, cada año, más de 500 000 toneladas de leña son requeridos para secar soja y cantidades similares son requeridas para trigo, maíz y otros granos (Global Forest Coalition, 2014).

La industria del carbón es otro de los principales motores de la deforestación del Paraguay. El carbón es producido para consumo doméstico; mientras que el carbón de alta calidad para las barbacoas se produce para ser exportado, principalmente a los países europeos (España, Alemania, Bélgica). La exportación

de carbón es una de las principales fuentes de ingreso de Paraguay y excede el consumo doméstico. La mayor parte del carbón exportado va a Brasil; y la mayor parte se exporta ilegalmente a través de camiones que cruzan las fronteras. Además, carbón de alta calidad para barbacoas es exportado también a Brasil, Chile e Israel, adicionalmente a los países europeos. La producción de una tonelada de carbón requiere de entre 6 a 15 toneladas de madera. El Atlas Mundial (2016) establece que “Paraguay pierde 40 000 hectáreas de bosque cada año debido a la exportación ilegal de carbón, y otras 12 000 ha para la producción de carbón para barbacoa para Europa”.

La industria local del acero es otro de los grandes consumidores de carbón en el Paraguay. Por el momento, existe solo una fábrica de acero, ACEPAR, que tiene un consumo promedio anual de 127 371 toneladas de carbón, representando unas 6 369 hectáreas de bosque (Global Forest Coalition, 2014).

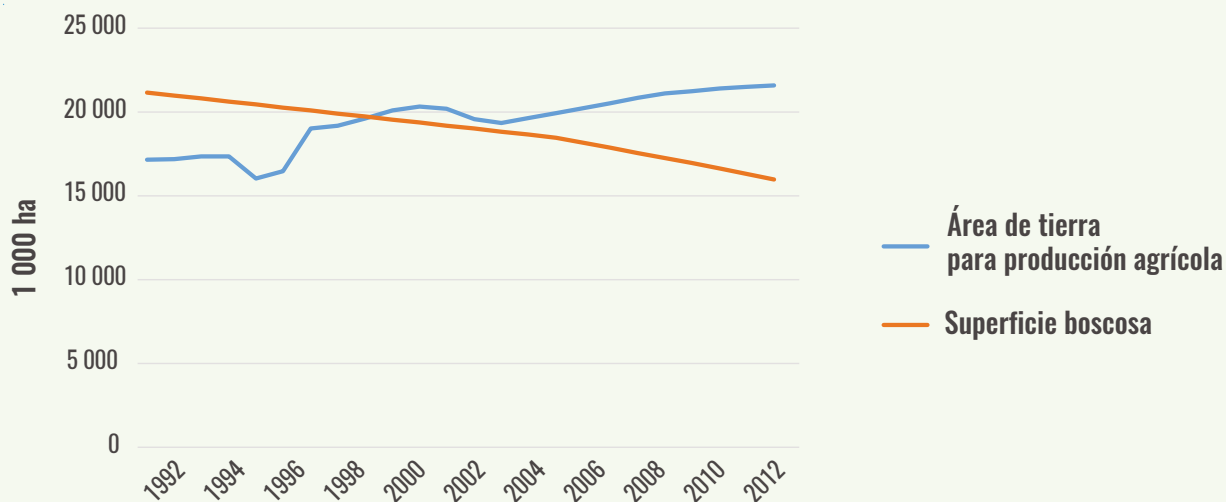
Mas allá del uso industrial, la leña y el carbón representan también el principal combustible a nivel de hogares; más del 80% del total del consumo de energía a nivel de hogares es con la leña (GIZ, 2014). A pesar del hecho de que Paraguay tiene una de las tasas de electrificación más altas en América Latina; con el 100% de los hogares urbanos y 98% de los hogares rurales con acceso a la electricidad (IEA, 2015a), el 46% de la población de Paraguay (3,1 millones de personas) aún utilizan biomasa tradicional para la cocción y calefacción (IEA, 2015b).

La producción, transporte y mercadeo de la leña es una fuente de empleo e ingreso para los productores de carbón paraguayos, que mayoritariamente operan unidades rurales de pequeña escala (Atlas Mundial, 2016).

La modernización de la cadena de valor de la biomasa forestal, con fines energéticos a través de la adopción de políticas e incentivos apropiados para prácticas de manejos de bosques sostenible (SFM); además de la introducción de tecnologías de combustión y conversión más eficientes, ayudaría a mantener los recursos boscosos existentes e incluso crear otros nuevos, al tiempo de fomentar el potencial de la biomasa para alivio de la pobreza y el desarrollo rural sostenible.

FIGURA 12

COBERTURA DEL ÁREA DE TIERRAS AGRÍCOLAS Y BOSQUES DE 1990 A 2013



Fuente: FAO, 2018

2.3.1 Políticas y legislación sobre recursos madereros

La primera legislación nacional para la protección de los recursos naturales fue aprobada en 1973 (Ley Forestal 422/73) y desde entonces; varias leyes, decretos y regulaciones acerca de los recursos naturales han sido promulgados, incluyendo la Ley de Vida Silvestre y Áreas Protegidas en 1994 y dos nuevas regulaciones para bosques en 1995⁷. Sin embargo, no han evitado la rápida degradación de los recursos naturales del país.

La Ley 1561/00 crea el Sistema del Medio Ambiente Nacional, el Consejo del Medio Ambiente Nacional y la Secretaría del Ambiente (SEAM). La última tiene el rol de asegurar la sostenibilidad de los procesos de explotación de los recursos naturales (por ejemplo; bosques, flora, vida silvestre y recursos acuáticos).

La Ley 524/04 fue promulgada para la

prohibición del procesamiento y conversión de áreas con cobertura boscosa en la región oriental. Esta ley es mejor conocida con el nombre de “Deforestación Cero”; y tiene el objetivo principal de proteger la deforestación de los remanentes del Bosque Atlántico del Alto Paraná en Paraguay. Como su nombre oficial lo dice, su alcance está limitado a la región oriental; permite solo explotación sostenible de bosques, pero no permite ninguna transformación o conversión de estas tierras para actividades agrícolas o asentamientos humanos. Desde entonces, las tasas de deforestación en el Bosque Atlántico del Alto Paraná han caído dramáticamente, en un 90% comparado con la base de referencia del 2002 (WWF, 2011). Como resultado de este gran éxito; la ley, que originalmente iba a tener una duración prevista de un periodo de dos años, ha sido extendida inicialmente hasta el 2008 a través de la Ley 3139/2006 y posteriormente hasta el 2013 y 2018, mediante sendas leyes respectivas.

⁷ Ley 536/95 para la promoción de la forestación y reforestación. Debido a esta ley, los dueños de los bosques que hayan sido declarados prioritarios para forestación y reforestación reciben un *bonus* del 75% del costo total de reforestación y mantenimiento durante los 3 primeros años.

En el 2012 se ha elaborado el Plan Nacional de Reforestación, que contempla la instalación de 450 000 ha de plantaciones forestales en un período de 15 años. Para el efecto se han promulgado los Decretos del Poder Ejecutivo: N° 2285 del 22 de setiembre de 2014, por el cual se “declara de interés nacional los programas y emprendimientos forestales que posibiliten e incentiven el uso sustentable del suelo y la promoción de generación de biomasa con destino energético y celulosa”; y el N° 3050/15 por el cual “se dispone la implementación de programas en el marco del Plan Nacional de Reforestación”. Cabe aclarar que este Plan Nacional de Reforestación es con fines energéticos para uso comercial y no con fines de recomposición del paisaje. El proyecto se propone se ejecuta en tres fases con una duración de 5 años cada una, su inicio se dio en el año 2013 y su culminación en el año 2027.

Por otro lado, el país cuenta con el “Plan

Nacional de Eficiencia Energética de la República de Paraguay”; ya que el uso eficiente de la energía es considerado una de las medidas más efectivas, a corto y mediano plazo, para lograr: en los hogares, bajar los costos sin perder calidad de vida; en las empresas, además de reducir costos, mejorar la competitividad; a nivel país, evitar o postergar importantes inversiones en generación de energía. Además de ayudar a reducir significativamente las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, así como otros gases contaminantes.

En el año 2015, a través del Decreto Presidencial N° 4056/2015 el VMME en coordinación con el Instituto Forestal Nacional, la Secretaría del Ambiente y el Ministerio de Industria y Comercio se autoriza a establecer regímenes de certificación, control y promoción de uso de bioenergías que garanticen la sostenibilidad de estos recursos energéticos renovables (SEAM, 2015).

REFERENCIAS

Atlas Mundial, 2016. Top wood charcoal exporting and importing countries. Disponible en: <http://www.worldatlas.com/articles/top-wood-charcoal-exporting-and-importing-countries.html> (Acceso: 9 de Noviembre de 2016)

Banco Mundial, 2014. Volatility and Inequality as Constraints to Shared Prosperity: Paraguay Equity Assessment. Disponible en: http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/06/25/000333037_20140625144310/Rendered/PDF/ACS92970WP0P1323320Box385254B00PUBLIC0.pdf

Banco Mundial, 2015a. Country Profile. Disponible en: <http://www.worldbank.org/en/country/paraguay/overview>

Banco Mundial, 2015b. Paraguay Agricultural Sector Risk Assessment. Disponible en: http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2015/07/01/090224b082faeb5d/1_0/

Rendered/PDF/

Paraguay0agric0egy00andoactionoplan.pdf

Banco Mundial, 2016. Data Bank, Country Profile: Paraguay. Disponible en: <https://data.worldbank.org/country/paraguay>

CBD, 2014. Paraguay – Country Profile, Disponible en: <https://www.cbd.int/countries/profile/default.shtml?country=py#status>

CEAMSO, 2017. Entrevistas a empresas nacionales y multinacionales, alcoholeras y demandantes de biomasa en sus procesos tecnológicos. Cuestionario de preguntas sobre la cadena de biomasa, caña de azúcar y maíz entre zafra (zafriña). Asunción, Par. Centro de Estudios Ambientales y Sociales, Junio de 2017.

DESA, 2009. State of the World’s Indigenous Peoples. United Nations, New York. Disponible en: http://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/SOWIP/en/SOWIP_web.pdf

DGEEC, 2013a. Compendio Estadístico 2013. Disponible en: <http://www.dgeec.gov.py/>

- Publicaciones/Biblioteca/compendio%202013/
Compendio%20Estadistico%202013.pdf
- DGEEC**, 2013b. Principales resultados, EPH 2013. Disponible en: <http://www.dgeec.gov.py/Publicaciones/Biblioteca/EPH2013/PUBLICACION%20EPH%202013.pdf>
- FAO**, 1991. Paraguay Agricultural Census 1991: Main Results. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/world_census_of_agriculture/main_results_by_country/Paraguay_1991.pdf
- FAO**, 2006. Country Pasture/Forage Resource Profile 2006. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/Paraguay/paraguay.htm>
- FAO**, 2018. FAOSTAT website. Disponible en: <http://faostat.fao.org/beta/en/#home>
- FAO, IFAD and WFP**, 2015. The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Rome, FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf>
- FMI**, 2008. Measuring the Informal Economy in Latin America. Disponible en: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2008/wp08102.pdf>
- FMI**, 2015. Paraguay: Selected Issues Paper. Disponible en: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2015/cr1538.pdf>
- GIZ**, 2014. Wood energy renewable, profitable and modern. Disponible en: <https://cleancookstoves.org/binary-data/RESOURCE/file/000/000/289-1.pdf>
- Global Energy Network Institute (GENI)**, 2017. Map of Paraguay Electricity Grid. Disponible en: http://www.geni.org/globalenergy/library/national_energy_grid/paraguay/paraguaynationalelectricitygrid.shtml
- Global Forest Coalition**, 2014. A Global Overview of Wood Based Bioenergy: Production, Consumption, Trends and Impacts. Disponible en: <http://globalforestcoalition.org/wp-content/uploads/2010/06/REPORT-WOOD-BASED-BIOENERGY-FINAL.pdf>
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O. and Townshend, J.R.G.**, 2013. 'High-resolution global maps of 21st-century Forest Cover change', *Science*, 342(6160), pp. 850–853. doi: 10.1126/science.1244693.
- IFAD**, 2012. Country Technical Note on Indigenous Peoples Issues: Republic of Paraguay. Disponible en: http://www.ifad.org/english/indigenous/pub/documents/tnotes/paraguay_en.pdf
- International Energy Agency (IEA)**, 2015a. WEO 2015 Electricity access database. Disponible en: <http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/energyaccessdatabase/>
- International Energy Agency (IEA)**, 2015b. WEO 2015 Biomass database. Disponible en: <http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/energyaccessdatabase/>
- International Trade Administration (ITA)**, 2017. Paraguay – Agricultural Sectors. Disponible en: <http://www.export.gov/article?id=Paraguay-Agricultural-Sectors>
- IRENA**, 2015. Renewable Energy Policy Brief: Paraguay, Disponible en: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Latin_America_Policies_2015_Country_Paraguay.pdf
- Jull, C., Redondo, P.C., Mosoti, V. and Vapnek, J.**, 2007. Recent Trends in the Law and Policy of Bioenergy Production, Promotion and Use. *FAO Legal Papers Online #68*. FAO, Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/uploads/media/lpo68.pdf>
- Larsen J.**, 2017. Agricultural Drivers of Land Use Change in Paraguay. Duke Universities library. Disponible en: <https://dukespace.lib.duke.edu/dspace/handle/10161/14210>
- MapXL, Inc.**, 2014. Map of Paraguay. Disponible en: <https://www.mapsofworld.com/images2011/paraguay/paraguay-map.jpg>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)**, 2008. Censo Agrícola 2008 Resultados. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/Censo/>
- Moody's Investors Service**, 2013. Credit Analysis Government of Paraguay. Disponible en: http://www.hacienda.gov.py/bonos/archivos_bonos/informes/Moody's%20Paraguay%20credit%20analysis%202013.01.17.pdf
- OECD**, 2015. Visualizations: What does Paraguay export? Disponible en: http://atlas.media.mit.edu/en/visualize/tree_map/hs92/export/pry/

- all/show/2015/
- Rothkopf, G.**, 2008. A Blueprint for Green Energy in the Americas. Disponible en: <https://www.geni.org/globalenergy/library/technical-articles/generation/future-fuels/iadb.org/a-blueprint-for-green-energy-in-the-americas/945745.pdf>
- Secretaría del Ambiente (SEAM)**, 2015. Paraguay trabaja en forma interinstitucional y a nivel continental los Green Commodities. Disponible en: <http://www.seam.gov.py/content/paraguay-trabaja-en-forma-interinstitucional-y-nivel-continental-los-green-commodities>
- Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social**, 2014. Plan Nacional de Desarrollo. Disponible en: <http://www.stp.gov.py/pnd/>
- Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC)**. Gridded Population of the World (GPW), V4. Disponible en: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/>
- Stratas Advisors**, 2016. Paraguay: Biofuels Policy & Market. Disponible en: <https://stratasadvisors.com/Insights/072916-Paraguay>
- The Economist**, 2015. Oil exploration activity gathers pace. Disponible en: <http://country.eiu.com/article.aspx?articleid=223090806&Country=Paraguay&topic=Economy>
- United Nations Statistics Division**, 2018. Country Profiles, Paraguay. Disponible en: <http://data.un.org/en/iso/py.html>
- U.S. Central Intelligence Agency**, 1998. Map of Paraguay. Disponible en: https://legacy.lib.utexas.edu/maps/americas/paraguay_rel98.jpg
- US Energy Information Administration (EIA)**, 2015. Paraguay International Energy Data and Analysis. Disponible en: <http://www.eia.gov/beta/international/country.cfm?iso=PRY>
- USDA Foreign Agricultural Service**, 2014. Global Agricultural Information Network (GAIN) Paraguay Biofuels Annual Report, 2014. Disponible en: http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Buenos%20Aires_Paraguay_7-21-2014.pdf
- USDA Foreign Agricultural Service**, 2015. GAIN Paraguay Biofuels Annual Report, 2015. Disponible en: http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Buenos%20Aires_Paraguay_8-10-2015.pdf
- VMME**, 2014. Balance Energético Nacional 2013. Disponible en: <http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/balance2013/BalanceEnergeticoNacional2013.pdf>
- VMME**, 2016. Balance Energético Nacional 2015. Disponible en: <https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/balance2015/Balance%20Energetico%20Nacional%202015.pdf>
- VMME**, 2017. Electricidad – Generación. Disponible en: http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1216&
- Walcott, J., Thorley, J., Kapos, V., Miles, L., Woroniecki, S. and Blaney, R.**, 2015. Mapping multiple benefits of REDD+ in Paraguay: using spatial information to support land-use planning. Cambridge, UK: UNEP-WCMC. Disponible en: <http://www.un-redd.org/tabid/5954/Default.aspx>
- World Economic Forum**, 2015. Country/Economy Profile. Disponible en: <http://www3.weforum.org/docs/GCR2014-15/Paraguay.pdf>
- World Energy Outlook**, 2015. Energy Access Database. Disponible en: <http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/energyaccessdatabase/>
- WWF**, 2011. Making a Pact to Tackle Deforestation in Paraguay. Disponible en: <http://internationaltreefoundation.org/wp-content/uploads/2011/04/Paraguay-FINAL-30-march-2011.pdf>
- WWF**, 2013. Paraguay Extends Zero Deforestation Law to 2018. Disponible en: <http://wwf.panda.org/?210224/Paraguay-extends-Zero-Deforestation-Law-to-2018>

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LAS CADENAS DE VALOR SELECCIONADAS EN PARAGUAY

Lourdes González Soria^{1,2}, Gabriela Cazenave³, Delia Ramírez H.²

¹ Área Bosques y Biodiversidad/FCA - Universidad Nacional de Asunción

² Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (ADIFCA)

³ Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental- Universidad Católica de Asunción

3.1 ETANOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR Y MAÍZ

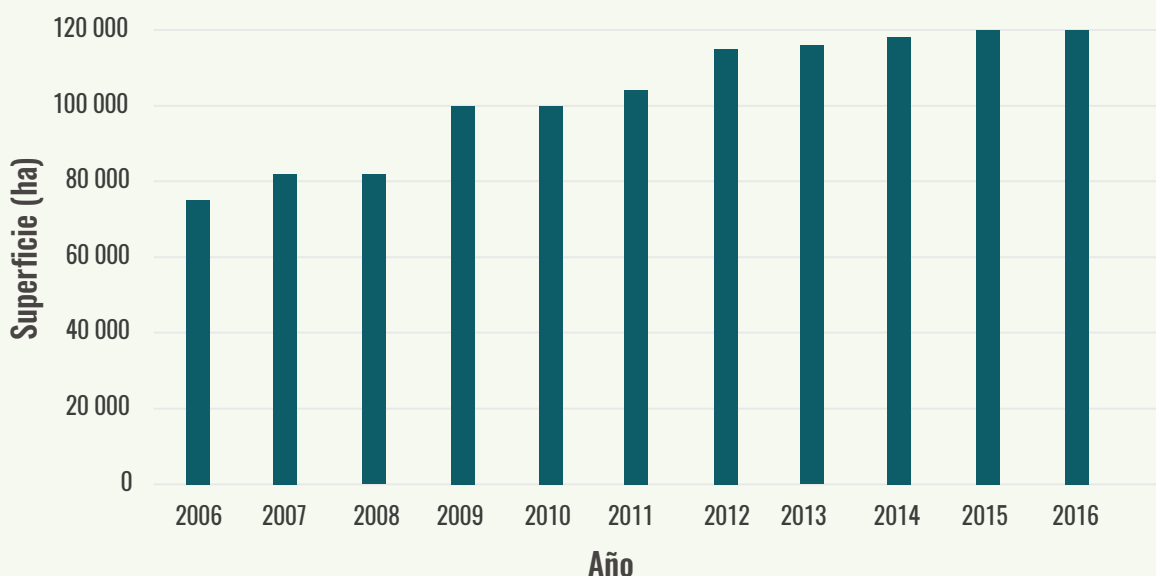
La recopilación de datos se enfocó a nivel de la región oriental del país, donde se concentran las áreas de producción de materia prima y plantas de procesamiento. En la selección del periodo de estudio para etanol se determinaron dos periodos. Uno corresponde al etanol proveniente de la caña de azúcar, cuyo periodo fue 2005-2016; dado que en el año 2005 se promulgó la Ley 2748/2005 “de fomento a los biocombustibles” y su reglamentación por la cual es obligatoria la mezcla del etanol con las naftas de octanajes menores a 97, en función al incremento de la

producción hasta llegar a un máximo del 25%. Por otro lado, para el caso del etanol proveniente de maíz, el periodo de estudio inició desde el año 2008, dado que desde este año se disponen de datos diferenciados de plantaciones de maíz y maíz zafriña.

3.1.1 Comportamiento y evolución de caña de azúcar y maíz a partir del año base

La producción de caña de azúcar en el país se desarrolla desde 1597, según datos de Samaniego (1936). Desde la entrada en vigencia de la ley de fomento a los biocombustibles (Ley 2748/2005), la superficie de producción de caña de azúcar aumentó 39 000 ha para el 2016, lo cual significa un 68% de aumento, teniendo como año base el 2006 (**Figura 13**). El cultivo cubre actualmente unas 120 000 ha, según información de la zafra

FIGURA 13

SUPERFICIE DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM L.*) EN PARAGUAY. AÑO BASE 2006

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de datos del Censo Agropecuario Nacional 2008 (MAG, 2008); MAG/DCEA (s.f); IICA, 2017.

2015/2016 (IICA, 2007; MAG, 2008, MAG, 2009; MAG, 2016). Se prevé siga en aumento debido a la demanda de etanol incentivada por la política energética nacional y la tendencia regional actual.

En el año 2016, la superficie total de maíz zafriña fue de 838 769 ha (MAG, 2016), si se toma como referencia el año 2010, la superficie dedicada al cultivo aumentó en 54% (Figura 14).

Mayores detalles sobre uso de suelo, cambio de uso de la tierra y productividad se analizan en los capítulos referentes a los Indicadores 3, 8 y 17.

La producción de caña de azúcar presenta un sostenido aumento, con leves variaciones negativas, tomando en cuenta un periodo de 10 años (2006 a 2016). En el año 2016, la producción de caña de azúcar fue de 6 708 000 toneladas, con un rendimiento promedio de 55,9 t/ha (MAG, 2016). Los departamentos de Guaira, Caaguazú y Paraguarí son los que concentran el mayor porcentaje de la producción, y la destinan a

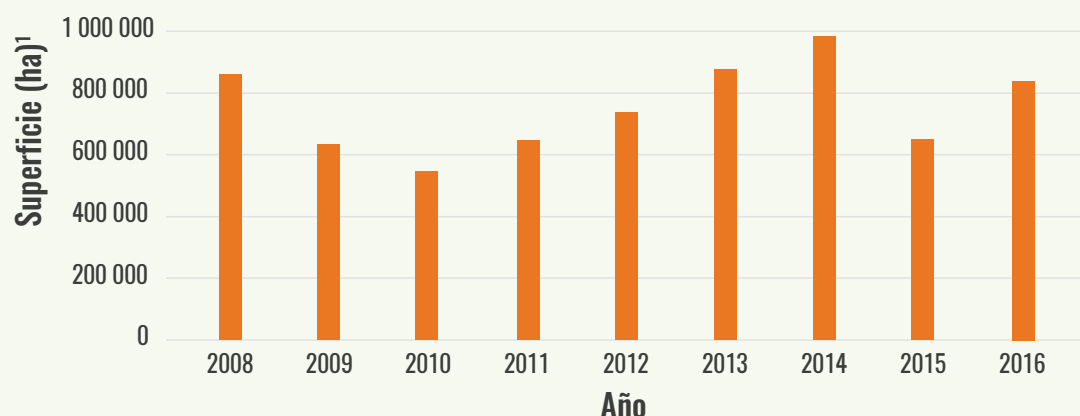
la industrialización para azúcar, etanol, miel de caña y forraje para alimentación animal (IICA, 2007).

La producción de maíz muestra un aumento sostenido, con leves variaciones negativas, en un periodo de diez años. En el año 2016, la producción de maíz zafriña llegó a 4 504 190 t, con un rendimiento 5,37 t/ha, en promedio (MAG, 2016).

Con relación a los precios de ventas de productos de interés, en el Cuadro 3 se presentan los precios de mercado de soja, maíz y trigo en el mercado internacional (Bolsa de Chicago) para el periodo 2009 al 2017; además, una estimación de precios para los años 2018 y 2019. Como referencia de la situación que puede enfrentar Paraguay con estos rubros.

FIGURA 14

SUPERFICIE DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ (ZEA MAYZ L.) EN PARAGUAY. AÑO BASE 2009



¹ De 2010 a 2016 los datos son solo de maíz zafriña

Fuentes: elaboración propia en base a datos del Censo Agropecuario Nacional, 2008 (MAG, 2008); MAG/DCEA, 2016; IICA, 2017; CAPECO/INBIO, 2014; CAPECO, 2017; Cubilla, 2016

CUADRO 1

PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (SACCHARUM OFFICINARUM L.) EN EL PERIODO 2006 A 2016

Año (zafra)	Superficie total (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2006	75 000	3 225 000	43,0
2007	82 000	4 100 000	50,0
2008	81 830	5 079 612	62,1
2009	100 000	4 800 000	48,0
2010	100 000	5 130 941	51,3
2011	104 055	5 339 010	51,3
2012	115 000	4 186 000	36,4
2013	116 000	5 544 797	47,8
2014	118 000	6 372 000	54,0
2015	120 000	6 701 433	55,8
2016	120 000	6 708 000	55,9

Fuentes: MAG, 2009; MAG, 2016

CUADRO 2

PRODUCCIÓN DE MAÍZ ZAFRA Y ZAFRIÑA (ZEA MAYS L.) EN EL PERIODO 2008 A 2016

Año (zafra)	Superficie total (ha) [*]	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2008	858 101	2 471 331	2,88
2009	634 206	1 522 094	2,40
2010	545 899	2 139 924	3,92
2011	647 048	2 536 428	3,92
2012	736 691	2 283 742	3,10
2013	876 369	3 505 476	4,00
2014	983 899	3 935 596	4,00
2015	649 733	3 411 098	5,25
2016	838 769	4 504 190	5,37

^{*} De 2010 a 2016 los datos son solo de maíz zafriña

Fuentes: elaboración propia en base a datos del Censo Agropecuario Nacional, 2008 (MAG, 2008); MAG/DCEA, 2016; IICA, 2017a; CAPECO/INBIO, 2014; CAPECO, 2017; Cubilla, 2016

CUADRO 3

PRECIOS DE MERCADO DE SOJA, MAÍZ Y TRIGO EN EL MERCADO INTERNACIONAL PERIODO 2009 AL 2017 Y ESTIMACIONES PARA 2018 Y 2019

Precio Bolsa de Chicago USD/t			
Año	Soja	Maíz	Trigo
2009	381,05	144,92	192,94
2010	385,09	167,38	213,36
2011	484,45	267,63	260,98
2012	536,12	272,63	276,71
2013	519,66	228,89	251,61
2014	458,25	163,62	216,45
2015	347,64	148,50	186,61
2016	362,81	141,18	160,48
2017	358,63	141,46	160,19
2018	356,96	144,47	168,47
2019	365,92	158,09	190,15

Fuente: Banco Central del Paraguay, 2018.

3.1.2 Producción de materia prima

Caña de azúcar

Se analizaron dos tipos de producción para la caña de azúcar, la producida con sistema convencional⁸ (Co) y la producción con sistema de siembra directa⁹, que es la que se destina a la producción de etanol. En el **Cuadro 4** se observa en detalles la producción de caña de azúcar en la región oriental del Paraguay.

Debido a la diferencia entre las prácticas de manejo del cultivo y cosecha entre productores de diferente escala, para el análisis del caso caña de azúcar se diferenciaron en productores de pequeña escala (PE); y productores de mediana y gran escala (MGE). Respecto a la clasificación de productores, se hace referencia a productores de escala pequeña, mediana y grande en función

de la superficie de sus fincas. Se consideran producción de pequeña escala (PE) cuando se desarrolla en fincas de hasta 10 ha de superficie; escala mediana cuando se hace en fincas desde 10,01 ha hasta 200 ha; y escala grande a la producción desarrollada en fincas de superficie superior a 200 ha.

El ciclo del cultivo de caña de azúcar es de cinco años para el caso de productores de MGE; y llega a 10 años (en pocos casos se citó siete años) para el caso de PE. La diferencia radica en el cambio total de las plantas con la resiembra al quinto año que realizan los productores MGE, con la consecuente preparación de suelo (laboreo, fertilización, siembra, entre otros). En el **Cuadro 5** y el **Cuadro 6** se refieren las labores agronómicas para producción en cada escala analizada.

⁸ La producción convencional es un sistema de producción basado en la alta incorporación de insumos externos al sistema productivo natural, como energía fósil, abonos químicos sintéticos y pesticidas. Se diferencia de la producción orgánica que es un sistema de producción que utiliza al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica; y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables, no utiliza fertilizantes ni plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana.

⁹ El "sistema de siembra directa" (FAO, 2004) es basado en la poca utilización de implementos para voltear el suelo e incorporar residuos de cultivos, depositándose la siembra con sembradora especializada, disminuyéndose así al mínimo la perturbación y la labranza mínima. Se diferencia del sistema convencional (SC) debido al sistema de preparación del terreno que incluye carpida, arada y rastreada.

CUADRO 4

SUPERFICIE CULTIVADA, RENDIMIENTO, TECNOLOGÍA DE CULTIVO Y COSECHA DE PRODUCTORES DE PEQUEÑA, MEDIA Y GRAN ESCALA DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PARAGUAY, 2017

Empresa	Ubicación	Superficie cultivada (ha)	Rendimientos (t/ha)	Tecnología cultivo	Tipo cosecha
ALCOTEC	CAAGUAZÚ	1 000	80	Co	Me
ALPASA	PARAGUARÍ	2 100	65	Co	Me
AZPA	GUAIRA	26 984	65 A 67	Co y Or	Me
NEUALCO	CAAGUAZÚ	1 300	100	Co	Me
PETROPAR*	GUAIRA		70	Co	Ma
PRODUCTORES**	GUAIRA	7 000	30 A 40	Co y Or	Ma
PRODUCTORES**	CAAGUAZÚ	1 – 10	30 A 40	Co y Or	Ma

Fuente: ADIFCA, 2017

Co: convencional; Or: orgánica; Me: mecanizada; Ma: manual

* No es productor. Refiere sobre productores que proveen a la planta alcoholera

** Asociación de Cañicultores de Mauricio José Troche (con 1 900 asociados)

CUADRO 5

LABORES AGRONÓMICAS PARA PRODUCCIÓN DE MGE DE CAÑA DE AZÚCAR

Rubro/Actividades	Año				
	1	2	3	4	5
1. PREPARACIÓN DE SUELO (ARADA; RASTREADA)					
1.1 ARADA	*				
1.2 RASTREADA	*				
1.3 APLICACIÓN FERTILIZANTE CAL AGRÍCOLA (CaCO ₃ U OTRO)	*				
1.4 APLICACIÓN FERTILIZANTE NPK	*				
1.4 SURCADO	*				
2. PLANTACIÓN	*				
3. CUIDADOS CULTURALES					
3.1 APLICACIÓN INSECTICIDAS	*	*	*	*	*
3.2 APLICACIÓN DE HERBICIDAS	*	*	*	*	*
3.3 DESMALEZADO MANUAL (CARPIDA)					
3.4 DESMALEZADO MECANIZADO		*	*	*	*
3.5 ACONDICIONAMIENTO DE RASTROJOS, DESAPORQUE, OTROS		*	*	*	*
3.6 APLICACIÓN FERTILIZANTE NPK		*	*	*	*
3.7 APLICACIÓN FERTILIZANTE ESTIÉRCOL		*	*	*	*
3.8 APLICACIÓN DE VINAZA	*	*	*	*	*
4. COSECHA					
4.1 CORTE					*
4.2 TRANSPORTE A LA PLANTA DE PROCESAMIENTO	*	*	*	*	*

Nota: los valores en gasto energético (combustibles, fertilizantes, jornales, etc.) se presentan en el Indicador 18.1.

Fuente: ADIFCA, 2017

CUADRO 6

LABORES AGRONÓMICAS PARA PRODUCCIÓN DE PE DE CAÑA DE AZÚCAR, 2017

Rubro/Actividades	Año									
	1	2	3	4	5	7	8	9	10	
1. PREPARACIÓN DE SUELO										
1.1 ARADA	*									
1.2 RASTREADA	*									
1.3 APLICACIÓN FERTILIZANTE CAL AGRÍCOLA (CaCO ₃ U OTRO)										
1.4 APLICACIÓN FERTILIZANTE NPK										
1.5 SURCADO	*									
2. PLANTACIÓN	*									
3. CUIDADOS CULTURALES										
3.1 APLICACIÓN INSECTICIDAS	*	*	*	*	*					
3.2 APLICACIÓN DE HERBICIDAS										
3.3 DESMALEZADO MANUAL (CARPIDA)	*	*	*	*	*					
3.4 DESMALEZADO MECANIZADO										
3.5 ACONDICIONAMIENTO DE RASTROJOS, DESAPORQUE, OTROS		*	*	*	*					
3.6 APLICACIÓN FERTILIZANTE NPK										
3.7 APLICACIÓN FERTILIZANTE ESTIÉRCOL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3.8 APLICACIÓN DE VINAZA										
4. COSECHA										
4.1 CORTE										*
4.2 TRANSPORTE A LA PLANTA DE PROCESAMIENTO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Nota: los valores en gasto energético (combustibles, fertilizantes, jornales, etc.) se presentan en el Indicador 18.1.

Fuente: ADIFCA, 2017

Elaborada en base a entrevista a productores del rubro PE (Pequeña Escala)

Larrahondo (1995, 2013) enfatiza en que los factores que afectan la calidad de la caña de azúcar son: la variedad, las prácticas culturales, la edad y la época de corte; por lo que las prácticas de producción son aspectos que pesan en el éxito del rubro a escala país y en el proceso de producción de etanol.

a. Preparación de suelo

Se desarrollan tres tipos de prácticas de preparación de suelos para el cultivo:

- 1 La preparación a tracción animal: involucra una carpida del terreno aproximadamente dos meses antes de la implantación del cultivo, una arada incorporando los residuos vegetales, aproximadamente un mes antes de la plantación y el surcado de plantación (35 cm profundidad), inmediatamente después de la arada.

- 2 La preparación mecanizada: consiste en general; en una carpida, aproximadamente dos meses antes de la implantación del cultivo; una rastrojada, incorporando las malezas en el suelo un mes antes de la plantación; y una arada (rastrón o arado de discos), incorporando los residuos vegetales, aproximadamente un mes antes de la plantación. Finalmente se hace el surcado para plantación (35 cm de profundidad) con surcadora o arado de discos.
- 3 La labranza mínima mecanizada sobre barbecho o sobre abono verde: consiste en una carpida o rollo cuchillo aproximadamente un mes antes de la plantación; desecar o carpir la vegetación remanente, aproximadamente una semana después de la carpida de las malezas o los abonos verdes con pre o post emergente (herbicidas); y surcado de plantación con surcadora o arado.

Productores de PE utilizan, en mínima cantidad la tracción animal; y la mayoría de ellos, así como los de MGE lo hacen en forma mecanizada.

b. Material propagativo

Sobre el material propagativo, Villar Vera (2011) menciona 13 variedades de caña de azúcar utilizadas en todo el país; sin embargo, es necesario una actualización de estas.

La caña semilla (trozos de tallo) consiste en la parte media del tallo (con 2 a 3 yemas presentes), la cual debe tener entre 6 a 9 meses y provenir de cultivos sanos.

c. Fertilizantes y fertilización

El desequilibrio de los elementos minerales asimilables sea por origen del suelo o por el manejo, se debe corregir para lograr alta producción; rendimiento de azúcar; y jugos de buena calidad para el proceso de producción de etanol; por lo tanto, es importante una adecuada tecnología en el uso de fertilizantes (Larrahondo, 1995).

Hay diferentes manejos de la fertilización en Paraguay. Los productores de PE en su gran mayoría no incorporan fertilizantes químicos debido a los costos que ello implica, por lo cual prefieren utilizar estiércol animal (vacuno, de cerdo o de gallina).

Los productores MGE utilizan fertilizantes químicos con diferentes formulaciones adecuadas a la situación del suelo y expectativa de rendimiento, a fin de aportar N, P y K. Se mencionó también el uso de fertilizantes orgánicos tales como vinaza y estiércol, así como cal agrícola.

La vinaza¹⁰ se usa como fertilizante; pero en su mayoría por productores de MGE, incluso algunos expresaron no hacer uso de ese producto. Todas las empresas productoras cuentan con piletas de tratamiento de vinaza por lo que el procesamiento del subproducto es conveniente en ellas, comparado con las labores de aplicación, y las implicaciones negativas en términos de

manejo del cultivo (necesidad de análisis de suelo, composición de la vinaza, movimiento de maquinaria, otros); y ambientales (alto potencial de contaminación por emanación de olores desagradables, acidificación de suelos, afectación de condiciones bioquímicas de suelos y aguas, elevada demanda bioquímica de oxígeno- DBO).

El uso de vinaza como fertilizante no es una práctica generalizada entre las empresas productoras de etanol actualmente. Solamente una de las cinco consultadas refirió hacer el ferti-riego con el producto (aproximadamente 150 m³/ha). Para el transporte de la vinaza a las plantaciones de caña de azúcar, los productores de MGE emplean ductos que van directo a las plantaciones para irrigación.

Para los productores de pequeña escala; la aplicación de vinaza constituía un aporte importante ya que se aplicaba en la etapa de producción con caña soca (rebrote, posterior al primer corte de la planta), inmediatamente después de la cosecha, paliando la falta de incorporación de fertilizantes químicos (que requieren inversiones mayores). Por su parte, los productores de pequeña escala (zona de Guaira y Caaguazú) mencionaron que la aplicación del producto se discontinuó, aproximadamente, en 2012 debido a cambios en el manejo de la empresa PETROPAR que les proveía el producto y la maquinaria necesaria para la aplicación.

d. Plagas y enfermedades

Con relación a control de enfermedades y plagas, se hace normalmente control de broca de la raíz (*Migdolus fryanus*) y otros, con insecticidas. Se utilizan controladores biológicos como *Bacillus thuringiensis* para diversas plagas, para control de *Diatraea saccharalis* se utiliza *Cotesia flavipes* (la avispa) y el hongo *Metarrizium anisopliae* para controlar el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*.

¹⁰ La vinaza es un subproducto de la fabricación del alcohol, que se produce en una media de 14 L por cada litro de alcohol. La composición química de la vinaza varía dependiendo de la materia prima utilizada en la destilación, la cual puede proceder de tres fuentes: melaza (concentrada), directamente del jugo de los molinos y mixta (mezcla de jugo y melaza). La materia orgánica es el componente principal de la vinaza (en melaza el 52,04 kg/m³, en jugo 23,44 kg/m³, en jugo-melaza 32,46 kg/m³), que presenta también concentraciones muy elevadas de nutrientes y micronutrientes (e.g. nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro). Presenta alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y alta acidez (Chaves Solera, 1985).

e. Cosecha y transporte de caña de azúcar a las plantas de etanol

La forma de cosecha; así como el transporte y el tiempo de almacenamiento antes de la industrialización, también afectan la calidad de producto industrial.

La mayor parte de los productores PE cosecha manualmente; en este caso la ocupación de mano de obra es muy elevada. En mayor medida, los productores MGE lo hacen en forma mecanizada (las consideraciones energéticas están discriminadas por escala en el indicador 18.1). La práctica de quema de rastrojos en las etapas de cosecha y post cosecha, en la producción de caña de azúcar, es bastante común en la producción de pequeña escala, aunque no es una práctica declarada por parte de los entrevistados, se pudo constatar que existe.

Cuando la caña es cosechada mecánicamente (trozos promedio de 30 cm) la tasa de pérdidas de sacarosa es tres veces mayor que la observada en tallos enteros (0,060 unidades porcentuales/hora para la caña trozada), en las primeras 72 horas después del corte y cosecha (Larrahondo, 2013). El deterioro de la calidad de la caña aumenta inmediatamente después del corte; y es directamente proporcional al tiempo de almacenamiento en los patios o camiones, por lo cual el transporte a tiempo es primordial; no se emplean silos intermedios. En consecuencia, este rubro presenta características muy particulares de concentración geográfica: las áreas de producción se hallan alrededor de una planta de elaboración de etanol que compra todo el producto. Las distancias máximas mencionadas entre los productores son de entre 50 a 80 km para que la producción sea rentable, esas distancias se mantienen en función del precio de la materia prima y del combustible (Diesel).

El transporte de caña de azúcar se hace, normalmente, en camiones triple eje con capacidad de 21 t a 35 t. Los productores a pequeña escala también transportan la producción en carretas; moto cargo (motocicletas con carrocería); tractor con acoplado; además de los camiones. En algunos casos se acopian hasta llenar el camión y llevar carga completa a los ingenios.

f. Transformación en combustible

El proceso de producción de etanol a partir de caña de azúcar se inicia con la **molienda**; en la cual se extrae el jugo de la caña de azúcar; quedando como sub producto: el bagazo, que se emplea como combustible en la caldera para la producción de vapor de agua para fines energéticos de calor y fuerza; posteriormente se realiza la **clarificación y tratamiento del jugo** mixto, antes de pasar a la siguiente etapa de **fermentación** realizada en cubas o dornas en forma discontinua, donde se produce etanol que contiene una cantidad sustancial de agua. Para eliminar la mayor cantidad de agua se pasa al proceso de **destilación**; en el cual se produce aproximadamente 95 por ciento de etanol puro y se eliminan las impurezas no deseadas; y es donde además se genera la vinaza. Esta mezcla de 95% de etanol y agua se llama etanol hidratado; puede ser utilizado como producto final como combustible en los vehículos *Flex Fuel*. La última etapa de producción es la **deshidratación**; en la cual, si se elimina el agua restante a través de distintos procesos, utilizando Ciclo Hexano o Tamiz Molecular; el producto final obtenido es el etanol: se llama etanol anhidro; y es el que se emplea para mezclar con las gasolinas nafta (UCA, 2017).

g. Coproductos

Para destilerías autónomas, en el caso de caña de azúcar, se genera como coproducto el bagazo; el cual, según fuentes primarias del sector, es empleado en la caldera para obtener energía calorífica usada en el proceso productivo. Este bagazo permite la autosuficiencia energética, cuando la planta es eficiente energéticamente; e incluso se puede contar con un adicional para la cogeneración y venta a la red de distribución eléctrica, algo que en el país aún no está reglamentado.

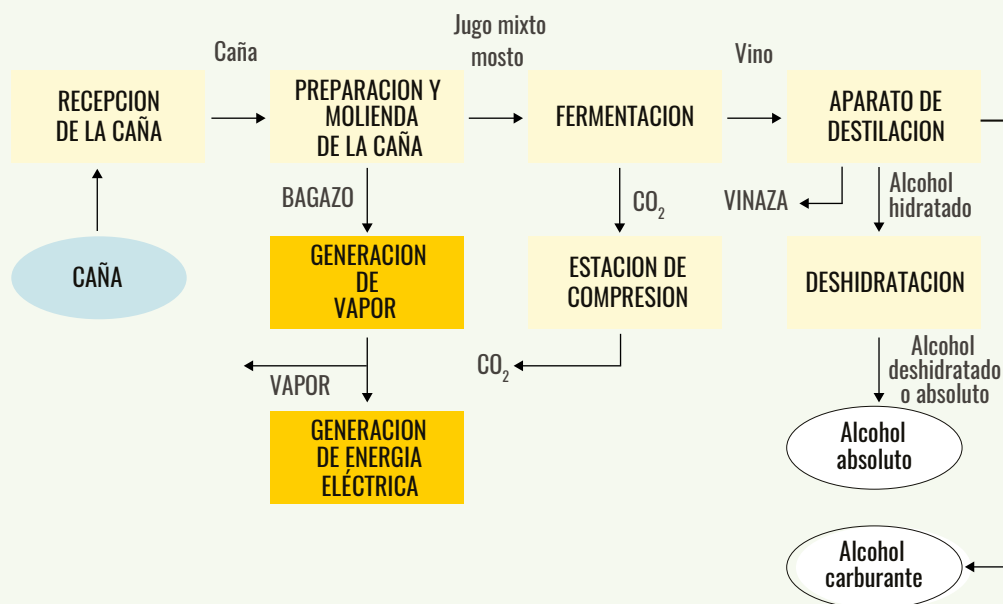
Para destilerías anexas, se produce además como coproducto distintos tipos de azúcares.

Maíz

Para el caso de maíz; solamente se analizó la producción de media y gran escala, que se destina a la industria alcohólica. El maíz, el tercer cultivo más importante en Paraguay, se introduce en el sistema actualmente como cultivo de rotación

FIGURA 15

CICLO DE TRANSFORMACIÓN DE LA CAÑA EN COMBUSTIBLE



Fuente: REDIEEX, 2017

(soja-maíz-trigo); se siembra en terrenos donde el objetivo principal de producción es soja. La siembra de maíz se realiza entre setiembre y octubre (zafra normal); de enero a marzo (zafriña), normalmente inmediato a la cosecha de soja. El ciclo del cultivo va de 120 a 150 días, dependiendo de la variedad utilizada; los productores mencionan que se desarrollan y usan variedades con ciclos cada vez más cortos, iniciando, inclusive, la siembra en agosto. Para la mayoría de los cultivos la preparación de suelo, el mantenimiento y cosecha se hacen de forma mecanizada. El maíz es un cultivo que incorpora grandes cantidades de insumos (varios fertilizantes y defensivos agrícolas) en cada etapa (Cuadro 7).

a. Preparación de suelo

Villar Vera (2011) indica que en el sistema convencional (SC) se realiza una preparación del terreno que incluye: carpida, arada y rastreada.

En el caso de siembra directa (SSD) sobre abonos verdes o sobre rastrojos se realiza carpida (o uso de rolo cuchillo); se eliminan los rebrotes del cultivo anterior y plantas recién germinadas (malezas o abonos verdes) con herbicidas desecantes; luego se hace un subsolado (25 cm de profundidad, aproximadamente) en las hileras de cultivo para eliminar el pie de arado.

Cubilla (2016) refiere que la producción se realiza con el sistema de siembra directa en 80 a 90% de las áreas de producción del país; no obstante, lo que se constata es la labranza mínima (sobre rastrojos de la cosecha inmediatamente anterior); y no estrictamente uno de los sistemas descritos (SSD o SC).

b. Fertilizantes y fertilización

Según los datos facilitados por productores, la fertilización que recibe el cultivo es NPK en dosis variables acorde a la situación del suelo. Al respecto Cubilla *et al.* (2012) señala que, en el

CUADRO 7

LABORES AGRONÓMICAS PARA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*ZEAMAYS L.*)

Rubro: Maíz zafríña	Año 1
1. SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN	*
2. CUIDADOS CULTURALES	
2.1 APLICACIÓN INSECTICIDAS	*
2.2 APLICACIÓN DE HERBICIDAS	*
2.3 APLICACIÓN DE UREA (N)	*
3. COSECHA	
3.1 RECOLECCIÓN	*
3.2 TRANSPORTE A LA PLANTA PROCESAMIENTO	*

Fuente: ADIFCA, 2017

sistema de siembra directa, las dosis de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son variables; así como su aplicación. La incorporación de nutrientes se hace conforme a los niveles de los nutrientes en el suelo (resultados de análisis de laboratorio); y en función de la expectativa de rendimiento.

El maíz requiere gran cantidad de N, el cual normalmente no es abastecido en cantidad necesaria y en la fase fisiológica requerida. Este cultivo absorbe aproximadamente 21 kg de N por tonelada de grano. Para este cultivo en general mencionaron que no se aplican enmiendas (calcáreo).

c. Plagas, enfermedades y defensivos agrícolas

Entre las numerosas plagas que afectan al maíz se citan *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero), *Diabrotica speciosa* (vaquita), *Elasmopalpus lignosellus* (broca del cuello), *Ustilago mays* (carbón) y *Fusarium moniliforme* (podredumbre del maíz). Normalmente se utilizan controladores biológicos como el hongo *Metarrizium anisopliae*; sin embargo, lo más común es el uso de defensivos químicos (insecticidas, fungicidas) para tratar la semilla antes de la siembra y para aplicar al cultivo. Entre los defensivos más utilizados los más usuales son Fipronil, Cipermetrina, Clorpirifos, Endosulfán (uso individual o combinado dependiendo de la intensidad de la plaga).

Por otro lado, una gran variedad de malezas como *Euphorbia heterophylla L.*, *Ipomea sp.*, *Bidens pilosa*, *Amaranthus viridis*, *Sida sp.*, *Commelina*

benghalensis, *Digitaria insularis*, entre otras; se combaten con numerosos herbicidas, entre ellos: Glifosato, Paraquat, Atrazina y Simazina (en diferentes formulaciones y combinaciones, dependiendo de la intensidad de la plaga).

d. Cosecha, almacenamiento y transporte de maíz a las plantas de etanol

La cosecha es una labor totalmente mecanizada; el transporte de maíz se hace normalmente en camiones triple eje (capacidad de 21 t a 35 t), motor diesel. El maíz zafríña se almacena temporalmente en silos estáticos, tipo tanque o tipo bolsa, que se encuentran aproximadamente a 80 km a la redonda de las plantaciones. Antes de almacenar el maíz en el silo, se seca, usando chips de eucalipto.

El tiempo de almacenamiento es corto para evitar comprometer la integridad del grano (humedad, ataque de hongos, roedores, insectos). En los silos se emplea energía proveniente de la red para las cintas transportadoras, elevadores de carga, ventiladores y rosca barredora. Posteriormente se transporta a las plantas procesadoras, en donde la distancia varía entre 50 y 300 km.

Se estima que la distancia total recorrida en el transporte del maíz desde las plantaciones hasta los silos; y, posteriormente, hasta la planta industrial varía entre 130 y 380 km; con un valor promedio de 255 km. Se asume que las pérdidas de maíz durante el transporte a los silos son de 0,010 kg/kg de maíz.

e. Transformación en combustible

El proceso empleado en la producción de etanol a base de maíz zafriña (*Zea mays*) es el de molienda seca del maíz; el cual se inicia con la molienda del mismo para reducir el tamaño y luego se le agrega agua, formándose así una mezcla. Esta es cocida y se le agregan enzimas para convertir el almidón en azúcar; proceso denominado sacarificación.

Posteriormente se agrega levadura para fermentar los azúcares, produciendo una mezcla que contiene etanol y sólidos. Esta mezcla es destilada y deshidratada para crear etanol de grado combustible. En el proceso de sacarificación se emplean enzimas α -amilasa y gluco-amilasa, para que se rompan las cadenas de glucosa del almidón en azúcar fermentable (UCA, 2017).

f. Coproductos

Los coproductos son productos secundarios que se generan en el proceso de producción, en este caso, del etanol. En el caso del maíz, este no sólo es empleado para la generación de etanol, sino que un porcentaje se destina a la producción de granos húmedos de destilería con solubles (WDGS) y granos secos de destilería con solubles (DDGS), a través de los procesos descritos como siguen. El agua y los sólidos remanentes después de la destilación del etanol se denominan vinaza; esta se encuentra compuesta primariamente por agua, fibras, proteína y grasas. La vinaza primero se centrifuga para obtener sólidos gruesos remanentes en el líquido; luego, pasa a la evaporación del líquido que da como producto el jarabe. El proceso de secado se realiza para obtener granos secos de destilería, denominados por sus siglas como DDG, y lo decantado en la centrifugación se conoce como granos húmedos de destilería o WDG. Si agregamos el jarabe a cualquiera de estos coproductos mencionados; obtendremos Granos Secos de Destilería y Solubles o DDGS; y Granos Húmedos de Destilería y Solubles o WDGS (US Grain Council, 2012). En el mercado local, tanto el DDGS como en WDGS se venden como alimento para el engorde de aves, ganado vacuno, equino y porcino.

3.1.3 Transporte de combustible

Al finalizar la producción de etanol anhidro y etanol hidratado, independientemente de la materia prima utilizada; caña de azúcar o maíz, los mismos son transportados a las Terminales de Almacenaje de Combustibles derivados del petróleo, donde el etanol anhidro se mezcla con dos tipos de gasolina: virgen y catalítica, para la formulación de los distintos tipos de gasolinas comercializados; incluyendo el E-85 para los vehículos *Flex*. La mezcla es realizada en línea en las Islas de carga con la Gasolina Base premezclada o en forma híbrida (secuencial y en línea) de los tres productos.

El etanol hidratado es almacenado en tanques y despachado directamente hacia su comercialización para la venta a los vehículos *Flex Fuel*.

El transporte de etanol se realiza en camiones cisternas de 30 000 o 45 000 litros, debidamente habilitados para el efecto por el INTN.

La Ley 5444/15, de “Fomento de consumo de alcohol absoluto y alcohol carburante”, permite alternativamente a las plantas productoras de etanol contar con una estación de expendio de etanol hidratado en la ciudad donde está localizada.

Una parte de la producción de etanol anhidro puede ser eventualmente exportada a Europa u otras regiones.

3.2 BIOMASA FORESTAL PARA ENERGÍA

Se investigó sobre biomasa forestal para generación de energía; se utilizó el caso de la producción de leña y chips de plantaciones forestales, que tiene como objetivo la producción de biomasa a partir de *Eucalyptus ssp* (varias especies y clones).

Se estima una superficie actual de plantaciones forestales de 122 451 ha (INFONA, 2016), las especies forestales utilizadas para plantaciones corresponden a *Eucalyptus spp* (90%); mientras

que el 10% se distribuyen entre otras especies exóticas y nativas (ver Indicador 17.1 para más detalles sobre productividad).

3.2.1 Producción de la biomasa forestal

a. Preparación de terreno para plantación y mantenimiento de las áreas plantadas

No existen fórmulas generales para la preparación de terreno, ya que cada caso específico se analiza y se planifica conforme a factores variables en campo; a saber: tipo de suelo (características físicas y químicas); condiciones predominantes relacionadas al uso anterior, elevación y pendiente; maquinaria disponible (modelo, año, capacidad operativa); régimen de lluvias; y objetivos del propietario. Para este análisis se tomaron las prácticas más comunes de preparación de terreno.

El suelo se prepara trabajándolo inicialmente con rastra pesada (tres pasadas); posteriormente se pasa rastra liviana, un subsolado y construcción de camellones (taipeado). En caso necesario se drena el suelo para lo cual se construyen canales con máquina excavadora.

La labor de mantenimiento de parcelas se realiza durante el año de establecimiento de la plantación, cada vez que sea necesario (entre tres a cuatro veces); a fin de asegurar la integridad de la plantación se debe hacer entre los 12 a 48 meses (final del ciclo), el mantenimiento mecanizado de la red de caminos y barreras contra fuegos.

b. Fertilizantes y fertilización

Los fertilizantes utilizados también son variados, pero los más utilizados son NPK 08-20-10; sumado calcio y boro o NPK 04-30-10; y, en el menor de los casos, 16-08-12 tecnología de liberación controlada. Las frecuencias (una o dos veces luego de la plantación) y cantidades varían en función al tipo de suelo y el proyecto de inversión.

c. Plagas y enfermedades

Entre los 12 y 18 meses de la plantación se realiza pulverización mecanizada con herbicidas. Los controles de malezas se hacen con herbicidas

pre y post emergentes como Isoxaflutole, Fordor, Glifosato y Paraquat. Los insecticidas más utilizados son Fipronil, Piretroides y Cipermetrina.

d. Cosecha y transporte de productos

La cosecha se hace a tala rasa; se plantean varias posibilidades relacionadas, también, a las necesidades y objetivos del propietario. Es posible utilización de tractor con auto cargables (directamente en el camión transportador) o con tractor con molinetes (apeo hasta la cabecera de parcelas que están en proceso de cosecha).

La biomasa cosechada puede ser llevada a la planta chipeadora; a la fábrica de carbón o directamente al consumidor industrial final (Ver indicador 17.1 para demanda de biomasa). El transporte de biomasa para energía se hace normalmente en camiones triple eje con capacidad de 18 t a 35 t.

Según datos del indicador 23, las distancias recorridas desde la producción a las plantas industriales oscilan entre los 50 y 400 km; por su parte, en el transporte de los chips de eucalipto la distancia recorrida es de aproximadamente 30 km.

3.2.2 Usos principales o destinos finales de la biomasa forestal

Consumo de leña en los hogares

La Biomasa Forestal es la principal fuente de energía para más de la mitad de la población en Paraguay, especialmente en los hogares rurales, la leña y el carbón suministran el 22% de la energía primaria total. Según los últimos datos de la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censo (DGEEC, 2013), el 62,8% de los hogares rurales utiliza leña como principal combustible para cocinar.

La recolección se hace principalmente utilizando herramientas manuales; el transporte, se realiza principalmente a pie o por carros con tracción animal; y más recientemente con motocicletas y carros motorizados.

El alto consumo por familia por año (ver Indicadores 3 y 14) se puede explicar por el uso no eficiente de la leña en los hogares rurales. El uso de la leña se da principalmente a través del

fuego abierto; y se pueden citar las siguientes tecnologías de cocinas mejoradas en uso: Fogón en Alto, Justa Tradicional, Horno LORENA y Onil. La disposición de residuos como cenizas es la tradicional.

La industria del carbón está abastecida desde el monte nativo, siendo el mercado de carbón altamente informal. En cuanto a la tecnología utilizada para este tipo de producción; la principal es la de pozos tradicionales de carbón, utilizándose otras tecnologías para una producción industrial para el abastecimiento de grandes industrias como ACEPAR. La energía/calor producida durante el procesamiento de la madera se pierde normalmente en el aire.

En cuanto al empaquetado, el carbón puede ser comercializado a los hogares sin empaquetar o en grandes bolsas de papel o arpillera de 5, 10 o 50 Kg.

El transporte del carbón se realiza normalmente utilizando vehículos como camión, moto, otros; y la distancia del punto de colecta al

punto de distribución puede ser de decenas de Km.

El uso del carbón es nuevamente a fuego abierto en su mayor parte, al igual que en el caso de la leña.

Consumo de leña en las industrias

La leña se utiliza en la industria para generación de calor, principalmente en la Agroindustria; y en las fábricas de cerámicas y olerías. La tecnología para quemar la madera es la de combustión principalmente.

Los principales usos son para secado de granos con tasas de 0,08 t/t de soja y 0,6 t/t de maíz, trigo y girasol, y combustibles en calderas. Se conoce que, para una producción de 13 millones de toneladas de granos, se consume 3 millones de toneladas de leña.

El uso de leña ha desplazado al fuel oil, glp o electricidad como combustible para calderas en las industrias.

REFERENCIAS

ADIFCA (Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción), 2017.

Entrevistas a productores de caña de azúcar de pequeña (PE), mediana y gran escala (MGE) y a productores de maíz zafrina. Fecha de aplicación de la encuesta: Abril 2017.

Banco Central del Paraguay (BCP), 2018. Boletín económico: Anexo. Disponible en: <https://www.bcp.gov.py/estadisticas-economicas-1364>

CAPECO, 2017. Área de siembra, producción y rendimiento. Disponible en: <http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/> (Acceso: julio 2017)

CAPECO/INBIO, 2014. Estimación por Análisis Geo-Espacial de Cobertura del Cultivo de: Soja zafra 2013-2014, Soja zafriña 2014, Maíz zafriña 2014 en la región oriental del Paraguay. CAPECO/INBIO.

Chaves Solera, M.A., 1985. Las Vinazas en la

Fertilización de la Caña de Azúcar. *El Agricultor Costarricense* 43 (9-10): 174-177.

Cubilla, M., 2016. Historia, evolución y perspectivas de la agricultura mecanizada en Paraguay. Disponible en: <http://capeco.org.py/wp-content/uploads/2015/06/1-Luis-Cubilla-16-abril.pdf>

Cubilla, M., Wendling, A., Eltz, F., Amado, T. and Mielnizuk, J., 2012. Recomendaciones de fertilización para soja, trigo, maíz y girasol bajo el sistema de siembra directa en el Paraguay. CAPECO, Asunción, Py. 88 p. Disponible en: http://capeco.org.py/wp-content/uploads/2015/06/libro-final_recomendaciones-de-fertilizacion-paraguay_2012.pdf

DGEEC (Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censo), 2013. Disponible en: <http://www.dgeec.gov.py/>

FAO, 2004. Desarrollo de la siembra directa en el

- Brasil Tropical. La historia de las actividades exitosas de una ONG. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/y2638s/y2638s00.htm>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura)**, 2007. Atlas de la agro-energía y los biocombustibles en las Américas: i. etanol. IICA. San José, CR. P124 – 127. Disponible en: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/icap/unpan045305.pdf>
- IICA**, 2017. Evolución y situación de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/cana.htm> (Acceso: junio 2017)
- INFONA**, 2016. Balance Anual de Gestión Pública. Presupuesto por Resultado Año 2016. San Lorenzo (Paraguay).
- Larrahondo, J.**, 1995. Calidad de la Caña de Azúcar. In: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. CENICANA, Co. p337–354. Disponible en: http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p337-354.pdf
- Larrahondo, J.**, 2013. Definición y alcances de la alcoquímica: la calidad de las materias primas y su impacto en el proceso alcoquímico. In III Congreso AETA. AETA, Ec. 10p. Disponible en: <http://www.aeta.org.ec/pdf/fabrica/Larrahondo,%20J.%20Definicion%20y%20alcances%20de%20la%20alcoquimica.pdf>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería)**, 2008. Censo Agropecuario Nacional 2008. MAG–DCEA. Asunción, PY. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/Censo/Book%201.pdf>
- MAG**, 2009. Síntesis Estadísticas: Producción Agropecuaria año agrícola 2008/2009. MAG–DCEA. Asunción, PY. 46p. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/index.php/institucion/dependencias/sintesis-estadistica>
- MAG**, 2016. Síntesis Estadísticas: Producción Agropecuaria año agrícola 2015/2016. MAG–DCEA. Asunción, PY. 46p.
- MAG/DCEA**, 2016. Síntesis Estadísticas. Producción agropecuaria año agrícola 2015/2016. San Lorenzo, Par. Ministerios de Agricultura y Ganadería/Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias, Informe Final Diciembre 2016. 51p.
- MAG/DCEA**, s.f. Caña de azúcar: superficie, producción y rendimiento por departamento. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/Censo/temporales/CANHA%20DE%20AZUCAR.pdf> (Acceso: marzo 2017)
- REDIEX**, 2017. Guillermo Parra Romero, Mesa Sectorial de Biocombustibles de REDIEX – Red de Inversión y Exportación – Ministerio de Industria y Comercio.
- Samaniego, C.** 1936. Caña de azúcar y caña paraguaya. Imprenta nacional. Asunción. 120p. Disponible en: http://www.portalguarani.com/2147_cesar_c_samaniego/21459_cana_de_azucar_y_cana_paraguaya_1936__por_cesar_samaniego.html
- UCA (Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción)**, 2017. Entrevistas a cuatro industrias procesadoras de caña de azúcar y maíz, y a productores de ambos rubros agrícolas. Reuniones con entes públicos: Instituto Forestal Nacional (INFONA), Ministerio de Industria y Comercio (MIC), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y SEAM. Fecha de aplicación de la encuesta: Abril 2017.
- U.S. Grain Council**, 2012. A Guide to Distiller’s Dried Grains with Solubles (DDGS). Third Edition. Disponible en: http://www.ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2015/11/2012_DDGS_Handbook-1.pdf
- Villar Vera, L.**, 2011. Cultivo de caña de azúcar. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Disponible en: <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/detail/Cultivo+de+Ca%C3%B1a+de+Az%C3%BAcar-1.pdf>

CAPÍTULO 4

RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD DE LA BIOENERGÍA GBEP EN PARAGUAY

PILAR MEDIOAMBIENTAL

4.1 INDICADOR 1: EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN TODO EL CICLO DE VIDA

Gabriela Cazenave¹, Lourdes González Soria^{2,3},
Susanne Koeppen⁴

¹ Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Universidad Católica de Asunción

² Área Bosques y Biodiversidad/FCA – Universidad Nacional de Asunción

³ Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (ADIFCA).

⁴ Institut für Energie and Umweltforschung Heidelberg (IFEU)

Descripción:

Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debido a la producción y uso de bioenergía.

Unidad de medición:

gCO₂-eq/MJ

4.1.1 Implementación del indicador 1 en Paraguay

La recopilación de datos e información se obtuvo a través de entrevistas a referentes de cinco de las diez industrias alcoholeras procesadoras de caña de azúcar y maíz existentes, y consideradas representativas para el análisis, ellas fueron: ALCOTEC y NEUALCO (Ca'aguazu), ALPASA (Paraguari), AZPA y PETROPAR (Guaira). Sin embargo no se pudo acceder a INPASA, referente de producción de etanol del Departamento de Canindeyú, y mayor productor de etanol del país. Así también se entrevistó a productores de ambos rubros agrícolas, y referentes técnicos de tres empresas reforestadoras nacionales: EFISA, FELBE y FORESTA y usuarios de biomasa forestal. Se realizaron reuniones con entes públicos como el Instituto Forestal Nacional (INFONA), Ministerio de Industria y Comercio (MIC), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y Secretaría del Ambiente (SEAM).

El análisis de ciclo de vida (ACV) se realizó con base a los lineamientos del Marco Metodológico Común de la GBEP (FAO, 2010), y se analizaron las características del ciclo de vida de la bioenergía de los tres casos de estudio seleccionados (i.e. etanol a partir de caña de azúcar y maíz zafriña; biomasa forestal). El ciclo de vida del etanol comprende desde la producción de la materia prima, transporte de las mismas a las plantas

de producción de etanol, producción de etanol, transporte etanol para mezcla con nafta, mezcla de la nafta y transporte del producto final a puntos de comercialización y uso de la bioenergía. Para el caso de biomasa forestal, se analizó el ciclo de vida desde los plantaciones de *Eucalyptus spp.* hasta la producción de leña y chips.

Para los cálculos de las contribuciones de los gases de efecto invernadero (GEI), expresados en CO₂eq, a lo largo del ACV ciclo de vida de los casos considerados, se empleó la herramienta proveída por el Instituto de Medio Ambiente y Energía (IFEU) de Heidelberg, diseñada específicamente para los cálculos de los indicadores ambientales 1 y 4 de la GBEP. Los GEI considerados en el estudio fueron CO₂, CH₄ y N₂O y los potenciales de calentamiento empleados fueron 1, 25 y 298 respectivamente (IPCC, 2007).

4.1.2 Resultados claves

Producción y uso de etanol a partir de caña de azúcar y maíz zafriña: suposiciones

La línea base de estudio del etanol proveniente de la caña de azúcar y maíz son mencionadas en el capítulo tres, además de otras consideraciones tomadas para los escenarios de caña de azúcar. Las etapas consideradas para cada caso de estudio se presentan en el **Cuadro 8**.

CUADRO 8

CADENAS DE VALOR PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL: ETAPAS CONSIDERADAS

	Caña de azúcar	Maíz
CAMBIO DE USO DE SUELO	*	*
PRODUCCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	*	*
TRANSPORTE DE LA MATERIA PRIMA A SILOS DE ALMACENAMIENTO	NA	*
ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA EN SILOS	NA	*
TRANSPORTE DE LA MATERIA PRIMA A PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETANOL	*	*
PRODUCCIÓN DE ETANOL	*	*
TRANSPORTE DE ETANOL A PLANTA PARA MEZCLA CON NAFTA	*	*
TRANSPORTE A ESTACIÓN DE EXPENDIO DEL BIOCOMBUSTIBLE	*	*

Fuentes: ADIFCA, 2017; UCA, 2017

La descripción detallada de los ciclos de vida analizados para cada caso de estudio se encuentra detalladas en el capítulo tres del presente informe.

Caña de azúcar

a. Uso de suelo y cambio de uso de suelo

Desde la entrada en vigencia de la Ley 2748/2005 “de fomento a los biocombustibles”, la superficie de producción de caña de azúcar aumentó 46 000 hectáreas hasta el 2016, lo cual significa un 62,16% de aumento (MAG, 2016; IICA, 2010). El cultivo cubre actualmente unas 120 000 ha, según información de la zafra 2016 (MAG, 2016). Más

información sobre cambio en el uso de la tierra se proporciona en el Indicador 8.

b. Producción de materia prima

Existe una marcada diferencia entre las tecnologías de producción aplicadas entre productores de caña de azúcar de pequeña escala (PE) y los del mediano y gran productor (MGE), por esta razón, se analizaron dos escenarios. En primer lugar, se ha estudiado al productor de PE, el cual se caracteriza por su utilización intensiva en mano de obra. En segundo lugar, se ha analizado el caso de MGE, el cual se caracteriza por su utilización intensiva de capital como es el caso de maquinaria, equipos y combustible. A continuación se presentan en el **Cuadro 9** los datos de empleados para los cálculos de emisiones de GEI.

CUADRO 9

DATOS ANUALES DE CULTIVO, DEFENSIVOS AGRÍCOLAS INCORPORADOS MATERIAL PROPAGATIVO Y ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR A PE Y MGE EN PARAGUAY, 2017

Cultivo y cosecha	Productores de MGE	Productores de PE	Unidad de medida
RENDIMIENTO	65,0	40,0	t/ha
CONTENIDO DE AGUA	70,0	70,0	%
FERTILIZANTES Y PESTICIDAS			
N-FERTILIZANTE ¹	37,5	0,0	kg N/ha
P ₂ O ₅ -FERTILIZANTE ²	97,5	0,0	kg P ₂ O ₅ /ha
K ₂ O-FERTILIZANTE ²	82,5	0,0	kg K ₂ O/ha
CaO-FERTILIZANTE ³	1 300,0	0,0	kg CaCO ₃ /ha
ESTIÉRCOL	0	37	kg N/ha
VINASA*			kg N/ha
PESTICIDAS**	5,4	4,35	kg/ha
EMISIONES POR QUEMA DE RASTROJOS ⁴	NO	SI	
MATERIAL PROPAGATIVO: SEMILLA/CAÑA SEMILLA ⁵	10 000,0	10 000,0	kg/ha
ENERGÍA (COMBUSTIBLE DIESEL)	73	1,7	litros/ha

* no se incorporó vinaza en el cálculo por no ser una práctica generalizada actualmente

** se incluyen pesticidas, herbicidas e insecticidas en esta categoría

¹ Factor de emisión extraído de JRC-Calculations, 2014

² Factor de emisión extraído de Kaltschmitt & Reinhardt, 1997

³ Factor de emisión extraído de GEMIS, 2014

⁴ Factor de emisión extraído de EMEP/EEA, 2012

⁵ Factor de emisión extraído de Macedo et al., 2004

Fuente: ADIFCA, 2017

En cuanto a la quema de cultivos, esta práctica se encuentra regulada recién desde el año 2010 por la Ley 4014/10, sin embargo es sabido en el país que aún se realizan en épocas de entre zafra. Ante la incertidumbre de si en la actualidad aún quedan productores que realizan la quema de sus cultivos, el equipo ha decidido considerarla en los productores a PE.

c. Transporte de caña de azúcar a las plantas de etanol

Debido a las propiedades de rápida descomposición de la caña de azúcar los ingenios azucareros sólo toman cargas de plantaciones situadas entre 50-80 km a la redonda y no se emplean silos intermedios. Las distancias que se emplearon para la estimación de emisiones de gases GEI, se obtuvieron de cálculos realizados con datos proveídos por fuentes primarias, y los cuales se presentan en detalle en el indicador 23.

Para los cálculos se consideró para ambos escenarios de estudio, el uso de camiones de 21-35 t para el transporte de la caña de azúcar, motor diésel y no se asumieron pérdidas en el camino.

d. Transformación en combustible

La caña de azúcar debe ser transformada para producir el etanol, esto implica que se generan emisiones tanto por insumos como por la energía empleados en el proceso. Estos fueron considerados y se exponen que insumos y las cantidades en el **Cuadro 10**. La información de los químicos que se emplean en los procesos productivos de etanol a partir de caña de azúcar fueron proveídos por una Industria de la Mesa Multisectorial de Trabajo y, limitan el alcance de la medición de emisiones por el uso de otros químicos que talvez sean empleados en otras industrias del sector, a las cuales no se pudo acceder.

En el caso de caña de azúcar se genera como co-producto el bagazo, el cual según fuentes primarias del sector es empleado en la caldera para obtener energía calorífica que se emplea en el proceso productivo. No fue por tanto necesario estimar el porcentaje de emisiones asociadas al bagazo, ya que su uso en el proceso productivo se encuentra incluido en las emisiones totales.

CUADRO 10

DATOS DE PRODUCCIÓN DE ETANOL DE CAÑA DE AZÚCAR

Producción	Datos	Unidad de medida
ETANOL	0,0513	kg ETANOL/kg CAÑA
BAGAZO (50% H ₂ O)	0,320	kg/kg CAÑA
CONTENIDO DE AGUA DEL BAGAZO	50	%
QUÍMICOS		
ÁCIDO SULFÚRICO (H ₂ SO ₄)*	0,0191	kg/kg ETANOL
ÓXIDO DE CALCIO PURO (CaO)**	0,01770	kg/kg ETANOL
ENERGÍA		
CONSUMO DE ENERGÍA	0,127	kWh/kg ETANOL
ELECTRICIDAD MIXTA	ELECTRICIDAD MIXTA PARAGUAY	
CALDERA DE BAGAZO		
DEMANDA DE CALOR	2,340	MJ/kg ETANOL
EFICIENCIA TÉRMICA	70,0	%
CONSUMO DE BAGAZO	3,34	MJ/kg ETANOL

* Factor de emisión extraído de Frischknecht, 1996

** Factor de emisión extraído de MacLean & Spatari, 2009

Fuente: UCA, 2017

Maíz

a. Uso de suelo y cambio de uso de suelo

La superficie de plantación de maíz entre zafra presenta fluctuaciones en el período de estudio, el promedio de superficie cultivada es de 767 845 ha y presentó en la zafra 2016 un crecimiento del 29% en comparación con la zafra 2015. El maíz zafriña ingresa en un ciclo de rotación con el trigo, el cual es el cultivo de invierno (junio–septiembre), y con el de mayor importancia la soja, el cual es un cultivo de verano (octubre–enero)

Para realizar el análisis de la proporción de contribución del maíz zafriña en el uso de suelo y cambio de uso de suelo se empleó el método económico de asignación. En el cual se estudiaron los precios de venta de soja, maíz y trigo en el mercado internacional (Bolsa de Chicago) para el periodo 2009 al 2017 y una estimación de precios para el año 2018, presentados en el capítulo 3. Así también se tuvieron en cuenta los rendimientos productivos en ha/año de cada uno de los cultivos mencionados, presentados en el **Cuadro 11**.

CUADRO 11

RENDIMIENTO DE CULTIVOS DE SOJA, MAÍZ ZAFRIÑA Y TRIGO EN PARAGUAY EN EL PERÍODO 2009-2016

Rendimiento de cultivos de rotación (soja-maíz-trigo) t/ha				
Año	Soja	Maíz	Trigo	
2009	1,50	2,4	2,1	
2010	2,80	3,9	2,5	
2011	2,96	3,9	2,5	
2012	1,49	3,1	2,6	
2013	2,95	4,0	2,6	
2014	2,85	4,0	1,5	
2015	2,50	5,2	1,9	
2016	2,71	5,4	2,2	

Fuente: MAG, 2016

b. Producción de materia prima

Para la mayoría de los cultivos la preparación de suelo, el mantenimiento y cosecha se hacen de forma mecanizada (se exponen mayores detalles de consumo energético en el indicador 18.1). Según referencias de las empresas dedicadas al rubro de almacenamiento y exportación de grano, el secado de granos se hace con leña de *Eucalytus* spp. Para el secado de 15 t de grano se

utiliza 1 m³ de leña (500 kg); el grano ingresa normalmente con 14 a 18% de humedad y se seca hasta 12 a 14%.

En el **Cuadro 12** se exponen los datos que se emplearon para el cálculo de las emisiones de GEI.

CUADRO 12

DATOS ANUALES DE CULTIVO, DEFENSIVOS AGRÍCOLAS INCORPORADOS MATERIAL PROPAGATIVO Y ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ ENTRE ZAFRA EN PARAGUAY, 2017

Cultivo y cosecha	Cantidad	Unidad de medida
RENDIMIENTO	4,20	t/ha
CONTENIDO DE AGUA	12,0	%
FERTILIZANTES Y PESTICIDAS ¹		
N-FERTILIZANTE	40,0	kg N/ha
P ₂ O ₅ -FERTILIZANTE	50,0	kg P ₂ O ₅ /ha
K ₂ O-FERTILIZANTE	80,0	kg K ₂ O/ha
CaO-FERTILIZANTE (kg CaCO ₃)	0	kg CaCO ₃ /ha
ESTIÉRCOL	0	kg/ha
PESTICIDAS ²	3,94	kg/ha
MATERIAL PROPAGATIVO: SEMILLAS DE MAÍZ ³	20,00	kg/ha
ENERGÍA (COMBUSTIBLE DIESEL)	125,0	litros/ha

¹ Factores de emisión citados en el caso de caña de azúcar

² Se incluyen pesticidas, herbicidas e insecticidas en esta categoría

³ Factor de emisión extraído de Kaltschmitt & Reinhardt, 1997

Fuente: ADIFCA, 2017

c. Transporte y almacenamiento de maíz en silos estáticos

El maíz zafriña se almacena temporalmente en silos estáticos y, posteriormente se transporta a las plantas procesadoras, se empleó como promedio de distancia para el cálculo de emisiones 255 km. Mayores detalles son proporcionados en el capítulo 3 y en los indicadores 18 y 23.

La cantidad de energía que se emplea en silos de almacenamiento también se calculó a partir de datos proveídos por fuentes primarias del sector, es por eso que se tuvieron en consideración las emisiones generadas para producir energía eléctrica en los mismos. En el **Cuadro 13** se exponen los datos proveídos que fueron considerados para el cálculo de emisiones.

CUADRO 13

DATOS EMPLEADOS PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DEL ALMACENAMIENTO DE MAÍZ EN SILOS ESTÁTICOS

Secado y almacenamiento de maíz	Datos	Unidad de medida
EUCALIPTO	0,03	kg/kg MAÍZ
CONTENIDO DE AGUA	15,0	%
ENERGÍA	0,55	MJ/kg MAÍZ
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	0,00236	kWh/kg MAÍZ
ELECTRICIDAD MIXTA	ELECTRICIDAD MIXTA PARAGUAY	

Fuente: UCA, 2017

d. Transformación en Combustible

El maíz debe ser transformado para producir el etanol, esto implica que se generan emisiones tanto por insumos como por la energía empleados en el proceso. Estos fueron considerados y se exponen que insumos y las cantidades respectivas en el **Cuadro 14**. La información de los químicos que se emplean en los procesos productivos de etanol a partir de maíz, fueron proveídos por una Industria de

la Mesa Multisectorial de Trabajo y, la falta de acceso a otras Industrias del sector, limitan el alcance de la medición de emisiones por el uso de otros químicos que talvez sean empleados en las mismas.

El detalle del proceso industrial es descripto en el capítulo 3, y a continuación se presentan los datos empleados para el cálculo de las emisiones de GEI.

CUADRO 14
DATOS DE PRODUCCIÓN DE ETANOL DE MAÍZ ZAFRIÑA

Producción	Datos	Unidad de medida
ETANOL	0,276	kg ETANOL/kg MAÍZ
QUÍMICOS		
ALPHA-AMILASA ^{1*}	0,00082	kg/kg ETANOL
GLUCO-AMILASA*	0,00110	kg/kg ETANOL
ENERGÍA		
CONSUMO DE ENERGÍA	0,118	kWh/kg ETANOL
ELECTRICIDAD MIXTA	ELECTRICIDAD MIXTA PARAGUAY	
CALDERA DE BAGAJO (67%)		
DEMANDA DE CALOR	1,560	MJ/kg ETANOL
EFICIENCIA TÉRMICA	47,0	%
CONSUMO DE BAGAJO	3,32	MJ/kg ETANOL
CALDERA DE CHIPS DE MADERA (EUCALIPTO) BOILER (33%)		
DEMANDA DE CALOR	0,780	MJ/kg ETANOL
EFICIENCIA TÉRMICA	47	%
CONSUMO DE CHIPS DE EUCALIPTO	1,66	MJ/kg ETANOL

¹ Factor de emisión extraído de MacLean & Spatari, 2009

* Se sabe por fuentes primarias que ciertas industrias emplean estos químicos, sin embargo la cantidad fue considerada como información confidencial

Fuente: UCA, 2017

En el caso de maíz se generan como co-productos los Granos Secos de Destilería y Solubles o DDGS, y Granos Húmedos de Destilería y Solubles o WDGS (US Grain Council, 2012), cuyo

detalle de obtención se describe en el capítulo 3. Los datos presentados fueron proveídos por fuentes primarias del sector industrial y se resumen en el **Cuadro 15** a continuación.

CUADRO 15

CO-PRODUCTOS Y PORCENTAJE DE ASIGNACIÓN

Co-productos	Datos	Unidad de medida
DDGS (MAÍZ, PARAGUAY)	0,15	kg/kg MAÍZ
CONTENIDO DE AGUA DDGS	10,0	%
WDGS	0,35	kg/kg MAÍZ
CONTENIDO DE AGUA WDGS	60,0	%
PORCENTAJE DE ASIGNACIÓN*	57,7	%

* El porcentaje de asignación es aquel que indica que % de las emisiones corresponden al etanol, y se debe a la generación de co-productos
Fuente: UCA, 2017

La metodología empleada para poder estimar el porcentaje de emisiones asociadas al etanol y aquel asociado a los co-productos mencionados fue el poder calorífico inferior (PCI), los cuales son 20,2 y 20,5 para DDGS y WDGS respectivamente (Morey *et al.*, 2009).

e. Transporte, mezcla y distribución de combustible

Para los casos de estudio (por ejemplo, caña de azúcar de PE y MGP y maíz zafriña), al finalizar la producción de etanol anhidro y etanol hidratado, los mismos pueden ser transportados directamente a una estación de expendio cercana a la planta, de acuerdo a la Ley 5444/15 de “Fomento de consumo de alcohol absoluto y alcohol carburante” que permite a las plantas de producción contar con una estación de expendio en la ciudad donde está localizada. O bien la producción es transportada a plantas industriales en donde se realiza la mezcla del etanol anhidro con la nafta para su posterior comercialización.

Plantas productoras-plantas mezcladoras

De acuerdo a los análisis del indicador 23.2 la distancia promedio desde la planta de producción a la planta donde se realiza la mezcla, es de 353 km para el caso de maíz, y de 235 km para el caso de caña de azúcar.

Plantas mezcladoras a estaciones de expendio

De acuerdo a los análisis del indicador 23.2 la distancia promedio desde la planta mezcladora a las estaciones de expendio de combustible, es de 163 km para ambos casos de biocombustible.

Según fuentes primarias del sector, la mezcla se realiza directamente en el pico de expendio

del combustible al cargar los camiones cisterna. La materia prima virgen, nafta y alcohol, se mantienen en tanques separados y son bombeados al punto de expendio.

Fuentes primarias indican que se abastecen de la red de energía eléctrica para realizar la mezcla y los cálculos fueron realizados con base a los datos proveídos por una de las Industrias de la Mesa Multisectorial (UCA, 2017). El cálculo de la energía empleada en la mezcla se realizó mediante la especificación de consumo de la bomba (7,5 kW), y el consumo de los picos para la carga (0,75 kW y 1,5 kW). Se tiene como resultado que se consumen de 0,0033 kW/h por cada kilogramo de etanol en la mezcla.

Por último se realizó el cálculo de consumo de energía en las estaciones de expendio de combustibles, también basados en el consumo de las bombas y picos para carga, lo cual dio como resultado 0,0253 kWh/kg de etanol.

f. Comparación con el combustible sustituido

El Análisis del Ciclo de Vida del combustible sustituido no se encuentra en el alcance de este trabajo, si se tiene como criterio de comparación la cantidad de emisiones GEI en CO₂eq generadas por el ciclo de vida que fue analizada por el IFEU e incluida en la herramienta proveída. El valor de emisiones generadas por el combustible fósil es de 94 gCO₂eq/MJ etanol.

Resultados clave en el caso de etanol a partir de caña de azúcar y maíz zafriña

Los resultados que se exponen a continuación son los que se obtuvieron en el cálculo de las cantidades de emisiones de GEI, generadas en los cuatro casos de estudio:

- ▶ Ciclo de vida del etanol a partir de caña de azúcar (dos escenarios):
 - producción de caña de azúcar a pequeña escala; y
 - producción de caña de azúcar a gran escala.
- ▶ Ciclo de vida del etanol a base de maíz zafriña.

a. Uso de suelo y cambio de uso de suelo

Se compararon dos escenarios para los casos de estudio, el primero es con cambio de uso del suelo (**Figura 16**), lo cual implica una pérdida de la reserva de carbono, y el segundo es sin considerar el cambio de uso de suelo (**Figura 17**).

El uso de suelo y cambio de uso de suelo de caña de azúcar a pequeña escala es la que genera mayor cantidad de emisiones de CO₂eq por MJ EtOH, con un total de 54,07 gCO₂eq/MJ EtOH. Luego se encuentra la producción a MGE de caña de azúcar (33,27 gCO₂eq/MJ EtOH) y por último la producción de maíz (20,06 gCO₂eq/MJ EtOH). En general las reservas de carbono de cada uno de los casos de estudio y el rendimiento son un factor clave en la cantidad de emisiones que se generen por el cambio de uso de suelo.

Analizando el ciclo de producción de etanol a base de caña de azúcar producida a pequeña escala, la mayor cantidad de emisiones de CO₂eq se da en el cambio de uso de suelo, y además se visualiza en la **Figura 16** la diferencia con la producción a gran escala en la cantidad de emisiones de CO₂eq. Esta diferencia se puede explicar en que los rendimientos a pequeña escala en la producción de caña de azúcar aún muestra rendimientos mucho más bajos (-38,4%) que la producción a gran escala, y esto conlleva a una reserva de carbono mucho menor, lo cual no permite compensar la diferencia con la reserva de carbono sustituida (bosques).

En cuanto al maíz zafriña, las bajas emisiones se justifican porque al ser un cultivo de rotación, las emisiones por cambio de uso de

suelo son compartidas con el cultivo de soja y trigo, atribuyéndose únicamente el 33% de las emisiones de CO₂eq por cambio de uso de suelo.

En la **Figura 17** se muestra como sería la situación sin considerar cambio de uso de suelo, lo que implicaría en general un ahorro de emisiones de CO₂eq por MJ de etanol. Los resultados indican que sin considerar el cambio de uso de suelo las emisiones se reducen de 72,82 a 18,76 gCO₂eq/MJ EtOH (-74,24%) para el caso de productores PE, de 56,77 a 23,50 gCO₂eq/MJ EtOH (-58,60%) para el caso de productores MGE y de 44,23 a 24,18 gCO₂eq/MJ EtOH (-45,33%) para el caso del maíz zafriña, sin embargo este último se ve dificultado ya que implicaría la disminución de expansión y aumento de intensificación en los tres cultivos de rotación (soja-maíz-trigo).

b. Cultivo

El cultivo de maíz genera 19,73 gCO₂eq/MJ EtOH, seguido por el cultivo a gran y mediana escala de caña de azúcar (10,86 gCO₂eq/MJ EtOH), y el que menor cantidad de emisiones de CO₂eq genera por MJ de etanol es el cultivo a pequeña escala de caña de azúcar (6,12 gCO₂eq/MJ EtOH).

En el cultivo de la caña de azúcar a PE, las emisiones de contaminantes se generan en la quema de diesel en las maquinarias agrícolas, por el uso de pesticidas y por el uso de abono orgánico, teniendo algunas diferencias con la producción de MGP en el consumo mucho mayor de diesel en las maquinarias agrícolas y el uso de fertilizantes en vez del abono orgánico. Estas actividades generan emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), siendo el más relevante por su potencial de calentamiento el N₂O que proviene del abono orgánico y fertilizantes nitrogenados.

Las altas emisiones en la fase de cultivo en el maíz se deben a la quema de diesel en las máquinas agrarias, a los pesticidas y a los fertilizantes nitrogenados. Estos al igual que en el otro caso, generan cantidades significativas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), y considerando sus potenciales de calentamiento el factor más relevante es el uso de fertilizantes nitrogenados.

FIGURA 16

EMISIONES DE gCO₂eq/MJ EtOH DE LAS DIFERENTES FUENTES DE ETANOL (CON CAMBIO DE USO DEL SUELO – CUS)

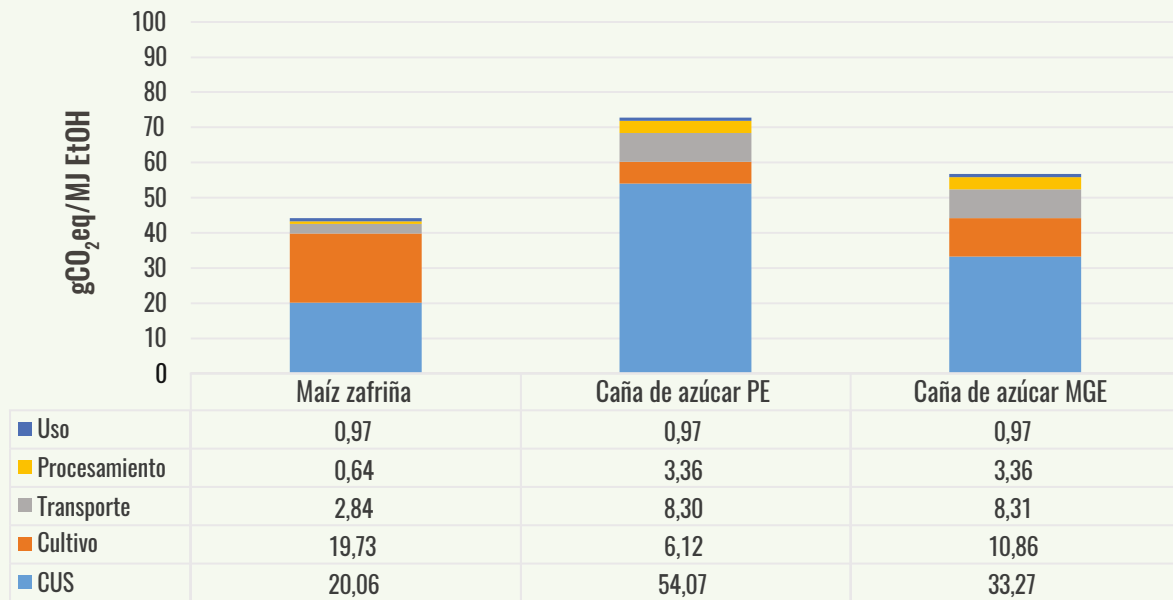


FIGURA 17

EMISIONES DE gCO₂eq/MJ EtOH DE LAS DIFERENTES FUENTES DE ETANOL (SIN CAMBIO DE USO DE SUELO)



c. Transporte

El valor de las emisiones de CO₂eq por MJ de etanol en la etapa de transporte, engloba al transportes de las plantaciones a los silos (para el caso de maíz), de los mismos a la planta de producción, de la planta de producción a las plantas mezcladoras y de estas a los sitios de expendio de combustible. El que mayor emisiones genera es el transporte de caña de azúcar de MGE, con un valor de 8,31 gCO₂eq/MJ EtOH, seguido por el transporte de caña de productores de PE (8,30 gCO₂eq/MJ EtOH) y por último las menores emisiones de CO₂eq las genera el transporte de maíz (2,84 gCO₂eq/MJ EtOH).

En cuanto a transporte en el ciclo de la caña de azúcar la mayor distancia se da en el transporte del etanol a las plantas industriales para realizar el blending (235 km), seguido por el transporte del biocombustible a las estaciones de servicio (163 km) y por último el transporte de la caña de azúcar a la planta de producción de etanol (80 km). Recorriendo un total de 478 km en todo el ciclo de vida bajo análisis.

Para el caso de maíz, en el transporte en las diferentes etapas del ciclo de vida se recorre un total de 771km. Si desglosamos el análisis es posible afirmar que el transporte del etanol a las plantas mezcladores recorre más (353 km) que el transporte del maíz a la planta de producción de

etanol (255 km) y que la mezcla a las estaciones de expendio del combustible (163 km).

Si bien en total la distancia que se recorre en el ciclo de maíz es mucho mayor a la que se recorre en el ciclo de ambos escenarios de la caña de azúcar, la alta generación de emisiones por MJ etanol para estos último se debe a que tiene un menor rendimiento en la producción, requiriéndose mucha más caña de azúcar para producir la misma cantidad de etanol.

d. Uso de etanol

El uso de etanol para todos los casos de estudio implica un total de emisiones de 0,97 gCO₂eq/MJ EtOH.

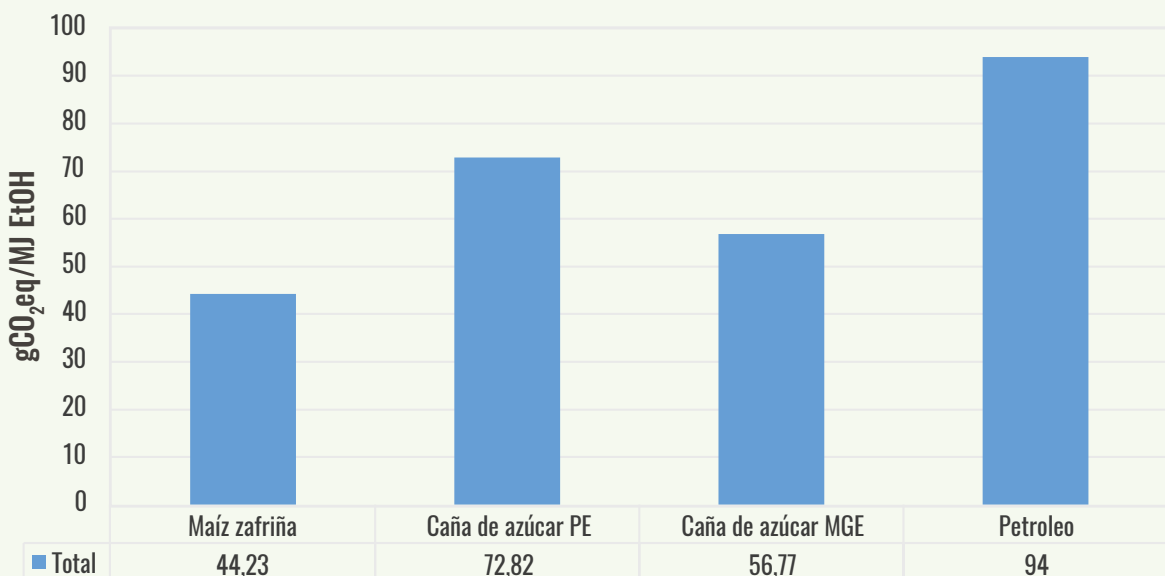
e. Comparación entre productores de PE y MGE

Además si comparamos los resultados del total de las emisiones de CO₂eq del etanol a partir de caña de azúcar de productores de PE y MGE, y a partir de maíz zafriña, con los resultados de las emisiones de CO₂eq del petróleo, presentados en la **Figura 18** podemos afirmar que:

En el ciclo de vida del etanol a partir de la caña de azúcar de pequeña escala se emiten en total 72,82 gCO₂eq/MJ EtOH, contra los 94 gCO₂eq/MJ del petróleo, implica una reducción del 23% de emisiones de CO₂eq.

FIGURA 18

EMISIONES TOTALES DE gCO₂eq/MJ EtOH PARA LOS CASOS DE ESTUDIO VS EMISIONES DE gCO₂eq/MJ PETRÓLEO PARA EL CASO DE PETRÓLEO



En el ciclo de vida del etanol a partir de la caña de azúcar a gran escala se emiten en total 56,78 gCO₂eq/MJ EtOH, contra los 94 gCO₂eq/MJ del petróleo, implica una reducción del 40% de emisiones de CO₂eq.

En el ciclo de vida del etanol a partir del maíz zafriña se emiten en total 44,23 gCO₂eq/MJ EtOH, contra los 94 gCO₂eq/MJ del petróleo, implica una reducción del 53% de emisiones de CO₂eq.

Biomasa para energía: eucalipto

a. Producción de eucalipto

Para el análisis de biomasa forestal para generación de energía, se tomó como caso de estudio el ciclo de vida de la producción de leña y chips de plantaciones forestales a partir de *Eucalyptus spp.* (varias especies y clones).

La descripción de las diferentes fases del ciclo de vida se presenta en el capítulo 3 del presente informe. Las etapas consideradas para el caso de estudio se presentan en el **Cuadro 16**.

CUADRO 16

CADENAS DE VALORES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA FORESTAL PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA: ETAPAS CONSIDERADAS

	Eucalipto
CAMBIO DE USO DE SUELO	*
PRODUCCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	*
TRANSPORTE DE LA MATERIA PRIMA	*
PRODUCCIÓN DE CHIPS DE EUCALIPTO	*
USO DEL EUCALIPTO EN TECNOLOGÍA MODERNA	*

Fuente: elaboración propia

b. Cultivo y cosecha

Los trabajos de preparación del suelo y de mantenimiento cultural (uso del fertilizante, pesticidas, control de malezas) y cosecha se

presentan en el capítulo 3 del presente informe. Los datos que se emplearon para el cálculo de las emisiones de GEI se presentan en el **Cuadro 17** a continuación.

CUADRO 17

DATOS ANUALES DE CULTIVO, DEFENSIVOS AGRÍCOLAS INCORPORADOS MATERIAL PROPAGATIVO Y ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE EUCALIPTO EN PARAGUAY, 2017

Cultivación y cosecha	Valor	Unidad de medida
RENDIMIENTO	20,63	t/ha
CONTENIDO DE AGUA	50,0	%
FERTILIZANTES Y PESTICIDAS		
N-FERTILIZANTE	6,0	kg N/ha
P ₂ O ₅ -FERTILIZANTE	90,0	kg P ₂ O ₅ /ha
K ₂ O-FERTILIZANTE	17,0	kg K ₂ O/ha
CaO-FERTILIZANTE	0	kg CaCO ₃ /ha
ABONO	0	kg/ha
PESTICIDAS*	7,80	kg/ha
SEMILLAS EUCALIPTO	20,00	kg/ha
ENERGÍA (COMBUSTIBLE DIESEL)	64,7	litros/ha

*se incluyen pesticidas, herbicidas e insecticidas en esta categoría

Fuente: ADIFCA, 2017

c. Transporte de productos

La biomasa se transporta a la planta chipeadora, a la fábrica de carbón o directamente al consumidor industrial final en camiones triple eje con capacidad de 18–35 t. En promedio la distancia total de la producción hasta llegar a las industrias que consumirán la biomasa, es de 255 km. Mayores detalles son presentados en el capítulo 3 e indicador 23 del presente informe.

d. Procesamiento

En el procesamiento de chips de eucalipto se emplean picadoras, chipeadoras y excavadoras, las cuales consumen según datos del indicador 18, 0,039, 0,039 y 0,0624 MJ/kg chips respectivamente.

e. Uso

En las industrias de acuerdo a datos de fuentes primarias la leña y los chips de eucalipto son empleados en calderas que generan calor térmico para diferentes etapas en procesos industriales. La tecnología es considerada moderna, y no existe mayor detalle sobre la misma, como se expone en el indicador 14. Sin embargo fue posible calcular las emisiones generadas en la herramienta proveída por el IFEU, a través del uso de factores de emisión.

Resultados clave en el caso de la biomasa (eucalipto) para energía

La **Figura 19** nos indica las proporciones de contribución de CO₂eq por MJ chips de eucalipto en las diferentes etapas del ciclo de vida del mismo, siendo el cultivo el que mayor contribuye, con 5,20 gCO₂eq/MJ chips, seguido por el cambio de uso de suelo con 3,10 gCO₂eq/MJ chips, luego la etapa de transporte con 2 gCO₂eq/MJ chips y por último el uso con 0,40 gCO₂eq/MJ chips.

- ▶ El **cambio de uso de suelo** es significativo ya que la reserva de carbono de los bosques desaparece y es reemplazada por plantaciones forestales, que si bien cuentan con una elevada capacidad de captura de carbono, no iguala a la de los bosques sustituidos.
- ▶ En el **cultivo** se generan emisiones debido principalmente a la quema de diesel en maquinarias agrícolas, seguido por el uso de pesticidas y fertilizante con base de potasio

K₂O y en menor medida a causa de otros fertilizantes nitrogenados y producción de semillas.

- ▶ En el **transporte** la causa de las emisiones es claramente la quema de diesel, y las mayores distancias recorridas de las industrias de producción de chips a las industrias que lo consumen.
- ▶ En cuanto al **uso** las emisiones son las más bajas del ciclo, sin embargo cabe resaltar que en el país aún la mayoría de las chimeneas no cuentan con sistema de captura de contaminantes emitidos de las calderas.

Si realizamos una comparación del uso de los chips de eucalipto con la biomasa sustituida, en este caso carbón vegetal, podemos afirmar que se reducen en 90,26% las emisiones de CO₂eq por MJ (**Figura 20**).

4.1.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

El alcance de los resultados representa las emisiones a nivel nacional y fueron calculados con base a datos proveídos en entrevistas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Industria y Comercio, EFISA (Empresa Forestal e Industrial S.A), y una industria del sector de producción de etanol que formaba parte de la mesa multisectorial. Los factores de emisión empleados fueron tomados del informe del IPCC del año 2007, EMEP/EEA (2012), Macedo *et al.* (2004) y otras bibliografías mencionadas más adelante.

Resultados

El ciclo de vida del etanol a partir del maíz zafría es el que menor emisiones de GEI genera (-53% comparado con la gasolina), seguido por el etanol a base de caña de azúcar de productores a media y gran escala (-40%) y por último el etanol a partir de caña de azúcar de productores a pequeña escala (-23%).

Como resultado del cálculo de emisiones de GEI para el caso de chips de eucalipto se obtuvo que se emiten en total 10,8 gCO₂eq/MJ chips

FIGURA 19

EMISIONES DE CO₂EQ DEL CICLO DE VIDA DEL EUCALIPTO (CON CAMBIO DE USO DE SUELO)

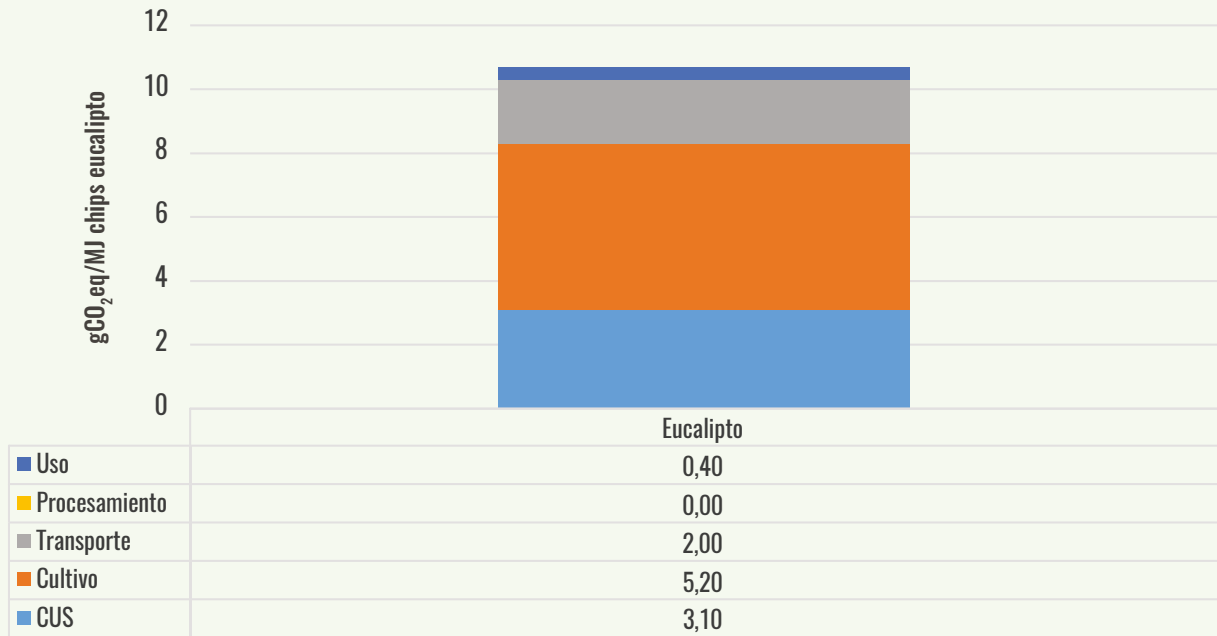
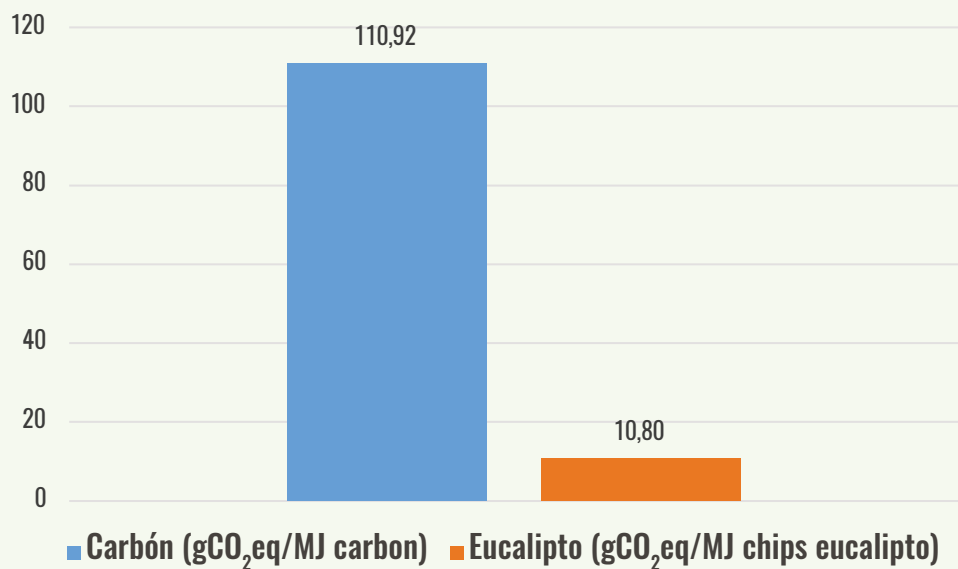


FIGURA 20

EMISIONES POR CHIPS DE EUCALIPTO Y CARBÓN VEGETAL



de eucalipto, reduciéndose en más del 90% las emisiones de GEI en comparación con el carbón vegetal.

Prácticas y políticas para mejorar la sustentabilidad

El resultado de la prueba de los Indicadores de Sustentabilidad de la Bioenergía (ISBE) GBEP reflejados en el presente trabajo puede ser tomado como una referencia. Los ISBE GBEP son relevantes para el país debido a que su aplicación sistemática permitirá contar con un análisis válido de emisión/reducción emisiones de GEI y GNEI que sirvan de sostén a políticas públicas de fomento de biocombustibles. Por otro lado, el seguimiento a estos indicadores implica indirectamente un seguimiento a los compromisos nacionales con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el cumplimiento de metas del Plan Nacional de Desarrollo 2030.

En relación a la producción de materia prima e industrialización, se evidencia la necesidad de incentivar modelos mejorados de producción para el segmento de pequeña escala, con el fin de aumentar los rendimientos sin incrementar el área de cultivo. Esos modelos mejorados de producción deben promover entre otras cosas, prácticas sostenibles de manejo de residuos agrícolas, uso de mejores variedades genéticas, uso de maquinarias para evitar el corte manual. Además de capacitar a productores de todos los segmentos, sobre los efectos de las prácticas de manejo nocivas (por ejemplo, efecto de la quema sobre el rendimiento industrial de la caña de azúcar, labranza del suelo e implicancias sobre los cultivos).

Para asegurar la sustentabilidad del biocombustible, y la reducción de las emisiones de GEI por MJ etanol producido, es importante enfatizar que para todos los casos de estudio no se requieren mayores superficies de plantaciones, más bien se requiere intensificar el rendimiento por hectárea de plantación. Esto se lograría con el uso de nuevas variedades de semillas, y mayor inversión en Investigación y Desarrollo en el sector por parte del Gobierno, con apoyo de instituciones locales e internacionales.

Si bien el etanol proveniente de ambos

casos de estudio genera menos emisiones de CO₂eq en el ciclo de vida que el petróleo, es importante resaltar que la sustentabilidad de las prácticas actuales, sobre todo en producción es cuestionable; esto a raíz de que no existe legislación que regule los niveles de contaminantes emitidos en las industrias del sector. Las prácticas de quema se encuentran reguladas por ley en el país, pero esto no asegura que la aplicación de esta práctica se haya dejado en la producción de caña de azúcar a pequeña escala.

Además fin de mejorar el control sobre reducción de emisiones, es imprescindible establecer una política de incentivos para comprar nuevas maquinarias y medios de transporte empleados en producción agrícola. Implantar una política de incentivos para transporte y maquinaria que emplee biocombustibles o que sean de motor *flex*. Es de gran importancia también desarrollar un marco regulatorio de emisión de contaminantes provenientes de fuentes fijas, esto permitiría en primer lugar controlar la concentración máxima de contaminantes que se pueden emitir y como consecuencia de la regulación, las industrias deberán contar con tecnologías que disminuyan las emisiones de los mismos a la atmósfera.

Para garantizar la sustentabilidad del etanol en su ciclo de vida se recomienda además establecer una política de incentivos a aquellas industrias que cuenten con certificación de sustentabilidad, como por ejemplo la ISCC (International Sustainability Carbon Certification), reconocida por la Unión Europea. Con esto se fomentaría la certificación sustentable desde los inicios y el mercado global se encontraría abierto a comprar el excedente de etanol a futuro.

Monitoreo del indicador en el futuro

Actualmente los datos necesarios para aplicar los ISBE de la GBEP son de difícil acceso ya sea porque están en poder de las empresas exclusivamente, están dispersos, o no se hallan sistematizados. Las instituciones públicas no cuentan con la información necesaria suficiente y actualizada, y a nivel nacional no existe un esquema de recepción oficial de datos para dar

seguimiento a las contribuciones nacionales de GEI y contaminantes no GEI eficientemente.

Establecer un plan de acción en conjunto con el MIC, INFONA, MAG y otros entes para que la provisión de los datos requeridos por los indicadores sean solicitados a las empresas en carácter obligatorio a partir del 2018 para realización de estadísticas y mejorar la precisión y validez de datos en futuros informes. Manteniendo funcional una Mesa multi-actores del sector y/o alianzas de otra índole por medio de convenios o de normas, permitiría mantener informados a los actores involucrados y hacer entender la utilidad de la información.

Para el monitoreo a futuro es ideal tener en cuenta niveles de variación geográfica en la producción de materia prima.

En relación a la producción de materia prima e industrialización, se evidencia la necesidad

de incentivar modelos mejorados de producción para el segmento de pequeña escala, con el fin de aumentar los rendimientos sin incrementar el área de cultivo. Esos modelos mejorados de producción deben promover prácticas sostenibles de manejo de residuos agrícolas. Además de capacitar a productores de todos los segmentos, sobre los efectos de las prácticas de manejo nocivas (ej. Efecto de la quema sobre el rendimiento industrial de la caña de azúcar).

Finalmente, serán necesarias acciones colaborativas desde la instancia gubernamental con los productores organizados a fin de lograr mantener una comunicación fluida y sincera sobre las prácticas recomendadas para mantener funcionando el mercado de los biocombustibles en Paraguay al tiempo que se contribuye realmente a la disminución de las emisiones de GEI.

REFERENCIAS

Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (ADIFCA), 2017.

Entrevistas a productores de caña de azúcar de pequeña (PE), mediana y gran escala (MGE) y a productores de maíz zafrina. Fecha de aplicación de la encuesta: abril 2017.

EMEP/EEA, 2012. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2009 (Update 2012) – 1.A.3.b Road Transport.

FAO/GBEP, 2010. Marco Metodológico Común de la Asociación Global para la Bioenergía (Global Bioenergy Partnership – GBEP) para el Análisis del Ciclo de Vida de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) procedentes de la bioenergía. Versión uno. Disponible en: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/GHG_clearing_house/GBEP_Meth_Framework_V_1_SPANISH.pdf

Frischknecht, R. dir., 1996. Ökoinventare von Energysystemen, 3. Auflage, Teil 1, Teil IV Erdöl.

Eidgenössische Technische Hochschule, Gruppe Energy – Stoffe, Umwelt (ESU), Zürich, Schweiz. perjekt gefördert durch das Bundesamt for Energywirtschaft (BEW) und den perjekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft (PSEL).

Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), 2014. Version 4.9. Disponible en: <http://www.iinas.org/gemis-download-de.html>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2010. Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II Biodiésel / IICA, Programa Hemisférico en Agroenergía y Biocombustibles – San José, C.R. p.124 – 127. Disponible en: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/icap/unpan045305.pdf>

IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M.

- Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Joint Research Centre (JRC)**, 2014. Solid and gaseous bioenergy pathways: input values and GHG emissions; Calculated according to the methodology set in COM(2010) 11 and SWD(2014) 259; JRC Report EUR 26696 EN; Ispra 2014.
- Kaltschmitt, M. y Reinhardt, G.A.**, 1997. *Nachwachsende Energyträger: Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung*; Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden, 1997.
- Macedo, C.I., Leal, M.R.L.V. y Da Silva, J.E.A.R.**, 2004. Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel Ethanol in Brazil; Government of the State of Sao Paulo; Secretariat of the Environment José Goldemberg - Secretary; April 2004.
- MacLean, H.L. y Spatari, S.**, 2009. The contribution of enzymes and process chemicals to the life cycle of Ethanol; *Environ. Res. Lett.* 4 (2009).
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)**, 2009. *Síntesis Estadísticas: Producción Agropecuaria año agrícola 2008/2009*. MAG-DCEA. Asunción, PY. 46p. Disponible en <http://www.mag.gov.py/index.php/institucion/dependencias/sintesis-estadistica>.
- MAG**, 2016. *Síntesis Estadísticas: Producción Agropecuaria año agrícola 2015/2016*. MAG-DCEA. Asunción, PY. 46p.
- Morey, R.V. y Hatfield, D.L.**, 2009. Fuel properties of biomass feed streams at ethanol plants. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* ISSN 0883-8542. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.4.62.7138&rep=rep1&type=pdf>
- Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción (UCA)**, 2017. Entrevistas a cuatro industrias procesadoras de caña de azúcar y maíz, y a productores de ambos rubros agrícolas. Reuniones con entes públicos: Instituto Forestal Nacional (INFONA), Ministerio de Industria y Comercio (MIC), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y SEAM. Fecha de aplicación de la encuesta: abril 2017.
- U.S. Grain Council**, 2012. *A Guide to Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS)*. Third Edition. Disponible en: http://www.ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2015/11/2012_DDGS_Handbook-1.pdf

4.2 INDICADOR 2: CALIDAD DEL SUELO

Pilar Galeano S.^{1,2}

¹ Área Suelos/FCA – Universidad Nacional de Asunción

² Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (ADIFCA).

DESCRIPCIÓN:

Porcentaje de tierra en la cual se mantiene o mejora la calidad del suelo, en particular en términos de carbono orgánico del suelo, teniendo en cuenta la superficie total en la que se cultiva o cosecha la materia prima para la bioenergía.

UNIDADES DE MEDICIÓN:

Porcentaje

4.2.1 Implementación del indicador 2 en Paraguay

El Paraguay está dividido en dos regiones: la región occidental, que representa el 60% de la superficie total del país y la región oriental con el 40% del total del área y que sin embargo, es donde se realiza más del 95% de las actividades económicas nacionales, incluyendo las agropecuarias. El cultivo de materia prima para la bioenergía se concentra en la región oriental, por esta razón, el análisis de este indicador se enfocó en esta región del país.

En el Paraguay existe información sobre los impactos de la degradación de los suelos, sin embargo, gran parte de ellas no está informatizada o se encuentra dispersa, por lo que el acceso a ellas se dificulta. Existen investigaciones sobre las diferentes áreas de la ciencia del suelo, aunque, solo un pequeño porcentaje se halla disponible en forma de publicaciones. Para recabar mayor información y de primera fuente se realizaron entrevistas a los responsables de las empresas productoras de materia prima para Bioenergía. Además se utilizaron datos importantes proveídos para los responsables de la Facultad de Ciencias Agrarias/

Universidad Nacional de Asunción (FCA/UNA) y del Laboratorio de Suelos del Instituto Paraguayo de Investigación Agraria (IPTA) dependiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Además, fueron realizadas encuestas de campo a las Empresas NEUALCO Y ALCOTEC en el Departamento de Caaguazú, PETROPAR Y AZPA en el Departamento de Guaira y Cooperativa Colonias Unidas en el Departamento de Itapúa entre los meses de julio y setiembre de 2017.

4.2.2 Resultados clave

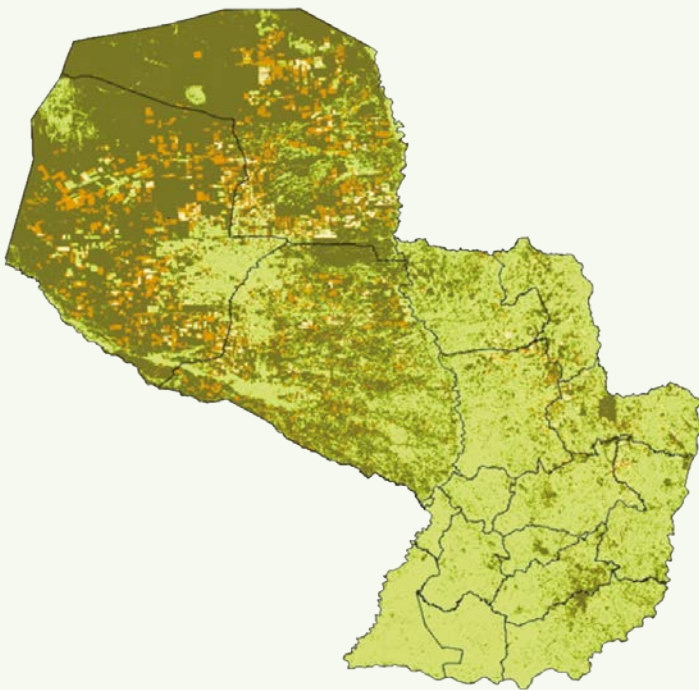
En las últimas décadas, principalmente en la región oriental del Paraguay, se ha suscitado una acelerada ampliación de la frontera agrícola a expensas de las áreas boscosas, como puede observarse en la **Figura 21** y la **Figura 22** y como se reporta en el Indicador 8.

La alta tasa de deforestación, fragmentación y degradación de los bosques nativos, propiciada principalmente por la expansión de la frontera agrícola, es la causa por la cual el Paraguay se encuentra en una situación de vulnerabilidad a los efectos adversos del Cambio Climático Global y es uno de los nueve países beneficiarios de REDD+. Estas situaciones de degradación y erosión hídrica de los suelos, observadas principalmente en la región oriental del Paraguay (**Figura 23**) y relacionadas a los hechos antes mencionados, se convierten en serios problemas que van en detrimento de la calidad de los suelos (**Figura 24**), del ambiente y de la productividad de las explotaciones agropecuarias, teniendo que sumar a esto las aun incipientes técnicas de gestión del suelo y el agua aplicadas.

En la mayoría de los departamentos de la región oriental del Paraguay la tasa de degradación de los suelos es de un nivel medio, mientras que en parte de los departamentos de Concepción, Ñeembucú, Paraguairí y Central los niveles son altos. En cuanto a los niveles de degradación, son altos en parte de los departamentos de Amambay, Concepción, San Pedro, Canindeyú, Caaguazú, Guaira, Caazapá e Itapúa (CEPAL, 2012).

FIGURA 21

CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA ENTRE LOS AÑOS 2000-2005 Y 2005-2011



Mapa de cambios de uso de la tierra

Años
2000-2005
2005-2011

Referencias

- Bosque estable
- Cambios 2000-2005
- Cambios 2005-2011
- No bosque estable
- Limite departamental

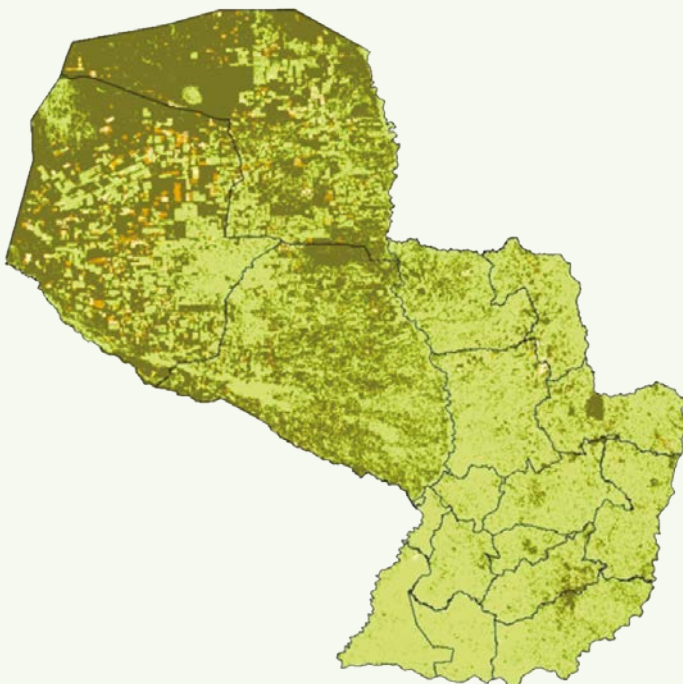
0 55 110 220 Km
Escala: 1:5 000 000

Referencias	Superficies (ha)
Bosque estable	18 402 183
Cambios 2000-2005	1 277 207
Cambios 2005-2011	2 573 191
No bosque estable	17 746 317

Fuente: FCA/UNA en la base de datos proveídos para INFONA, 2016

FIGURA 22

CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA ENTRE LOS AÑOS 2011-2013 Y 2013-2015



Mapa de cambios de uso de la tierra

Años
2011-2013
2013-2015

Referencias

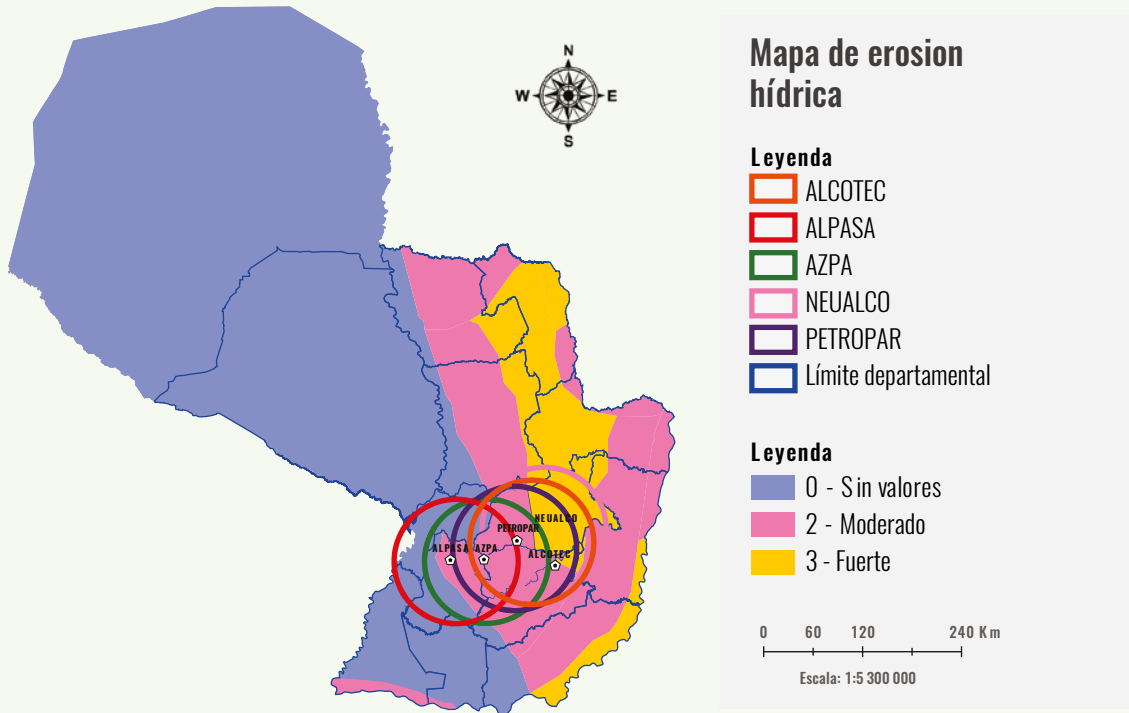
- Bosque estable
- Cambios 2011-2013
- Cambios 2013-2015
- No bosque estable
- Limite departamental

0 55 110 220 Km
Escala: 1:5 050 000

Referencias	Superficies (ha)
Bosque estable	16 765 898
Cambios 2011-2013	989 207
Cambios 2013-2015	673 204
No bosque estable	21 599 726

FIGURA 23

MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA EN PARAGUAY, 2016



Fuente: elaborado por Rejalaga L. y Anaquin, S. en el contexto de este proyecto

FIGURA 24

TASA Y NIVELES DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN PARAGUAY, 2009



Fuente: CEPAL, 2012

Producción de caña de azúcar y maíz para etanol

El etanol ha sido reconocido mundialmente como el combustible alternativo y ecológicamente más viable para la sustitución del petróleo y su demanda ha crecido considerablemente en todo el mundo. El hecho de que el Paraguay sea un país eminentemente agropecuario y forestal, podría representar un potencial importante para el desarrollo de la agroenergía por la gran cantidad de especies y variedades vegetales que pueden servir de materia prima (Lovera, 2011). Sin embargo, las políticas de apoyo y los objetivos de sustitución de combustibles convencionales por biocombustibles, también generan preocupación creciente respecto a sus probables impactos en la expansión de la frontera agrícola en el país.

Además de tener la posibilidad de producir etanol a partir de caña de azúcar, el Paraguay dispone de productos como el maíz, la mandioca, el arroz y el sorgo, que también tienen un gran potencial para la producción de etanol.

El crecimiento de la demanda de materia prima para las industrias del etanol en el país y por la demanda de azúcar orgánico ha causado la constante expansión del área cultivada de caña de azúcar a partir del año 2005 (**Cuadro 45**, Indicador 8).

La caña de azúcar es un cultivo semi-perenne, con un nivel relativamente bajo en materia de tecnologías de producción y con rendimientos promedios relativamente bajos en Paraguay (40-65 t/ha a Pequeña y Media y Gran Escala, respectivamente) en comparación a los países de la región que logran rendimientos superiores a 100 t/ha. En la producción orgánica las limitaciones para utilizar abonos sintéticos y defensivos vegetales hacen que los rendimientos sean más bajos que en la caña de azúcar convencional (alrededor de 40 t/ha). Sin embargo, debemos aclarar que la caña de azúcar orgánica producida localmente no es utilizada para la producción de etanol y, aunque bien se podría, su uso no corresponde al mercado de los combustibles. Es importante hacer la salvedad de que, si bien los rendimientos promedios no superan los 50 t/ha, las explotaciones modernas pertenecientes a las agroindustrias están obteniendo rendimientos

que promedian las 80 t/ha, llegándose inclusive a registrar rendimientos de 100 t/ha. De acuerdo a investigaciones de la Red de Inversiones y Exportaciones (REDIEX), la eficiencia en la producción de etanol a escala requiere que las empresas se conviertan en “agroindustrias” cubriendo al menos el 60% de sus necesidades en materia prima con cultivos propios. Según USAID (2009), a partir del año 2006, las empresas industriales se iniciaron en el rubro con fuertes inversiones, observándose una elevada concentración de la producción de caña de azúcar en los departamentos de Guairá y Caaguazú.

A nivel regional, el cultivo de maíz tuvo un gran aumento en la producción, principalmente debido a un aumento en el área de producción en el sur de Brasil y en Paraguay y que la adopción del sistema de Siembra Directa (SD) durante la década de 1990 y principios de 2000, estimuló las rotaciones de cultivos (soja/maíz/trigo).

Parámetros determinantes de la calidad del suelo

Según Porta *et al.* (2011), la calidad del suelo puede venir determinada por parámetros físicos, químicos y biológicos: propiedades intrínsecas clave, que pueden utilizarse como indicadores de calidad.

Destaca entre las propiedades físicas del suelo, la estructura y estabilidad de los agregados (importancia, impacto y umbral de manejo), la compactación subsuperficial del suelo (impacto sobre las funciones del suelo), la textura, la densidad aparente, la resistencia a la penetración y la conductividad hidráulica.

Entre las propiedades químicas, el mantenimiento del pH (acidez y capacidad de amortiguación en relación con las propiedades del suelo y la biodisponibilidad de nutrientes y fitotoxinas), nitrógeno (disponibilidad para los cultivos, eficiencia en el uso, transferencia difusa a otros compartimientos ambientales), fósforo (biodisponibilidad y transferencia difusa a otros compartimientos ambientales) y potasio (disponibilidad para los cultivos y manejo).

La materia orgánica: carbono orgánico total, materia orgánica particulada y relación C/N (atributo clave, factores de control, cantidad potencialmente almacenable en el suelo,

secuestro de carbono), y las propiedades biológicas como la actividad microbiana y diversidad microbiana (efectos sobre la salud del suelo y biología molecular).

Siendo casi imposible trabajar con un número tan elevado de propiedades como indicadores de calidad y teniendo en cuenta que no es fácil la determinación de umbrales y niveles críticos de esos indicadores, en muchas ocasiones se establecen valores relativos frente a diversas alternativas de gestión y manejo del suelo, considerando un conjunto mínimo de indicadores de calidad del suelo. Como consecuencia de lo que habíamos afirmado antes el primer paso al trabajar con indicadores de calidad debería consistir en determinar cuáles son los parámetros que tienen mayor significancia en función a lo que se va a evaluar. Estos indicadores deben operar a diferentes niveles, midiendo las propiedades del suelo relacionadas con las funciones potenciales del suelo, otros haciendo referencia a propiedades ambientales que afectan alguna función concreta del suelo y otros, como indicadores de nivel alto, que reflejen cómo funcionan los suelos en un sistema determinado.

Atendiendo a las funciones potenciales del suelo, la degradación implica la pérdida de utilidad actual o potencial del suelo y a medida que la degradación progrese, será capaz de realizar cada vez menos funciones de las que se podrían esperar. La degradación provoca una disminución de rango o estatus, por el cambio ocurrido en el suelo ya sea por erosión, acidificación, contaminación u otro.

a. Textura del suelo

La mayoría de los suelos de uso agrícola de textura arcillosa se encuentra en los departamentos de Itapúa, Alto Paraná, parte de Canindeyú y Amambay, son derivados de roca basáltica y pertenecen mayormente a las clases Ultisol, Alfisol y Oxisol, mientras que los suelos derivados de arenisca abarcan los departamentos de San Pedro, Caaguazú, parte de Canindeyú, Misiones y Caazapá, pertenecen a las clases Ultisol y Alfisol y son destinados principalmente a la producción de granos (López *et al.*, 1998). Las áreas donde se cultiva la materia prima para la bioenergía (por ejemplo caña de azúcar) se encuentran principalmente en los departamentos

de Caaguazú, Guaira, Paraguairí, Central, con suelos en su gran mayoría Ultisoles y Alfisoles, derivados de arenisca y en el departamento de Itapúa, con parte de sus suelos derivados de Basalto.

Hahn *et al.* (2017), en un trabajo diagnóstico en los suelos, analizaron 6 187 parcelas distribuidas en 9 departamentos del total de 14 de la región oriental del Paraguay, entre ellos Caaguazú (540 parcelas – 8,7%), Guaira (585 parcelas – 9,5%), Itapúa (1 148 parcelas – 18,6%). Cabe resaltar que el estudio fue realizado en parcelas de pequeños productores. De acuerdo con el estudio mencionado, los suelos de los departamentos de Cordillera, Guaira, Caazapá y Misiones poseen entre 10 – 20% de Arcilla, los de San Pedro, Caazapá y Paraguairí entre 20 y 30% y los de Itapúa y Concepción entre 30 y 40% de Arcilla (**Figura 25**).

b. Carbono orgánico del suelo

El empobrecimiento de la materia orgánica hace referencia a la disminución de la materia orgánica del suelo (MOS), medida a lo largo de un periodo de tiempo de varios años. Tiene efectos sobre el propio suelo y repercusiones medioambientales a escala global sobre el secuestro de carbono, la biodiversidad, la pérdida del suelo por erosión y la desertificación.

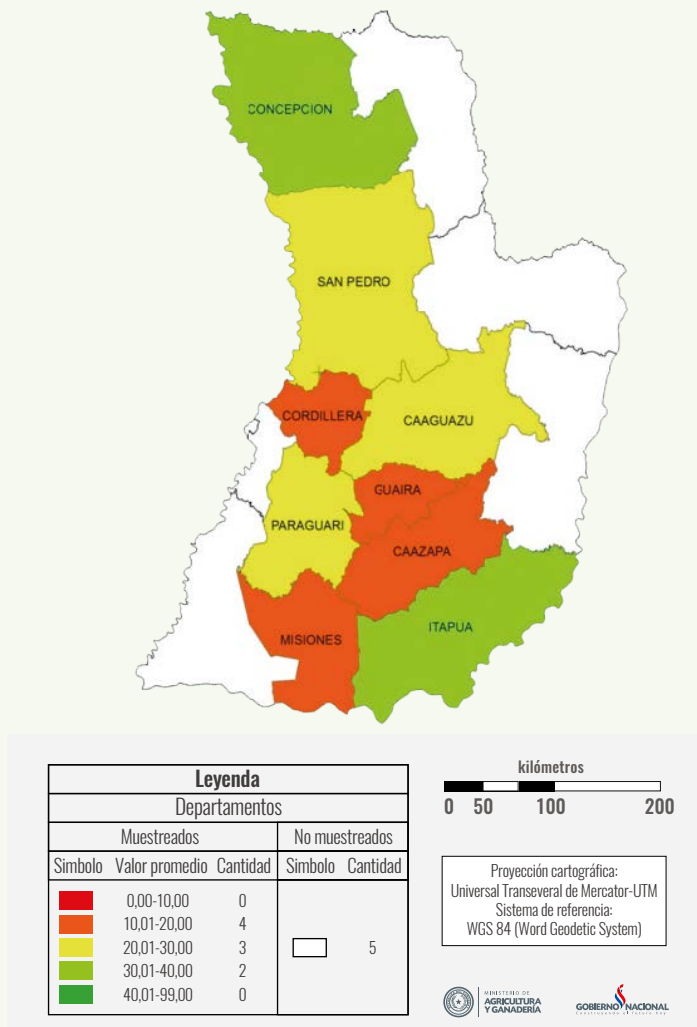
El incremento de la materia orgánica mejora la estructura del suelo, con lo que disminuye el riesgo de erosión. La concentración de carbono orgánico en el suelo (COS) es uno de los principales indicadores de la calidad del suelo y la cantidad de C que pueda ser mantenida en el suelo es clave en la mitigación de los gases de efecto invernadero (ver la **Figura 26** y la **Figura 27**).

Entre los factores que contribuyen para la disminución de la MOS, los más importantes son: insuficiente, baja o inexistente cobertura del suelo, el monocultivo, falta de rotación de cultivos y abonos verdes, la quema de rastrojos, el revolvimiento del suelo con implementos como arado, rastras o escarificadores, incluyendo a los subsoladores.

En cuanto al contenido de Materia Orgánica en el Suelo (MOS), 8 de 9 departamentos estudiados por Hahn *et al.* (2017) poseen entre 1,01 y 2,50% MOS, mientras que los del departamento de Itapúa poseen entre 2,01 y 2,50% MOS.

FIGURA 25

DIAGNÓSTICO DE ARCILLA DEL SUELO (%) POR DEPARTAMENTO – 6 187 PARCELAS DE PEQUEÑO PRODUCTORES EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PARAGUAY



Fuente: Hahn et al., 2017

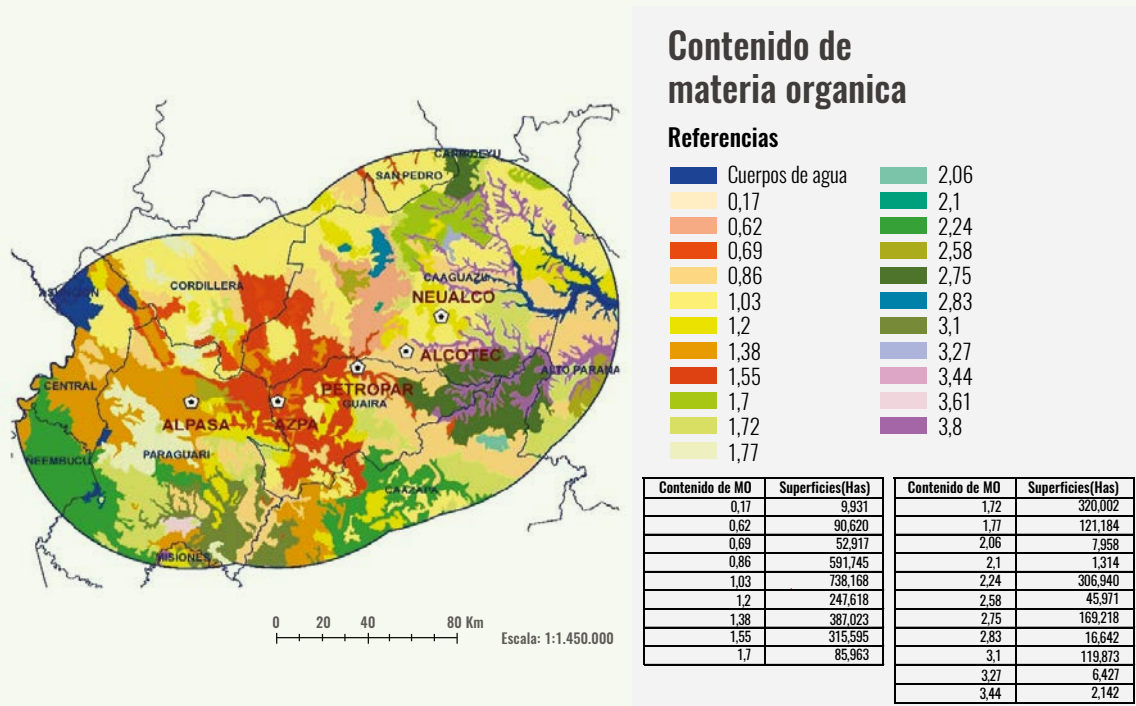
En la **Figura 28** se presenta una comparación del nivel de la MOS de los 14 departamentos de la región oriental del Paraguay, de un trabajo realizado por Fatecha (2004), quien utilizó más de 20 000 datos de resultados de análisis de suelo del periodo comprendido entre los años 1980 al 2002 y datos obtenidos por Fullaondo (2014) quien utilizó más de 9 000 datos de resultados de análisis de suelo del periodo comprendido entre los años 2002 al 2012; para demostrar si existió

variación de la materia orgánica disponible en los suelos de los distintos Departamentos de la región oriental del Paraguay.

Fullaondo (2014) observó que la mayoría de los departamentos presentaron aumentos en sus tenores de MOS, a excepción de Caazapá donde se observa una disminución. Al respecto, el mismo sostuvo que el mantenimiento o aumento del nivel de MOS en la mayoría de los suelos que comprenden los departamentos se

FIGURA 26

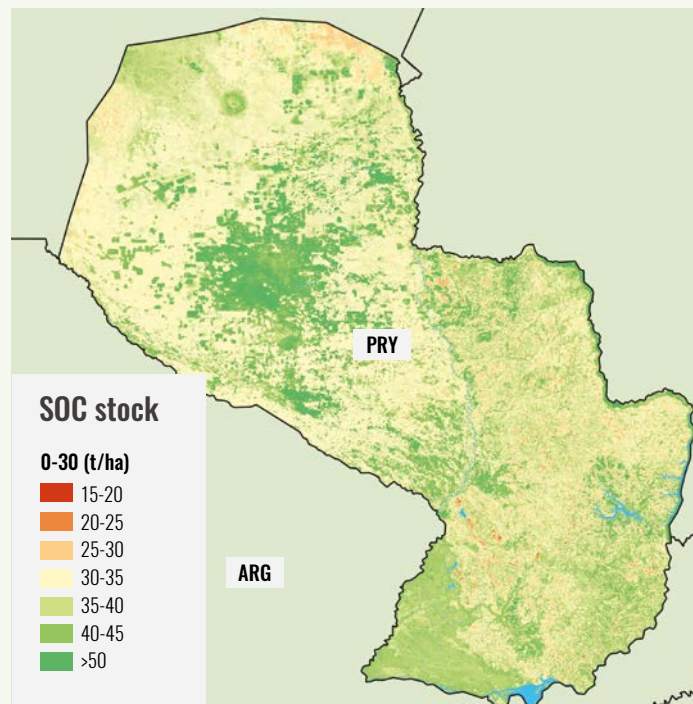
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (EN PORCENTAJE) EN LOS SUELOS DE LA REGIÓN ORIENTAL DEL PARAGUAY, DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA DE ALGUNAS DE LAS EMPRESAS PRODUCTORAS DE MATERIA PRIMA BIOENERGÉTICA



Fuente: elaborado por Rejalaga L. y Anaquin, S. en el contexto de este proyecto

FIGURA 27

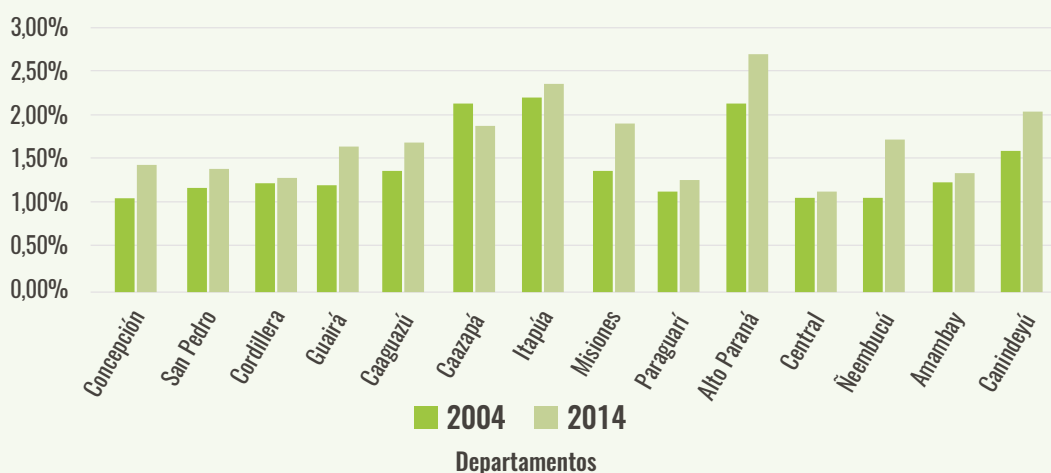
MAPA DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO EN PARAGUAY



Fuente: FAO y ITPS, 2018

FIGURA 28

COMPARACIÓN DEL NIVEL DE MO EN LOS SUELOS DE LOS 14 DEPARTAMENTOS DE LA REGIÓN ORIENTAL DEL PARAGUAY



Fuente: Fullaondo, 2014

debe probablemente, no al tipo de suelo que poseen los mismos, sino al tipo de agricultura que llevan a cabo en cada uno, que consiste principalmente mecanizada, de manejo intensivo o a pequeña escala, con la inclusión de buenas prácticas agrícolas, utilización de abonos verdes e incorporación de fertilizantes químicos, orgánicos y algunos correctivos que ayudan a la formación de la materia orgánica.

Fullaondo (2014) concluyó que del total de los 219 distritos estudiados que componen la región oriental del Paraguay, la mayoría (105 distritos, igual a 48% del total de distritos) arrojó nivel medio de MOS; 101 distritos presentaron un nivel bajo de MOS (46%); y 13 distritos un nivel alto de MOS representando al 6% del total de distritos de la región oriental del Paraguay. En particular

los departamentos de Concepción, Cordillera, San Pedro, Paraguari, Central y Amambay presentaron nivel bajo de materia orgánica y el nivel alto no se obtuvo en ningún departamento.

En el Cuadro 18 se presentan algunos resultados de análisis de suelos de las zonas productoras de caña de azúcar y maíz correspondientes a los años 2012 al 2017. Observando los promedios generales de los resultados resumidos en el Cuadro 18, podemos inferir que la mayoría de los suelos analizados son ácidos, con niveles bajos de Al³⁺, con tenores bajos, de carbono orgánico (con valores minore o igual a 1%) y de materia orgánica. Los niveles de fosforo son bajos y los de las bases (Ca, Mg, K) son bajos a medios.

CUADRO 18

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DE CAÑA DE AZÚCAR Y MAÍZ EN PARAGUAY, EN EL PERIODO 2012-2017

AÑO	CULTIVO	NÚMERO PARCELAS	pH IN H ₂ O	%		cMol/L S				
				MOS	C _{ORG}	AL ⁻³	CA ²⁺	MG ²⁺	K ⁺	P
2012	CAÑA DE AZÚCAR	21	5,5	1,7	1	0,3	4,3	0,7	0,3	4,1
2013	CAÑA DE AZÚCAR	21	5,7	1,5	0,9	0,1	3	1,1	0,1	3,3
2014	CAÑA DE AZÚCAR	26	5,6	1,1	0,6	0,1	3,2	0,9	0,2	9,3
	MAÍZ	1	5,7	1,1	0,6	0	1,5	0,3	0,1	2,7
2015	CAÑA DE AZÚCAR	15	5,7	1,3	0,7	0,2	2,1	0,6	0,1	8,3
	MAÍZ	10	5,2	1,1	0,7	0,5	1,2	0,3	0,1	2,6
2016	CAÑA DE AZÚCAR	22	5,7	1,9	1,1	0,2	1,9	0,6	0,1	7,7
	MAÍZ	7	5,5	2,0	1,2	0,2	4,7	0,8	0,3	2,7
2017	CAÑA DE AZÚCAR	19	5,6	1,7	1,0	0,1	2,5	0,8	0,1	1,3
	MAÍZ	7	5,8	1,5	0,9	0,0	1,1	0,5	0,0	0,9

Fuente: elaboración propia a partir de datos proveído por el Laboratorio de Análisis de suelos del IPTA, Caacupé, Paraguay

c. Compactación del suelo

En el caso del cultivo de la caña de azúcar, la compactación del suelo puede incrementar la densidad aparente, la resistencia a la penetración y disminuir la porosidad de los suelos y el Intervalo de Agua Óptimo (IAO) (García Ruiz *et al.*, 2010). Según Tairone *et al.* (2005) el IAO es un indicador de la calidad física de los suelos que corrige el concepto de agua disponible y es más integrador que el concepto convencional porque, además de la capacidad de campo y el punto de marchites, introduce las limitaciones concernientes a la estructura de los suelos. Los suelos con estructura preservada apenas tienen restricciones por déficit hídrico (Costa *et al.*, 2008) y por el contrario, cuando la compactación aumenta a niveles excesivos, la aireación puede verse afectada si la humedad es alta. Por otra parte, en condiciones de suelo seco, la resistencia del suelo puede restringir el crecimiento de las plantas (Lapen *et al.*, 2004).

Prácticas agrícolas de manejo del suelo en Paraguay

a. Adopción de labranza de conservación

El correcto manejo de los suelos es indispensable para alcanzar una producción sustentable. Prácticas de manejo como la labranza influye sobre los niveles de la MOS, actividad microbiana y la dinámica de los nutrientes (Acevedo y Martínez, 2003), ya que perturba el perfil del suelo (Olson *et al.*, 2005). Además, la Labranza Convencional (LC) cambia el tamaño y estabilidad de los agregados del suelo (Espinoza, 2010).

La perturbación realizada con LC podría ser disminuida cuando se sustituye por la Labranza (conservacionista) Reducida (LR) y cero labranza o siembra directa (SD). Este tipo de labranza podría disminuir las pérdidas de suelo en un 90% comparada con la LC, además de conservar la humedad del suelo (Phillips *et al.*, 1980). La SD no solo contribuyó a incrementar los residuos de cultivo en la superficie del suelo, sino que resultó ahorrador de combustible, disminuyeron el impacto de la erosión e incrementó la eficiencia del uso del agua (Alvear *et al.*, 2006).

La adopción de la LR ha sido una práctica líder en América del Sur, basada en la experiencia inicial de América del Norte que se convirtió en una referencia importante para las primeras experiencias sudamericanas de labranza cero a principios de los años setenta, siendo pioneros agricultores de Brasil y Argentina quienes reconocieron la importancia de mantener los residuos de cultivos en la superficie para proteger los suelos contra la erosión hídrica y para compensar la rápida descomposición de los residuos expuestos a las altas temperaturas y regímenes de humedad predominantes durante el ciclo de los cultivos de verano (Wingeyer *et al.*, 2015).

Según la misma fuente, aunque la adopción de labranza cero fue relativamente lenta desde la década de 1970 hasta la década de 1990, aumentó exponencialmente después del lanzamiento de variedades de soja transgénica.

Actualmente, la labranza de conservación se usa en 70–90% del área de cultivo de granos en Paraguay, Brasil, Argentina, Bolivia, y Uruguay. Según Hahn *et al.* (2017) en fincas de hasta cincuenta hectáreas, el 56% de los productores hace rotación de cultivos, y el 12% hace siembra directa.

Las asociaciones gubernamentales y de agricultores en toda la región promueven la adopción de la labranza de conservación por sus beneficios económicos, rendimientos más altos o más estables debido a una mejor eficiencia en el uso del agua, control de la erosión, ahorro en combustible y mano de obra/tiempo, y mejores atributos de calidad del suelo (AUSID y MAGyP, citados por Wingeyer *et al.*, 2015).

b. Manejo de la cobertura del suelo

Las posibilidades de controlar la erosión residen en proteger la superficie del suelo con vegetación o cobertura, para que no haya un impacto directo de las gotas de lluvia y así poder controlar la velocidad del agua de escorrentía superficial que circula hacia las zonas más bajas. Según UNICOOP (2015), las pérdidas de partículas de suelo (coloides minerales y coloides orgánicos) ascienden a más de 10 t/ha/año en áreas con laboreo anual de suelo.

Debido a las preocupaciones sobre la seguridad y la sostenibilidad del uso de combustibles

fósiles, asociadas a los avances en la tecnología de conversión de biomasa, existe un renovado interés en la calidad y cantidad de los residuos de cultivos a ser utilizados para cumplir parcialmente con las necesidades energéticas en el proceso de producción de biocombustible (Glasear *et al.*, 1999).

Para la producción de biocombustibles a escala comercial, el maíz está recibiendo la mayor atención debido a su área concentrada de producción y porque produce 1,7 veces más residuos que otros cereales principales en los niveles actuales de producción (Wilhelm *et al.*, 2004). Otros cultivos productores de grandes volúmenes de residuos, como el arroz y la caña de azúcar, podrían contribuir a la producción de biocombustible como una solución a los problemas de eliminación de residuos asociados con su producción (Di Pardo, 2000; Wilhelm *et al.*, 2004), mientras que otros cultivos como la soja, al no producir suficientes residuos como para mantener una adecuada cobertura del suelo durante el invierno, no es considerada como materia prima.

c. Manejo de nutrientes en el suelo

En cuanto al manejo de nutrientes y su disponibilidad para las plantas, las extracciones de las cosechas deben ser compensadas de alguna manera, de lo contrario, el estado de la fertilidad del suelo irá disminuyendo hasta agotarse, volviendo al sistema agrícola no sostenible. Los niveles de fertilidad de los suelos se evalúan por el análisis químico de los mismos, de allí radica su importancia a la hora de encarar planes de fertilización. Sin embargo, la disminución de los rendimientos a valores muy bajos o la presencia de ciertas plantas o malezas, podrían ser también indicios de falta de nutrientes.

De acuerdo con el IPTA (2017), en los cultivos de caña de azúcar y maíz se recomienda la aplicación de cal agrícola calcítica o dolomítica por lo menos 3 meses antes de la plantación y la aplicación de fertilizantes orgánicos al voleo o en surcos (estiércol vacuno, gallinaza, torta de filtro, vinaza) o fertilizantes químicos en surcos (generalmente 20–100–50 en plantación y 20–00–00 en cobertura) según sea la necesidad de acuerdo al requerimiento nutricional del cultivo y al resultados del análisis de suelo la necesidad.

En el caso de la fertilización fosfatada el IPTA recomienda aplicar el fertilizante en el fondo del surco por debajo de la semilla y en el caso de la nitro potásica en surcos a un lado de las hileras entre 30 a 60 días después de la plantación, y la aplicación de N en cobertura entre 120 y 140 días después de la rotación. Cabe resaltar también la recomendación que hacen de realizar un sistema de manejo tendiente a la conservación del suelo, utilizando prácticas de mantenimiento o aumento de la MOS (abonos verdes, estiércol, etc.) a fin de mantener el valor de la misma por encima de 2%.

Según Hahn *et al.* (2017), la utilización de insumos y prácticas de manejo de suelos en fincas de pequeña escala (hasta cincuenta hectáreas), evidenciaban la escasa utilización de cal agrícola con apenas un 6% y utilización de abonos verdes 1%. Además, el 14% utiliza fertilizantes químicos y el 4,2% utiliza plaguicidas.

d. Utilización de agroquímicos: el caso del glifosato

El empleo de variedades transgénicas selectivas al glifosato ha sido motivo para que este herbicida en ciertas regiones se transforme en un producto muy utilizado para el control de malezas durante el ciclo de los cultivos, sin embargo, la deriva y los residuos pueden causar daños a las plantas, y cantidades significativas pueden llegar al suelo (Eker *et al.*, 2006), pudiendo representar una amenaza importante para la actividad microbiológica del suelo y la absorción por parte de las raíces de las plantas no objetivo. Dentro de las formulaciones con el nombre Roundup, existe el coadyuvante denominado PoliOxiEtil Amina (POEA) que podría tener efectos tóxicos más relevantes que el Glifosato solo (Adam *et al.*, 1997; Dallegrave *et al.*, 2002).

Existe gran disparidad en la literatura acerca de la capacidad de retención de glifosato por distintos tipos de suelo, lo mismo que sobre las probabilidades de su degradación. Sin embargo, se ha demostrado que en suelos muy ricos en materia orgánica, el glifosato puede unirse a compuestos orgánicos solubles en agua y conservar cierta movilidad que lo puede llevar tanto a niveles más profundos del suelo como hacia aguas superficiales e intoxicar a

organismos que se alimentan por filtración (crustáceos y moluscos) o a otros que ingieren cantidades significativas de suelo durante su alimentación normal, como peces, aves, anfibios y hasta algunos mamíferos (CONICET, 2009; CTGB, 2009).

Landry *et al.* (2005) refieren la efectividad de las prácticas alternativas de manejo del suelo, como la cobertura de pasto, para reducir la lixiviación del glifosato y su metabolito, el AminoMethylPhosphonic Acid (AMPA), a través de los suelos y así reducir la contaminación del agua subterránea por el pesticida. Candela *et al.* (2010) afirman que la migración observada de bromuro, el glifosato y el AMPA en el suelo podría estar relacionada al bajo contenido de materia orgánica y arcillas en los suelos; recarga generada por el riego y la lluvia fuerte, y posible transporte preferencial de solutos y/o transporte de coloides.

Por otro lado, Contardo-Jara *et al.* (2009), al estudiar el potencial de bioacumulación del glifosato y la formulación Roundup Ultra, así como los posibles efectos sobre la biotransformación y las enzimas antioxidantes en *Lumbriculus variegatus* observaron una mayor relevancia ecotoxicológica de la formulación Roundup Ultra que del glifosato en sí.

También existe evidencia actual de que el glifosato compite con los nutrientes por los sitios de intercambio en las partículas de los suelos. Los resultados sugieren que la removilización del glifosato puede representar una vía adicional de transferencia del glifosato a especies no objetivo, que está fuertemente influenciada por las características de los suelos como el potencial de fijación de fósforo, contenido de hierro disponible para las plantas, pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de arena y contenido de materia orgánica (Bott *et al.*, 2011).

Datos primarios de las cinco empresas visitadas

Para este proyecto, se realizaron visitas y encuestas a cinco empresas para obtener datos primarios sobre la calidad del suelo en áreas donde se cultiva caña de azúcar y maíz, específicamente en los Departamentos de Caaguazú, Guaira e Itapúa que cuentan con

superficies que varían entre 1 000 y 26 984 ha, cuatro de ellas productoras de caña de azúcar con sistema de siembra convencional, dos de ellas con cosecha manual y dos con cosecha mecanizada. De entre las empresas visitadas, la Cooperativa Colonias Unidas es la que se dedica a producir más de 4 000 ha de maíz y un poco de soja (un poco

más de 200 ha), bajo sistema de siembra directa desde hace 30 años, realizando la cosecha en forma mecanizada. El rendimiento de la caña de azúcar varía entre 65 y 100 t/ha y el maíz con un rendimiento de 4,5 t/ha, según lo manifestado por los responsables técnicos en las encuestas (**Cuadro 19**).

CUADRO 19
EMPRESAS PRODUCTORA VISITADAS, UBICACIÓN, SUPERFICIE CULTIVADA, RENDIMIENTO, SISTEMA DE SIEMBRA Y COSECHA

EMPRESA	DEPT.O	DISTRITO	Sup. (ha)	CULTIVO	Rend. (t/ha)	SIEMBRA	COSECHA
NEUALCO	CAAGUAZU	J. E. ESTIGARRIBIA	1 300	Caña de azúcar	100	Conv.	Man
ALCOTEC	CAAGUAZU	J. E. ESTIGARRIBIA	1 000	Caña de azúcar	80	Conv.	Mec
PETROPAR	GUAIRA	M. J TROCHE		Caña de azúcar	70	Conv.	Man
AZPA	GUAIRA	M.J. TROCHE	26 984	Caña de azúcar 80% orgánica 20% convencional	65-67	Conv.	Mec
COOP. COLONIAS UNIDAS	ITAPUA	HOHENAU	4 600	211 ha soja 120 ha maíz de primera 4 000 ha maíz de segunda	4,5	SD desde hace 30 años	Mec

Fuente: elaboración propia a partir de ADIFCA, 2017

CUADRO 20
EMPRESAS PRODUCTORA VISITADAS, CULTIVO, RENDIMIENTO, ANÁLISIS DE SUELOS, FERTILIZACIÓN Y ENCALADO

EMPRESA	CULTIVO	REND. (t/ha)	ANÁLISIS DE SUELO	FERT. QUIMICA (NPK)	FERT. ORGANICA	ENCALADO
NEUALCO	CAÑA DE AZÚCAR	100	no menciona	7-34-12 18-05-27	riego con vinaza, cachaza y ceniza	No
ALCOTEC	CAÑA DE AZÚCAR	80	no menciona	7-34-12 en plantación 18-5-27 en tronco 350 kg/ha	No	2 500 kg/ha cal agrícola dolomítica
PETROPAR	CAÑA DE AZÚCAR	PE: 50-60 MGE: 90-100	no menciona	15-15-15 en dos aplicaciones, 150 a 300 kg/ha	bagazo de caña	MGE: si PE: No
AZPA	CAÑA DE AZÚCAR 80% ORGÁNICA PARA AZÚCAR Y 20% CONVENCIONAL PARA ETANOL	65-67	Si	30-40 kg/ha N en caña soca 100-150 kg/ha N 150-170 kg/ha P 120-140 kg/ha K	vinaza estiércol gallinaza	Si 1 400-1 700 kg/ha cal agrícola calcítica
COOP. COLONIAS UNIDAS	SOJA, 120 ha MAÍZ 1 ^{RA} 4 000 ha MAÍZ 2 ^{DA}	4,5	Si	10-30-10 18-46-0 200 kg/ha, y el 50% en cobertura	utilizan cobertura y enmiendas	Si, según necesidad

Fuente: elaboración propia a partir de ADIFCA, 2017

En el Cuadro 20 se puede apreciar que Azpa y Cooperativa Colonias Unidas realizan análisis de suelo previa fertilización y/o encalado, mientras que las otras empresas no lo mencionaron.

Las cinco empresas colocan entre 100 y 350 kg/ha de fertilizantes químicos, de formulaciones tales como 7-34-12; 15-15-15; 10-30-10, 18-46-00 entre otros y cuatro de ellas utilizan fertilizantes orgánicos como vinaza, cachaza, ceniza, bagazo o estiércol; también cuatro de ellas utiliza entre 1 400 y 2 500 kg de cal agrícola calcítica, mientras que Alcotec manifestó usar cal agrícola dolomítica.

El mayor rendimiento corresponde a Neualco, que podría estar relacionado a que los suelos no tienen más de 10 años de uso (ADIFCA, 2017).

Las empresas Alcotec, Petropar y Cooperativas Colonias Unidas tienen en promedio suelos con 30 años de uso, mientras que los suelos de Neualco tienen menos de 10 años de uso. La empresa Azpa, entre sus casi 27 000 ha tiene

suelos con menos de 10 años de uso, de 10 a 50 años de uso y suelos con más de 50 años de uso. Los suelos con menos de 10 años de uso y aquellos bajo sistema de siembra directa no presentan problemas aparentes de erosión o degradación de suelos. Los suelos de Azpa de más de 10 años de uso presentan problemas de erosión (surcos, cárcavas y áreas expuestas), mientras que los suelos de Alcotec dejaron presentar signos de erosión después de realizadas las curvas de nivel.

A excepción de Petropar, todas las empresas mencionaron realizar diferentes tipos de manejo del suelo como rotaciones, coberturas, riegos con vinaza, curvas de nivel, subsolado, eliminación de malezas, uso de abonos verdes, sistemas de drenaje, entre otros.

Entre los defensivos agrícolas utilizados se mencionaron herbicidas, insecticidas y fungicidas (Cuadro 21).

CUADRO 21

EMPRESA PRODUCTORA, UBICACIÓN, MANEJO, UTILIZACIÓN DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS Y PROBLEMAS

EMPRESA	DEP.TO	AÑOS DE USO DEL SUELO	MANEJO	DEFENSIVOS AGRICOLAS	PROBLEMAS
NEUALCO	CAAGUAZU	Menos de 10 años	1. Rotación; 2. Cobertura; 3. Riego con vinaza	Herbicidas para preparar nuevas tierras	No
ALCOTEC	CAAGUAZU	Entre 10 y 50 años de uso	4. Curvas de nivel subsolado 5. Arada 6. Rastreada 7. Eliminación de malezas	Herbicidas / insecticidas	Actualmente no tienen problemas pero antes de las curvas de nivel había signos de erosión hídrica
PETROPAR	GUAIRA	Más de 30 años	8. No menciona	Herbicida	No menciona
AZPA	GUAIRA	Menos de 10 años, De 10 a 50 años Más de 50 años.	9. Uso de abonos verdes y sistema de drenaje del suelo/subsolado; 10. Arada; 11. Rastreada	Herbicidas / insecticidas	Erosión hídrica, cárcavas, surcos y áreas expuestas
COOPERATIVA COLONIAS UNIDAS	ITAPUA	30 años de siembra directa	12. Rotación; 13. Siembra directa;	Herbicidas / insecticidas bt fungicida	No

Fuente: elaboración propia a partir de ADIFCA, 2017

4.2.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

Este proyecto estudió la condición de parte de los suelos de la región oriental del Paraguay gracias a la base de datos de análisis de suelos proveída por el Laboratorio de suelos del IPTA. Además se recopilaron datos primarios y secundarios sobre la calidad del suelo y las prácticas de manejo del suelo en las diferentes zonas donde se encuentran localizadas las empresas productoras de materia prima para la producción de etanol, como una aproximación para describir la calidad de los suelos agrícolas donde se produce materia prima para la bioenergía.

Resultados

La información encontrada en la literatura y las recabadas mediante las visitas y encuestas realizadas in situ, destacaron la presencia de signos de erosión en aquellos suelos con muchos años de uso y la importancia de este parámetro como uno de los indicadores de calidad del suelo a tener en cuenta. Para el caso de la producción de la materia prima para la bioenergía, las áreas donde se cultiva caña de azúcar se encuentran principalmente en los departamentos de Caaguazú, Guaira, Paraguari, Central, con suelos, en su gran mayoría Ultisoles y Alfisoles, derivados de arenisca y el departamento de Itapúa, con parte de sus suelos derivados de Basalto. Varios de estos suelos tienen un riesgo moderado a alto de

erosión y se confirmó mediante las encuestas que las prácticas agrícolas directamente relacionadas con el cultivo y procesamiento de la caña de azúcar, maíz y soja contribuyen en algunos casos en el apareamiento y en otros casos, a agravar este fenómeno.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Contribuiría bastante la realización de campañas que promuevan y en otros casos que mantengan la realización de análisis de suelos al final de cada zafra, con el objetivo de mantener o mejorar la calidad de los suelos.

Monitoreo del indicador en el futuro

El indicador 2 ha demostrado ser relevante y con base científica para evaluar los parámetros de calidad del suelo con el objetivo de informar sobre la sostenibilidad de la producción de materia prima bioenergética. Con respecto a la practicidad de la herramienta, la escasez y la dificultad de conseguir las informaciones sobre los cambios en los parámetros de calidad del suelo, ha limitado la capacidad descriptiva de este estudio. Por lo que sería importante mantener una base de datos nacional unificada para las evaluaciones de tierras utilizadas para la producción de materia prima bioenergética para la cual se debe mantener o mejorar la calidad del suelo. Debe hacerse un seguimiento a través de mediciones por lo menos cada 5 años en las mismas ubicaciones y usando la misma metodología. La falta o el difícil acceso a estos datos limitan la practicidad del indicador.

REFERENCIAS

Acevedo, E. Y Martínez, E. 2003. Sistema de labranza y productividad de los suelos. En: E. Acevedo (ed) Sustentabilidad en Cultivos Anuales. Universidad de Chile. Ciencias Agronómicas N° 8. pp: 13-27.

Adam, A., Adam, A., Marzuki, A., Abdul

Rahman, H., Abdul Aziz, M., 1997. The oral

and intratracheal toxicities of Roundup and its components to rats. *Veterinary Human Toxicology*, v.1 n.3 p. 147-151.

Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (ADIFCA), 2017.

Entrevistas a productores de caña de azúcar de

- pequeña (PE), mediana y gran escala (MGE) y a productores de maíz zafriña. Fecha de aplicación de la encuesta: julio - setiembre 2017.
- Asociación Uruguaya pro Siembra Directa (AUSID).** Guía de Siembra Directa. Disponible en: <http://www.ausid.com.uy> (Acceso: 15 de noviembre 2014)
- Candela, L., Caballero, J. y Ronen, D.,** 2010. Glyphosate transport through weathered granite soils under irrigated and non-irrigated conditions. Barcelona, Spain. The Science of the total Environment. 2509-2516.
- Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICANA)** 2017. Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en Caña de Azúcar. 84p. Disponible en: www.cengicana.org
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL),** 2012. Los costos de la inacción ante la desertificación y degradación de las tierras en escenarios alternativos de cambio climático. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4009-costos-la-inaccion-la-desertificacion-degradacion-tierras-escenarios-alternativos> (Acceso: 9 de abril de 2018)
- Contardo-Jara, V., Galanti, L.N., Amé, M.V., Monferrán, M.V., Wunderlin, D.A. y Wiegand, C.,** 2009. Biotransformation and antioxidant enzymes of *Limnoperna fortunei* detect site impact in watercourses of Córdoba, Argentina. Ecotoxicology and environmental safety, 72(7), 1871-1880.
- Costa, E.S., De Oliveira, G.C., De Souza, D.J.M., De Oliveira, L.F.C. y De Castro M.B.,** 2008. "Pressão de preconsolidação e intervalo hídrico ótimo como indicadores de alterações estruturais de um latossolo e de um cambissolo sob cana-de-açúcar", R. Bras. Ci. Solo, 32:1419-1427.
- Dallegrave, E., DiGiorgio, M.F., Dalsenter, P.R., Langeloh, A.,** 2002. Acute oral toxicity of glyphosate in Wistar rats. Online Journal of Veterinary Research, v.1 p. 29-34.
- Di-Pardo, J.,** 2000. Outlook for biomass ethanol production and demand. Energy Information Administration, Washington, DC.
- Eker, S., Ozturk, L., Yazici, A., Erenoglu, B., Romheld, V. y Cakmak, I.,** 2006. Foliar-applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower plants. J. Agric. Food Chem. 54: 10019-10025.
- Espinoza, Y.,** 2010. Efecto de la labranza sobre la materia orgánica y tamaño de agregados en un suelo cultivado con maíz en condiciones tropicales. Bioagro, 22(3), 177-184.
- FAO y ITPS,** 2018. Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap) Technical Report. Rome, Italy.
- Fullaondo, E.,** 2014. Clasificación del nivel de materia orgánica de los suelos de la región oriental del Paraguay. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo. Paraguay. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. CIA. FCA. UNA
- García Ruiz, I., Sánchez Ortiz, M., Vidal Díaz, M.L., Betancourt Rodríguez, Y., Rosa Llano, J.,** 2010. Efecto de la compactación sobre las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la caña de azúcar. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias [en línea] 2010, 19 (Abril-Junio). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93218512009> ISSN 1010-2760
- Hahn Villalba, E., dir.,** 2017. Diagnóstico de la Fertilidad de los suelos de la Agricultura Familiar Paraguaya - Región Oriental. Libro Digital (pdf): ISBN 978-99967-0-323-2. Asunción, Paraguay.
- INFONA,** 2016. Balance Anual de Gestión Pública. Presupuesto por Resultado Año 2016. San Lorenzo (Paraguay).
- Laboratorio de suelos del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA/MAG),** s.f. Base de datos de análisis de suelos. Centro de Investigación Hernando Bertoni, del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Caacupé, Paraguay.
- Landry, D., Dousset, S., Fournier, J.C. y Andreux, F.,** 2005. Leaching of glyphosate and AMPA under two soil management practices in Burgundy vineyards (Vosne-Romanee, 21 France). Environmental Pollution. 138: 191 - 200.
- Lapen, D.R., Topp, G.C., Gregorich, E.G. y Curnoe, W.E.,** 2004. Rango de agua menos limitativo como indicador de la calidad del suelo y producción de maíz. Eastern Ontario, Canadá. Soil Hill. Res., 78: 151-170.
- López, O., González, E., De Llamas, P., Molinas, A., Franco, E., García, S. y Ríos, E.** 1998. Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región oriental del Paraguay. MAG/SSERNMA/DOA. Asunción, Paraguay.
- Lovera, L.,** 2011. Estado del Arte y Novedades de la Bioenergía en el Paraguay. FAO/Oficina Regional Para América Latina y el Caribe, Asunción.

- Martínez, E., Fuentes, J. y Acevedo, E.** 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de Ciencia del suelo y Nutrición vegetal*. 8 (1) 68 – 96. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Olson, K.R., Lang, J.M. y Ebelhar, S.A.**, 2005. Soil organic carbon changes after 12 years of no-tillage and tillage of Grantsburg soils in southern Illinois. *Soil and Tillage Research*, 81(2), 217–225.
- Porta, J., López-Acevedo, M. y Poch, R.M.**, 2011. *Introducción a la Edafología. Uso y protección de suelos*. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 535 p.
- Proyecto UNICOOP-Solidaridad**, 2015. *Buenas Prácticas Agrícolas: Prácticas recomendadas para el buen manejo de suelos en la producción de granos*. Santa Rita, Paraguay. 76 p
- Tairone, P.L., Da Silva, A.P., Perfect, E. Y Cassio, A.**, 2015. An algorithm for calculating the Least Limiting Water Range of soils. *Agron. J.*, 97: 1210–1215.
- USAID**, 2009. *Biocombustibles: Alternativa de negocios verdes*. Asuncion, Paraguay. 41 p.
- Wilhelm, W.W., Johnson, J.M., Hatfield, J.L., Voorhees, W.B. y Linden, D.R.**, 2004. Crop and soil productivity response to corn residue removal: a literature review. *Agron J* 96:1–17
- Wingeyer A.B., Amado, T.J.C., Pérez-Bidegain, M., Studdert, G.A., Perdomo Varela, C.H., Garcia, F.O. y Karlen, D.L.**, 2015. Soil Quality Impacts of current South American Agricultural Practices. *Sustainability*. 2015, 7, 2213 – 2242.

4.3 INDICADOR 3: NIVELES DE COSECHA DE LOS RECURSOS MADEREROS

Delia Ramírez Haedo¹, Mirtha Vera de Ortiz¹,
Larissa Rejalaga Noguera¹

¹ Asociación de Docentes e Investigadores de
la Facultad de Ciencias Agrarias (ADIFCA) –
Universidad Nacional de Asunción

DESCRIPCIÓN:

Cosecha anual de recursos madereros en volumen y en porcentaje del crecimiento neto de la producción y en porcentaje de extracción anual utilizada como bioenergía.

UNIDADES DE MEDIDA:

m³/ha/año, toneladas/ha/año, m³/año o toneladas/año, o solo m³ y tonelada y en porcentaje.

4.3.1 Implementación del indicador 3 en Paraguay

Para la evaluación del indicador 3 en Paraguay, se recopilieron y analizaron datos proveídos por el Instituto Forestal Nacional (INFONA), sobre emisiones de guías conforme al aprovechamiento autorizado de biomasa utilizada para bioenergía durante el período 2009–2015, publicados en el informe de gestión de cada año. También se utilizaron datos obtenidos de encuestas nacionales y resultados de evaluaciones de eficiencia energética en el Paraguay para período 2009–2015, elaborado por el Vice Ministerio de Minas y Energía (VMME), además se utilizaron datos de estudios sobre producción y consumo de biomasa en Paraguay, el informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, y otras publicaciones. Así también se realizaron estimaciones de biomasa que podrían ser utilizadas con fines energéticos y otros usos para

bosques nativos y plantaciones forestales bajo manejo con datos proporcionados por el INFONA.

4.3.2 Resultados claves

Cobertura forestal nacional

La superficie total de cobertura forestal en el año 1984 en la región oriental del país abarcaba alrededor de 5 300 000 ha, compuesto por bosque alto continuo, bosque alto degradado y bosque ralo en islas. Para el año 1991 la superficie total perdida de bosques en la región oriental fue de 38% equivalente a 2 010 858 ha, lo que significó una tasa anual de deforestación 288 551 ha/año en el período mencionado (FIA UNA, 1991; ver **Cuadro 22**). Entre los años 1984, 1991 y 2011, se han estimado las superficies de cobertura de la Tierra para la región oriental del Paraguay y se ha perdido el 49,34% de cobertura boscosa en esta región. La tasa de deforestación anual fue de 254 604,10 ha entre los años 1991–2000, 318 480,6 ha entre los años 1991–2011 y 297 747,22 ha entre los 2000–2013 (PNUD, 2015). Según los datos obtenidos por la FCA UNA y el FFPRI (2013), la cobertura forestal a nivel país en el año 2011 abarcaba 17 364 215 ha que representa el 42,7% de la cobertura nacional. De esta superficie 2 615 102 ha corresponde a la región oriental y 14 749 113 ha a la región occidental (**Cuadro 22**).

Con los datos expuestos se estima una cobertura boscosa para la región occidental de 13 384 457 ha para el año 2016, de los cuales se estimó una superficie de bosque productivo de 12 254 457 ha (sin incluir las áreas protegidas).

La superficie total de plantaciones forestales a nivel país hasta el año 2015 fue de 122 452 ha, correspondiendo a la región oriental 120 660 ha y a la región occidental 1 792 ha (INFONA, 2016).

CUADRO 22
SUPERFICIE DE BOSQUES Y SUPERFICIE DEFORESTADA PARA LA REGIÓN ORIENTAL PARA LOS AÑOS 1984, 1991, 2011 Y PARA LA REGIÓN OCCIDENTAL DEL PARAGUAY HASTA JUNIO 2017

Año	Sup. deforestada región oriental (ha/año)	Cobertura forestal región oriental (ha/año)	Sup. deforestada región occidental (ha/año)	Sup.Cob. forestal región occidental (ha/año)
1984	S/D	5 300 000	259 0211	18 400 000
1991	279 720	3 341 958	259 021 ¹	S/D
2011	36 343	2 615 102	286 742	14 749 113
2012			268 084	14 462 371
2013			236 869	14 194 287
2014			287 435	13 957 418
2015			285 526	13 669 983
2016			189 472	13 384 457
2017			80 222 ²	13 194 985

¹Valores estimados

²Cobertura considerado desde enero a junio del 2017

Fuente: Guyra Paraguay, 2016

Consumo de la biomasa en la Matriz energética del Paraguay

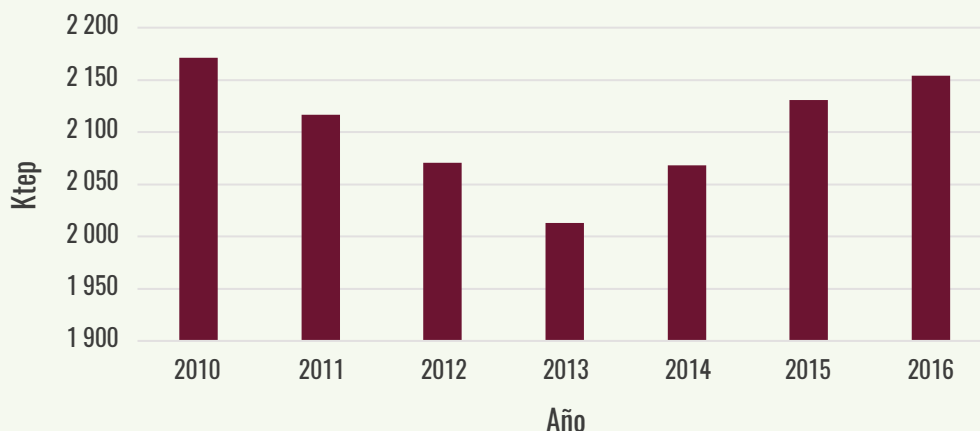
La matriz energética del Paraguay se caracteriza por una elevada oferta de energía primaria de origen renovable y local, específicamente la hidroenergía y la biomasa (ver Indicador 22). En el año 1990, los productos de la biomasa (leña, carbón vegetal, residuos y otros) alcanzaban una participación del 67%, la que cayó hasta el 48% en el año 2011, debido a que la participación de la biomasa en el consumo final se ha visto reducido a partir de la penetración de la energía eléctrica (con esto cambiaron la composición de la producción nacional de energía primaria) y de los productos derivados del petróleo, estos dos últimos con niveles de eficiencia marcadamente superior a los productos de la biomasa y sus derivados (CEPAL, 2016). La participación en la matriz energética en el consumo final de la biomasa en el 2013 fue del 45%. La fuerte baja registrada en el año 2013 en el consumo de biomasa para energía está determinada por la disminución en el número de hogares paraguayos que utilizan la leña como combustible principalmente en la cocción de alimentos (MOPC-VMME, 2014). Los consumos registrados en productos de la biomasa en el año 2014 crecen

en un 3,7%, marcando un cambio en la tendencia observada en los últimos años, llegando a un consumo final de energía en el año 2015 de 4 955,05 ktep, donde el consumo de productos de la biomasa (leña, carbón vegetal, residuos agro – forestales y alcoholes incluyendo el destinado a mezclas con gasolinas) crecieron en un 1,04%, incremento por debajo del registrado en el año anterior (MOPC-VMME, 2016).

En la **Figura 29** se puede observar la participación de la biomasa dentro de la matriz energética del país el cual se analizó desde el año 2010 a 2016. En el 2010 la energía utilizada equivalía a 2 171 ktep, descendiendo para el año 2013 hasta alcanzar valores mínimos de 2 013 ktep, presentando luego un ascenso para los siguientes años.

FIGURA 29

PARTICIPACIÓN DE LA BIOMASA DENTRO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL



Fuente: elaboración propia en base a datos de MOPC-VMME, 2015

Oferta de biomasa maderera

a. Oferta de biomasa de bosques nativos

Situación en la región oriental del Paraguay

La Superficie de bosque productivo en la región oriental del Paraguay es de 700 000 ha. De acuerdo al último informe de la Dirección General de Bosques del INFONA hasta el año 2016 se catastraron un total de 171 715 ha de Bosques y/o Tierras Forestales Bajo Plan Aprobado.

Se estima que el Incremento Medio Anual (IMA) de un bosque secundario varía de 2 a 3 m³/ha/año. Para la conversión de m³ a t se tomó un valor de 0,8 y 0,75 para especies nativas y especies exóticas (plantaciones forestales), respectivamente.

Para estimar la biomasa que podría utilizarse con fines energéticos en bosque nativo se consideró el estudio realizado por Guillen y Escurra (2016), donde la proporción de 34% (del total del árbol), corresponde a ramas que podrían utilizarse como leña y/o carbón, 62% corresponde a madera en rollos y el 4% corresponde a tocón.

Para estimar biomasa con fines energético de acuerdo a los cálculos, se estima que el 36% de la biomasa de producción sostenible de plantaciones forestales son destinadas con

fines energética y 64% son destinado a rollos de plantaciones forestales bajo manejo de la región oriental (Guillen y Escurra, 2016).

La oferta total (con fines energético y madera para rollos) de biomasa bajo manejo proveniente de bosque nativo y plantaciones forestales de la región oriental se encuentran entre los 2 526 129–3 110 481 t/año, de las cuales el 36% representa madera para energía (**Cuadro 23**).

Situación en la región occidental del Paraguay

En la región occidental del Paraguay la superficie total de bosque productivo sin incluir superficie de áreas silvestres protegidas de la región, alcanza unas 12 254 457 ha (Guyra Paraguay, 2016), de las cuales la superficie de bosque nativo sujeto a manejo forestal sostenible abarca unas 22 082 ha, y el incremento anual se estima entre 0,5 a 2 m³/ha/año en promedio 1,3 m³/ha/año.

Para estimar la biomasa que podría utilizarse con fines energéticos (ramas) en bosque nativo, en la región occidental, se utilizó un valor de 86% que corresponde a la proporción promedio de biomasa obtenida de la investigación “Determinación de la biomasa aérea total y por especie del bosque nativo del Chaco Central” realizada en la FCA/UNA (Neufeld y Quinteros, 2007).

CUADRO 23
OFERTA DE BIOMASA SOLIDA DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PARAGUAY

	Área	IMA	Producción (mínimo)	Producción (máximo)	Conver. valor de m ³ a t	Producción (mínimo)	Producción (máximo)	Propor. leña para energía	Propor. leña para rollo	Biomasa energética rangos mínimo	Biomasa energética rangos máximo	Biomasa energética rangos mínimo	Biomasa energética rangos máximo	Madera de rollos rangos mínimo	Madera de rollos rangos máximo	Madera de rollos rangos mínimo	Madera de rollos rangos máximo
Unidades de medición	ha	m ³ /ha/año	m ³ /ha	m ³ /ha	Ratio	t/ha	t/ha	(%)	(%)	m ³ /año	m ³ /año	t/año	t/año	m ³ /año	m ³ /año	t/año	t/año
Bosque productivo	700 000	2-3	1 400 000	2 100 000	0,80	1 120 000	1 680 000	34	62	476 000	714 000	380 800	571 200	868 000	1 302 000	694 400	1 041 600
Bosque nativo manejado	171 715	2-3	343 430	515 145	0,80	274 744	412 116	34	62	116 766	175 149	93 413	140 119	212 927	319 390	170 341	255 512
Plantaciones forestales	120 660	25-30	3 016 500	3 619 800	0,75	2 262 375	2 714 850	36	64	1 085 940	1 303 128	814 455	977 346	1 930 560	2 316 672	1 447 920	1 737 504
Oferta total biomasa bajo manejo (m ³)										1 202 706-1 478 277				2 143 487-2 636 062			
Oferta total biomasa bajo manejo (t)										907 868-1 117 465				1 618 261-1 993 016			
Oferta total biomasa para energía y madera para rollos (t)										2 526 129-3 110 481							
% de madera para energía / oferta total de madera en la región oriental (%)														36			
% de madera para energía / oferta total de madera bosque nativo (%)														35			
% de madera para energía / oferta total de madera plantación (%)														36			

CUADRO 24
OFERTA DE BIOMASA SOLIDA DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DEL PARAGUAY

	Área	IMA	Producción (mínimo)	Producción (máximo)	Conver. valor de m ³ a t	Producción (mínimo)	Producción (máximo)	Propor. leña para energía	Propor. leña para rollo	Biomasa energética rangos mínimo	Biomasa energética rangos máximo	Biomasa energética rangos mínimo	Biomasa energética rangos máximo	Madera de rollos rangos mínimo	Madera de rollos rangos máximo	Madera de rollos rangos mínimo	Madera de rollos rangos máximo
Unidades de medición	ha	m ³ /ha/año	m ³ /ha	m ³ /ha	Ratio	t/ha	t/ha	(%)	(%)	m ³ /año	m ³ /año	t/año	t/año	m ³ /año	m ³ /año	t/año	t/año
Bosque productivo	12 254 457	0,5-2	6 127 228	24 508 914	0,80	4 901 783	19 607 131	86	14	5 269 417	21 077 666	4 215 533	16 862 133	857 812	3 431 248	686 250	2 744 998
Bosque nativo manejado	22 082	0,5-2	11 041	44 164	0,80	8 833	35 331	86	14	9 495	37 981	7 596	30 385	1 546	6 183	1 237	4 946
Plantaciones forestales	1 792	25-30	44 800	53 760	0,75	33 600	40 320	36	64	16 128	19 354	12 096	14 515	28 672	34 406	21 504	25 805
Oferta total biomasa bajo manejo (m ³)										25 623-57 335				30 218-40 589			
Oferta total biomasa bajo manejo (t)										19 692-44 900				22 741-30 751			
Oferta total biomasa para energía y madera para rollos (t)										42 433-75 651							
% de madera para energía / oferta total de madera en la región occidental (%)														46-59			
% de madera para energía / oferta total de madera bosque nativo (%)														86			
% de madera para energía / oferta total de madera plantación (%)														36			

La oferta total (con fines energético y madera para rollos) de biomasa bajo manejo proveniente de bosque nativo y plantaciones forestales de la región occidental se encuentran entre los 42 433-75 651 t/año, de las cuales el 46-59% representa madera para energía (Cuadro 24).

Oferta de biomasa de plantaciones forestales Según INFONA (2016), se tienen en total monitoreadas una cobertura de plantaciones forestales de 122 452 ha de las cuales el 90% de las especies utilizadas corresponden a *Eucaliptus* spp, mientras que el 10% se distribuyen entre otras especies exóticas y nativas y no están discriminadas por los objetivos de plantación (energéticos y maderables).

MOPC, VMME y GIZ (2013) asumieron un Incremento Medio Anual (IMA) de 25 m³/ha/año y hace mención que existe reporte de estudios

realizados en plantaciones bien manejadas y en suelo fértil pueden con un IMA de más de 40 m³/ha/año. Sin embargo, muchas de las plantaciones no disponen de material genético de calidad, están ubicadas en suelos marginales y en zonas no muy productivas. Por lo tanto se asumió un IMA promedio de 25 m³/ha/año con un máximo optimista de 30 m³/ha/año.

La oferta total de plantaciones puede llegar de 3 061 300 a 3 673 560 de m³/año (o 2 295 975 a 2 755 170 t/año). De acuerdo a estudios preliminares facilitados por el INFONA se estima que el 36% de la biomasa de plantaciones bajo manejo se destinan para energía. Por lo tanto, las plantaciones forestales pueden ofrecer una cantidad de 1 102 068-1 322 482 m³ por año de biomasa maderera para la producción de energía (Cuadro 25).

CUADRO 25

OFERTA BIOMASA SOSTENIBLE DE PLANTACIONES FORESTALES BAJO MANEJO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA PARA ENERGÍA Y MADERA DE ROLLOS EN PARAGUAY, 2016

Plantaciones forestales bajo manejo	Superficie (ha)	Incremento medio anual (m ³ /ha/año)	Proporción leña/ rollos	Biomasa para energía (m ³ /año) Rangos mínimo y máximo	Madera de rollos (m ³ /año) Rangos mínimo y máximo
REGIÓN ORIENTAL	120 660	25-30	0,36/0,64	1 085 940-1 303 128	1 930 560-2 316 672
REGIÓN OCCIDENTAL	1 792	25-30	0,36/0,64	16 128-19 354	28 672-34 406
TOTAL	122 452	25-30	0,36/0,64	1 102 068-1 322 482	1 959 232-2 351 078
OFERTA TOTAL BIOMASA PARA ENERGÍA Y MADERA PARA ROLLOS				3 061 300-3 673 560	

Fuente: elaboración propia a partir de INFONA, 2016

b. Oferta total de biomasa maderera de bosques nativos y plantaciones forestales manejados

La cantidad de oferta de recurso maderero sostenible es de 2 526 129-3 110 481 t/año en la región oriental y 42 433-75 651 t/año en la región occidental. La producción total de biomasa proveniente de bosque nativo manejado en el país varía entre 272 587-430 962 t/año y la producción total de biomasa proveniente de plantaciones manejado entre 2 295 975-2 755 170 t/año.

Obteniendo una oferta total de biomasa maderera de 2 568 562-3 186 132 t/año.

CUADRO 26
OFERTA TOTAL DE BIOMASA MADERERA (MADERA DE ROLLOS Y BIOMASA PARA ENERGÍA) DE BOSQUES NATIVO Y PLANTACIONES FORESTALES MANEJADOS EN PARAGUAY, 2016

ORIGEN DE BIOMASA	Región oriental		Región occidental		Total
	PRODUCCIÓN (t/año)	INCREMENTO MEDIO ANUAL (m³/ha)	PRODUCCIÓN (t/año)	INCREMENTO MEDIO ANUAL (m³/ha)	PRODUCCIÓN (t/año)
BOSQUES NATIVO MANEJADO	263 754-395 631	2-3	8 833-35 331	0,5-2	272 587-430 962
PLANTACIONES FORESTALES ¹	2 262 375-2 714 850	25-30	33 600-40 320	25-30	2 295 975-2 755 170
TOTAL	2 526 129-3 110 481		42 433-75 651		2 568 562-3 186 132

¹ Superficie de plantaciones forestales en el país = 122 452 ha

Fuente: INFONA, 2016

Consumo de biomasa sólida

a. Consumo de leña en los hogares

La leña es el principal producto del sector biomasa en el Paraguay. La leña es, sobre todo, utilizada para hacer fuego en chimeneas o cocinas. Históricamente, ha significado la utilización de restos de la deforestación (troncos y ramas de rozados), pero debido a la pérdida de los bosques, la leña comienza a escasear (en especial en la parte este del país) y la población debe comprarla o invertir mucho tiempo en obtenerla (VMME, 2011).

Como se muestra en la **Figura 30**, el porcentaje de hogares que utilizaba la leña en el 2005 fue del 73,6% y en el 2008 disminuyó a 62,8%,

manteniendo ese rango hasta el 2012. [En el año 2012 el 62,8% de los hogares rurales utilizaban la leña como fuente principal para cocinar (MOPC, VMME y GIZ, 2013 – **Cuadro 27**), mientras que esta cifra desciende en el año 2013 al 53,3% de los hogares rurales (una disminución de 9,5 puntos porcentuales). En términos absolutos, en el año 2013 se registraron alrededor de 55 mil hogares menos que en el año 2012 que utilizan la leña como combustible principal, de ellos aproximadamente el 80% corresponden al área rural. El número de hogares consumidores de leña para la cocción de alimentos disminuyó del 56,0% en el año 2014 al 50,1% en el año 2015, lo que significa un decrecimiento de casi 6 puntos porcentuales (MOPC-VMME, 2015).

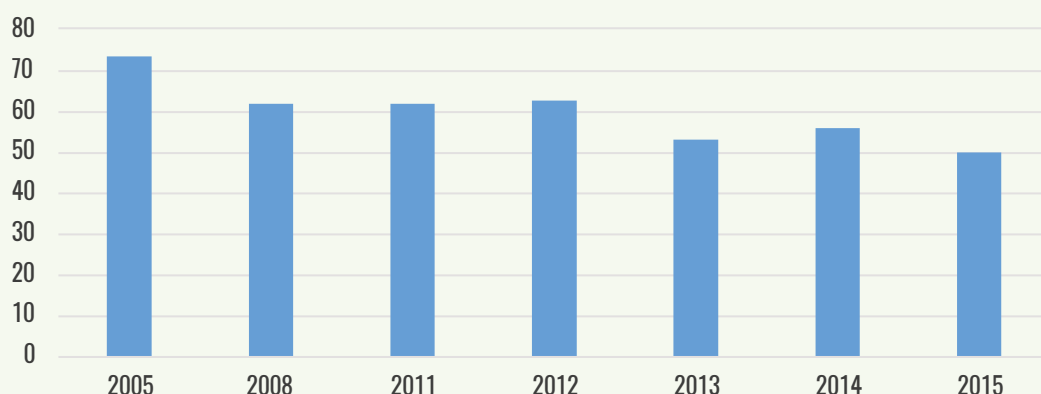
CUADRO 27
CONSUMO DE LEÑA DE LOS HOGARES RURALES

Concepto y unidad	Cantidad
LEÑA (T/FAMILIA/AÑO)	10-15
FAMILIAS URBANAS (FAMILIA)	662 964
PORCENTAJE DE FAMILIAS QUE USA PRINCIPALMENTE LEÑA (%)	62
CONSUMO DE LEÑA POR AÑO (T)	4 100 000-6 100 000

Fuente: MOPC, VMME y GIZ, 2013 en base a BID, 2008 y DGEEC, 2011

FIGURA 30

POBLACIÓN RURAL QUE UTILIZA LEÑA COMO ENERGÍA (%)



Fuente: elaboración propia en base a datos de MOPC, VMME y GIZ, 2013; y MOPC-VMME, 2015

b. Consumo de leña en las industrias

Las agroindustrias, las industrias madereras, alcoholeras y azucareras, industria de acero y las aceiteras son los mayores consumidores de biomasa para energía en forma de leña, costero y carbón vegetal. El consumo a nivel industrial oscila entre 4 415 000–6 047 000 t/año (MOPC, VMME y GIZ, 2013). La necesidad de madera con fines energéticos en las industrias alcanza los 6–8 millones de metros cúbicos por año. Así, las estimaciones oscilan cerca de 200 000 a 320 000 ha de plantaciones con un crecimiento de 25 a 30 m³/ha por año para abastecer la necesidad de biomasa.

c. Población rural que usa leña como energía (%)

La demanda de biomasa sólida para la producción de energía en Industrias y Hogares es de 8 515 000 a 12 147 000 t y la cantidad de oferta de biomasa sostenible para energía es de 927 560–1 162 365 t/año considerando la región oriental y la región occidental. Por tanto la oferta de madera de producción sustentable no es suficiente para cubrir la demanda actual de madera para la producción de energía a nivel doméstico e industrial, existiendo un balance negativo de 7,5 a 11 millones de t/año aproximadamente.

CUADRO 28

TOTAL COSECHA DE RECURSOS MADEREROS CON FINES ENERGÉTICO (t/año)

	Sectores	Desde (t/año)	Hasta (t/año)
DEMANDA DE BIOMASA	RESIDENCIAL	4 100 000	6 100 000
	INDUSTRIAL	4 415 000	6 047 000
	TOTAL	8 515 000	12 147 000
OFERTA DE BIOMASA SOSTENIBLE PARA ENERGÍA	TOTAL	927 560	1 162 365
DEFICIENCIA TOTAL DE BIOMASA CON FINES ENERGÉTICO	TOTAL	7 587 440	10 984 635

Fuente: elaboración propia a partir de MOPC, VMME y GIZ, 2013

4.3.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

El Instituto Forestal Nacional y las empresas forestales visitadas facilitaron el acceso a la información de manera a tener un documento consolidado con datos relevantes e importantes del sector forestal nacional. Así también se utilizaron datos obtenidos de encuestas nacionales y resultados de evaluaciones de eficiencia energética en el Paraguay para período 2009–2015, elaborados por el la Sub Secretaria de VMME además se utilizaron datos de estudios sobre producción y consumo de biomasa en Paraguay y se realizaron estimaciones de biomasa que podrían ser utilizadas con fines energéticos y otros usos para bosques nativos y plantaciones forestales bajo manejo con datos proporcionados por el INFONA.

Resultados

La energía proveniente de la biomasa forestal es una de las más relevantes a nivel nacional debido a que es utilizada tanto en los hogares como en industrias, teniendo una alta participación en el Balance Energético Nacional. A pesar del alto nivel de consumo a nivel país no se disponen de datos oficiales de cosecha anual de recursos maderero en volumen, así como de cosecha anual de recursos madereros en porcentaje del crecimiento neto de la producción.

La demanda de biomasa sólida para la producción de energía en Industrias y Hogares es de 8 515 000 a 12 147 000 t y la cantidad de oferta de biomasa sostenible para energía es de 927 560–1 162 365 t/año considerando la región oriental y la región occidental. Por tanto la oferta de madera de producción sustentable no es suficiente para cubrir la demanda actual de madera para la producción de energía a nivel doméstico e industrial, existiendo un balance negativo de 7,5 a 11 millones de t/año aproximadamente.

El porcentaje de extracción anual utilizada como bioenergía proveniente de bosque nativo bajo manejo de la región occidental es de 86%, de la región oriental 34% y de plantaciones forestales 36%.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Apoyar de manera efectiva los decretos, reglamentaciones y Planes de acciones vigentes en el país y presentado en el parágrafo 2.3.1 “Políticas y legislación sobre recursos madereros” del Capítulo 2.

Mejorar los sistemas de cocción de alimentos para disminuir la pérdida de calor a cielo abierto y, en general, incentivar y promocionar la adopción de tecnología para un uso más eficiente de biomasa con fines energéticos, at nivel de hogares y de industria, debe ser un objetivo de las políticas nacionales.

Incentivar las plantaciones forestales y el manejo sostenible de los bosques nativos y maximizar el control de la deforestación y del comercio ilegal de productos y subproductos y sancionarlo, así como también garantizar la trazabilidad de productos y subproductos de la biomasa

Contar con registros sistematizados y actualizados de bosques y plantaciones forestales.

Monitoreo del indicador en el futuro

Las informaciones sobre los datos provenientes del sector forestal debe de ser actualizados y publicados a través del trabajo conjunto entre los sectores productivo, investigación y normativos.

A nivel país se requiere realizar monitoreo de los datos de los recursos madereros cosechados, incluyendo a los dendro-combustibles y a los residuos forestales recolectados por año. Se debe mejorar la sistematización de la producción de la biomasa forestal, contar con registros de datos de plantaciones y continuar con las estimaciones del crecimiento neto de los bosques nativos y plantaciones de las dos regiones.

Es necesario complementar las informaciones y datos relacionados a la productividad de los bosques destinados a la bioenergía.

Se debe mejorar los registros de datos de plantaciones, la finalidad y el destino final de los productos y subproductos, así como el censo de las pequeñas y grandes industrias productoras y consumidoras de biomasa maderera.

REFERENCIAS

- CEPAL**, 2016. Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de la República del Paraguay, 2016. Santiago de Chile, Chile. 74p.
- FCA UNA (Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Asunción) y FFPRI (Forestry and Forest Products Research Institute)**, 2013. Mapa de Cobertura de la Tierra Paraguay 2011. San Lorenzo (Paraguay).
- FIA UNA (Facultad de Ingeniería Agronómica – Universidad Nacional de Asunción)**, 1991. Vegetación y uso de la tierra de la región occidental. Mapa de Cobertura de la Tierra Paraguay 1991. San Lorenzo (Paraguay).
- Guyra Paraguay**, 2016. Monitoreo Ambiental del Chaco Sudamericano 2016. Informe Técnico: Resultados del Monitoreo de los Cambios de Uso de la Tierra, Incendios e Inundaciones en el Gran Chaco americano. Asunción.
- Guillen, G. y Escurra, V.**, 2016. Estudios de equivalencia de productos forestales. Instituto Forestal Nacional. Dirección de Comercio e Industrias Forestales. Primer Informe. Asunción.
- INFONA**, 2013. Bosques nativos para uso energético. San Lorenzo (Paraguay).
- INFONA**, 2016. Balance Anual de Gestión Pública. Presupuesto por Resultado Año 2016. San Lorenzo (Paraguay).
- MOPC, VMME y GIZ**, 2013. Producción y consumo de biomasa sólida en Paraguay. Proyecto de mejoramiento de la base de datos para una política energética más sustentable en Paraguay. Asunción. Disponible en: [https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20\(1\).pdf](https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20(1).pdf) (Acceso: 10 de abril de 2018)
- Ministerio de Obras Públicas-Vice-Ministerio de Minas y Energía (MOPC-VMME)**, 2011. Balance Energético Nacional en Energía Útil de la República de Paraguay. Balance Energético Nacional 2011. Asunción.
- MOPC-VMME**, 2012. Balance Energético Nacional en Energía Útil de la República de Paraguay. Balance Energético Nacional 2011. Asunción.
- MOPC-VMME**, 2014. Balance Energético Nacional 2013. En Término de Energía Final. Asunción
- MOPC-VMME**, 2015. Elaboración de la Prospectiva Energética de la República de Paraguay 2013-2040. Informe Final. Asunción.
- MOPC-VMME**, 2016. Balance Energético Nacional 2015: En términos de Energía Final. Asunción
- Neufeld, F. y Quinteros, M.**, 2007. Determinación de la biomasa área total y por especie del bosque nativa del Chaco Central. Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. (Tesis de grado). Asunción.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)**, 2015. Evaluación de datos secundarios para la construcción de niveles de referencia en Paraguay (FREL/REL). San Lorenzo (Paraguay).

4.4 INDICADOR 4: EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES NO GEI, INCLUYENDO CONTAMINANTES DEL AIRE

Gabriela Cazenave¹; Lourdes González Soria^{2,3};
Susanne Koeppen⁴

¹ Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Universidad Católica de Asunción

² Área Bosques y Biodiversidad/FCA – Universidad Nacional de Asunción

³ Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (ADIFCA).

⁴ Institut für Energie and Umweltforschung Heidelberg (IFEU)

DESCRIPCIÓN:

Emisiones de contaminantes del aire que no son GEI PM_{2.5}, PM₁₀, NO_x, SO₂, incluyendo sustancias tóxicas del aire, por (4.1) producción de materias primas, (4.2) procesamiento, (4.3) transporte de materias primas, productos intermedios y productos finales, y (4.4) uso de la bioenergía; en comparación con otras fuentes de energía.

UNIDADES DE MEDICIÓN:

mg/ha, mg/MJ, y como porcentaje

mg/m³ o ppm

mg/MJ

4.4.1 Implementación del indicador 4 en Paraguay

Para el análisis requerido por este indicador se tuvieron en cuenta las suposiciones adoptadas en el indicador 1 con respecto a la línea base, período de estudio y se empleó el mismo registro de datos que los expuestos en el indicador 1. Para los

cálculos de las contribuciones de no GEI a lo largo del ciclo de vida de los casos de estudio, se empleó la herramienta proveída por el Instituto de Medio Ambiente y Energía (IFEU) de Heidelberg, diseñada específicamente para los cálculos de los indicadores ambientales 1 y 4. Los contaminantes no GEI bajo análisis son: dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), material particulado (PM₁₀), polvo y amoníaco (NH₃).

4.4.2 Resultados claves

Caña de azúcar PE y MGP, y maíz

La **Figura 31** nos permite realizar una comparación de las contribuciones de los diferentes gases contaminantes bajo estudio (SO₂; NO_x; CO; COVDM; PM₁₀; NH₃) de los ciclos de vida de la caña de azúcar de productores PE, la caña de azúcar de productores de MGE, del maíz zafrina y del petróleo. Realizando un análisis de los casos de estudio vs petróleo, es posible afirmar que:

- ▶ La mayor cantidad de dióxido de azufre (31,8761 mgSO₂/MJ EtOH) se emite en el ciclo de vida de la caña de azúcar de productores de MGE, seguido por el ciclo de vida del azúcar de productores de PE (25,3132 mgSO₂/MJ EtOH) y por último las emisiones son menores (21,9054 mgSO₂/MJ EtOH) en el ciclo del maíz. Comparándolo con el ciclo de vida del petróleo se ahorran en cada uno de los ciclos mencionados 28,76%, 43,43% y 51,04% de emisiones de SO₂.
- ▶ En cuanto a óxidos de nitrógeno diferentes del óxido nitroso, tenemos que siguen la misma tendencia que el anterior, la caña de azúcar a gran escala emite 664,778 mgNO_x/MJ EtOH, la caña de azúcar a pequeña escala emite 634,016 mgNO_x/MJ EtOH, y el maíz emite 572,710 mgNO_x/MJ EtOH. Las diferencias con etanol son bastante significativas a la del petróleo, obteniendo un ahorro en las emisiones de 8,16%, 12,41%, y 20,88% respectivamente para los casos de estudio.
- ▶ El monóxido de carbono se genera en mayor cantidad en la producción de caña de azúcar a MGE (213,137 mgCO/MJ EtOH), seguido por la producción de caña de azúcar a PE

(204,809 mgCO/MJ EtOH) y por último la producción de maíz (201,890 mgCO/MJ EtOH), en este caso hay un aumento del 9,95%, 5,65% y 4,15% respectivamente con respecto a las emisiones de CO generadas por el ciclo de vida del petróleo.

- ▶ En las emisiones de COVDM se ahorra más con respecto al petróleo en la producción de maíz (22,01%), seguido por la producción de caña de azúcar a PE (17,34%) y por último la producción de caña de azúcar MGE (12,63%).
- ▶ Las magnitudes de emisiones de PM₁₀ son similares para los casos de estudio (**Cuadro 29**), y en comparación con las emisiones de PM₁₀ en el petróleo el aumento es del 10,78% para productores de caña de azúcar a MGE, del 4,77% para productores de caña de azúcar a PE, y del 0,95% para el caso de maíz.

- ▶ En las emisiones de polvo se presentan también aumentos con respecto al petróleo (**Cuadro 29**), en el orden del 72,37% para la caña de azúcar MGE, 65,87% para la caña de azúcar de PE, y del 27,72% para el caso del maíz.
- ▶ Referente a las emisiones de amoníaco (NH₃) el caso es diferente, se presentan altas emisiones (243,411 mgNH₃/MJ EtOH) en la caña de azúcar de pequeña escala, seguido por el maíz (91,373 mgNH₃/MJ EtOH), y por último la caña de azúcar de gran escala que emite 50,977 mgNH₃/MJ EtOH. No se presentan ahorro de emisiones con respecto al petróleo, ya que este contaminante se genera en muy bajas proporciones en el ciclo de vida del mismo.

CUADRO 29

RESULTADOS DE LAS EMISIONES DE NO GEI EN EL CICLO DE VIDA DE ETANOL A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR (A PE Y MGE), DE MAÍZ ZAFRIÑA Y DEL PETRÓLEO (mg/MJ)

	Maíz	Caña de azúcar PE	Caña de azúcar MGE	Petróleo
SO ₂	21,905	25,313	31,876	44,743
NO _x	572,710	634,016	664,778	723,869
CO	201,890	204,809	213,137	193,849
COVDM	51,797	54,895	58,023	66,411
PM ₁₀	23,898	24,802	26,227	23,674
POLVO	30,324	39,387	40,929	23,745
NH ₃	91,373	243,411	50,977	0,211

Fuente: elaboración propia

a. Caña de azúcar PE y MGE

En la **Figura 32** y la **Figura 33** se presentan las contribuciones de los contaminantes en cada etapa del ciclo de vida de la caña de azúcar a PE y a MGE respectivamente, y de los cuales se destaca lo siguiente:

- ▶ En el cultivo a PE las emisiones de amoníaco (NH₃) y de óxidos de nitrógeno (NO_x) se atribuyen al uso de abono orgánico, y además se originan cantidades menos significativas de los demás gases debido al uso de pesticidas y quema de diesel en las maquinarias. A MGE

sin embargo los orígenes del amoníaco (NH₃) y de óxidos de nitrógeno (NO_x) se atribuyen al uso de fertilizantes nitrogenados, pesticidas y principalmente a la quema de diesel en las maquinarias agrícolas.

- ▶ Tanto para PE como MGE en el transporte se originan cantidades significativas de óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO) y, en mucha menor medida dióxido de azufre (SO₂), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) y material particulado (PM₁₀), todos debido a la combustión incompleta del diesel.

FIGURA 31

EMISIONES DE GASES DE NO EFECTO INVERNADERO

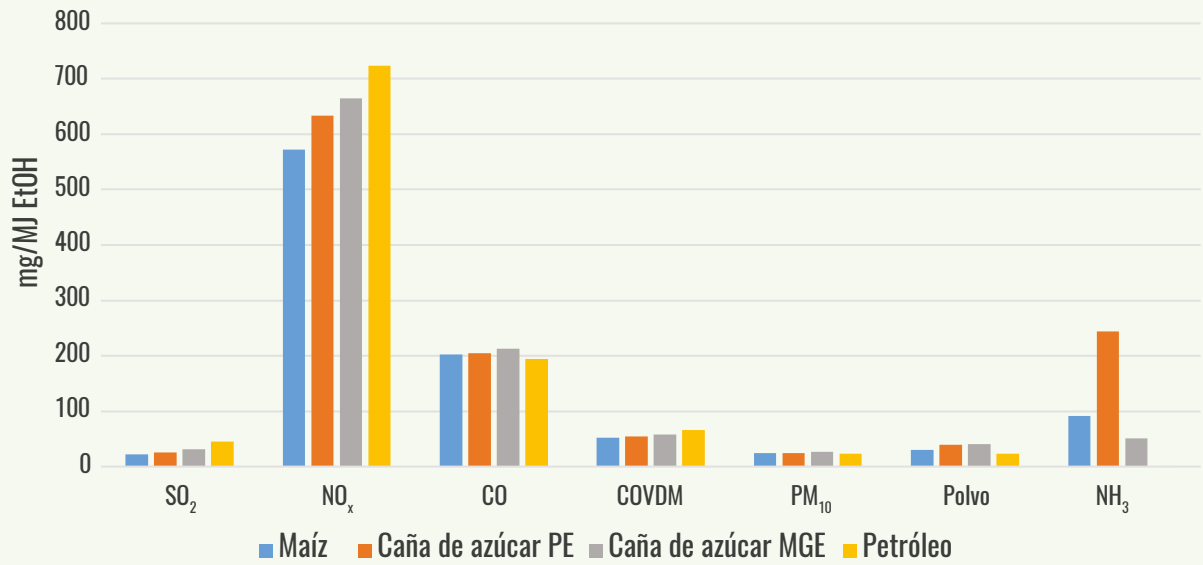


FIGURA 32

CONTRIBUCIONES DE CONTAMINANTES EN CADA ETAPA DEL CICLO DE VIDA DE LA CAÑA DE AZÚCAR PE

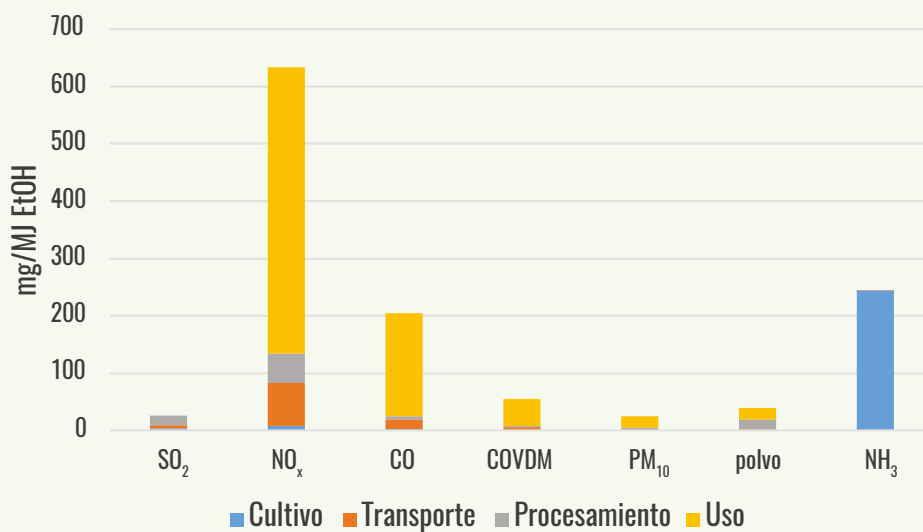
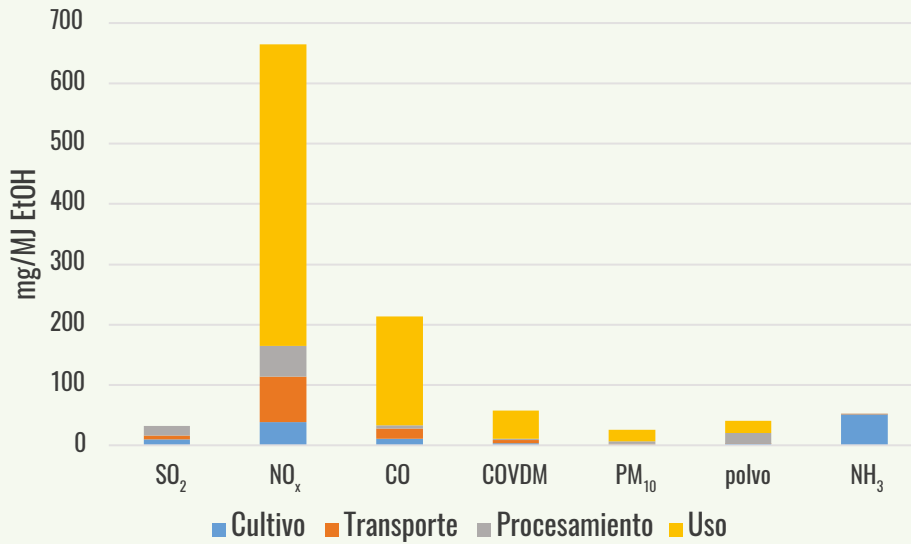


FIGURA 33

CONTRIBUCIONES DE CONTAMINANTES EN CADA ETAPA DEL CICLO DE VIDA DE LA CAÑA DE AZÚCAR MGE



- ▶ En el procesamiento se presentan emisiones significativas de NO_x, polvo y SO₂ debido a la quema de bagazo en las calderas y al uso de óxido de calcio en el proceso de clarificación. En menor medida se generan también por los mencionados procesos CO, COVDM, PM₁₀ y NH₃.
- ▶ En el uso se emiten NO_x, CO, COVDM, PM₁₀ y polvo en ese orden de relevancia, y se debe únicamente a la combustión incompleta del biocombustible.

b. Maíz zafriña

En la **Figura 34** se presentan las contribuciones de los contaminantes en cada etapa del ciclo de vida del maíz zafriña, concluyendo lo siguiente:

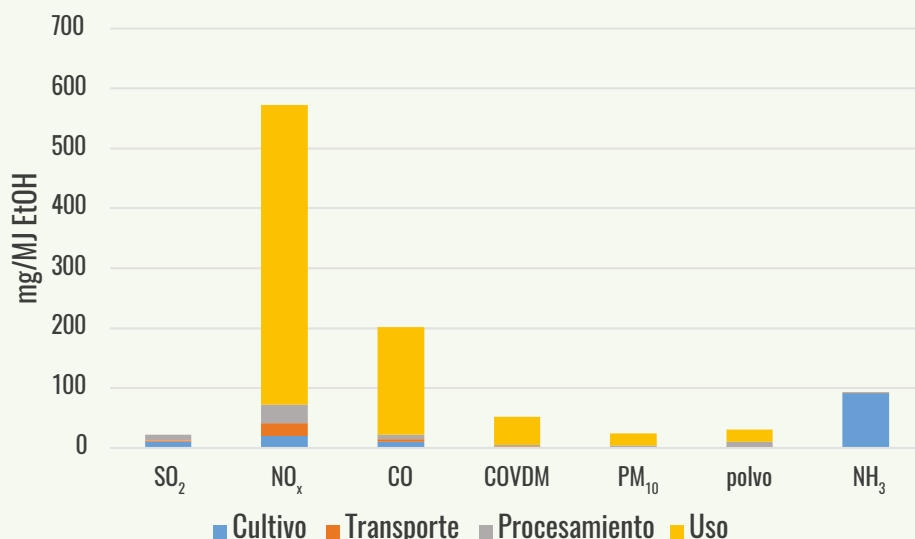
- ▶ En el cultivo las altas emisiones de amoníaco (NH₃) se atribuyen al uso de fertilizantes minerales nitrogenados, además se emiten óxidos de nitrógeno (NO_x), originados en fertilizantes nitrogenados y pesticidas. Se registran también cantidades menos significativas de los demás gases contaminantes que tienen sus orígenes en lo

citado previamente y además de labranzas agrícolas.

- ▶ Al analizar el transporte vemos que se originan cantidades significativas de óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO) y, en mucha menor medida dióxido de azufre (SO₂), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), polvo y material particulado (PM₁₀), todos debido a la combustión incompleta del diesel.
- ▶ En el procesamiento se presentan emisiones significativas de NO_x, polvo y SO₂ y en menor medida se generan CO, COVDM, PM₁₀ y NH₃. Todas las emisiones se generan en los procesos de quema de bagazo y chips en las calderas y al uso de enzimas gluco amilasa y alpha amilasa en la fermentación.
- ▶ En el uso se emiten NO_x, CO, COVDM, PM₁₀ y polvo en ese orden de relevancia, y se debe únicamente a la combustión incompleta del biocombustible.

FIGURA 34

CONTRIBUCIONES DE CONTAMINANTES EN CADA ETAPA DEL CICLO DE VIDA DEL MAÍZ



c. Eucalipto

De acuerdo al análisis de el **Cuadro 30** y de la **Figura 35** los contaminantes que mas se generan en la etapa de cultivo del eucalipto son los óxidos de nitrógeno (NO_x), el amoníaco (NH₃), el dióxido de azufre (SO₂), y en menor medida el polvo, el material particulado (PM₁₀) y los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM). Los mismos se originan debido al uso de fertilizantes minerales nitrogenados, pesticidas y en labores agrícolas, en ese orden de relevancia.

En el transporte, eran de esperarse emisiones altas de NO_x, CO, COVDM y SO₂, y más bajas de los demás gases, originados por la combustión incompleta del diesel en las diferentes etapas de transporte en el ciclo.

En el uso se generan altas emisiones de monóxido de carbono CO, óxidos de nitrógeno NO_x, COVDM, polvo y PM₁₀, los cuales se originan por la combustión incompleta del combustible.

CUADRO 30

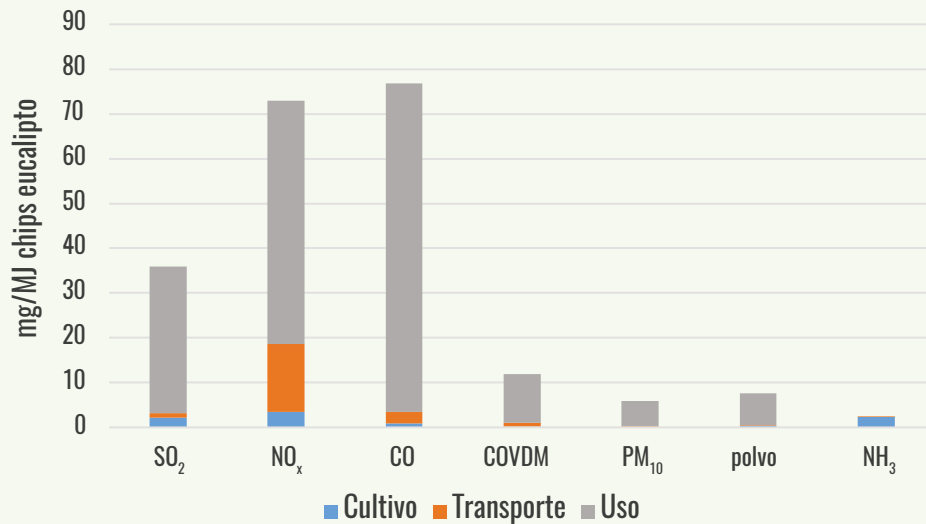
VALORES DE CANTIDAD DE CONTAMINANTES NO GEI EMITIDOS EN EL CICLO DE VIDA DE CHIPS DE EUCALIPTO (MG/MJ CHIPS EUCALIPTO)

	SO ₂	NO _x	CO	COVDM	PM ₁₀	polvo	NH ₃
CULTIVO	2,162	3,4947	0,845	0,137	0,108	0,383	2,372
TRANSPORTE	1,046	15,1507	2,655	0,899	0,147	0,150	0,010
USO	32,652	54,319	73,330	10,864	5,703	7,128	0,000

Fuente: elaboración propia

FIGURA 35

CONTRIBUCIONES DE CONTAMINANTES EN CADA ETAPA DEL CICLO DE VIDA DEL EUCALIPTO



4.4.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

Para este indicador se realizaron las mismas consideraciones de línea base, período de estudio y el mismo registro de datos que los empleados en el indicador 1 para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para los cálculos de las contribuciones de no GEI a lo largo del ciclo de vida de los casos de estudio considerados, se empleó la herramienta proveída por el Instituto de Medio Ambiente y Energía (IFEU) de Heidelberg, diseñada específicamente para los cálculos de los indicadores ambientales 1 y 4.

Resultados

El alcance de los resultados representa las emisiones a nivel nacional y fueron calculados

basados en datos proveídos en entrevistas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Industria y Comercio, EFISA, y una industria del sector de producción de etanol que formaba parte de la mesa multisectorial. Los factores de emisión empleados fueron tomados del informe del IPCC del año 2007, EMEP/EEA (2012), Macedo *et al.* (2004).

El porcentaje de ahorro en las emisiones de dióxido de azufre es el más significativo, comparadas con el petróleo, se presentan más favorables para el caso de etanol a base de maíz zafriña, con un ahorro del 51,04%, contra el 43,43% de ahorro en las emisiones de etanol a base de caña de azúcar de pequeña escala y contra el 28,76% de ahorro en las emisiones de etanol a base de caña de azúcar de gran escala. Así también se obtuvieron reducciones significativas en la cantidad de óxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano. Los demás contaminantes bajo estudio no demuestran una reducción en las emisiones totales comparadas con el petróleo. Así se concluye que el cultivo y el transporte

constituyen etapas claves para reducir las cantidades de emisiones de no GEI en estos casos.

Para el caso de chips de eucalipto se obtuvo que la fase de uso es la más crítica para lograr una disminución de los gases de no efecto invernadero.

Prácticas y políticas para mejorar la sustentabilidad

Si bien el etanol proveniente de los casos de estudio (es decir caña de azúcar PE/MGE y maíz) generan menos emisiones de contaminantes no GEI que en el ciclo de vida que el petróleo, es importante resaltar que la sustentabilidad de las prácticas actuales, sobre todo en producción debe fortalecerse; esto a raíz de que no existe legislación que regule los niveles de contaminantes emitidos en las industrias del sector. Las prácticas de quema se encuentran reguladas por ley en el país, pero esto no asegura que la aplicación de esta práctica se haya dejado en la producción de caña de azúcar a pequeña escala.

Por lo expuesto es necesario que se establezcan los límites de emisiones permisibles para las fuentes fijas y se fortalezca a los profesionales industriales para identificar las mejores tecnologías aplicables a capturar contaminantes y a cómo reducir los mismo a través de investigación e innovación en los procesos industriales que ya se realiza en países de la región. Debido al impacto del transporte a lo largo del ciclo de vida y del uso de maquinarias agrícolas, es imprescindible que se promuevan políticas de incentivos para aquellos que empleen biocombustible o motor flex, y se requiere de inversión en infraestructuras alternativas, como trenes eléctricos para el transporte de la materia prima. Así también a fin de reducir las emisiones, es imprescindible establecer una regulación y control sobre las emisiones en caño de escape, y sobre todo la importación de aquellas maquinarias y camiones que cuenten con más de 10 años.

Para garantizar la sustentabilidad del etanol en su ciclo de vida se recomienda además establecer una política de incentivos a aquellas industrias que cuenten con certificación de sustentabilidad, como por

ejemplo la ISCC (International Sustainability Carbon Certification), reconocida por la Unión Europea. Con esto se fomentaría la certificación sustentable desde los inicios y el mercado global se encontraría abierto a comprar el excedente de etanol a futuro.

Existen también nuevas tecnologías para aumentar el rendimiento de la producción de caña de azúcar y maíz zafriña, y el procesamiento a etanol, las cuales tendrían incidencia positiva, ya que se comercializaría más etanol, pero no hay que descuidar que las mismas indirectamente llevarían a un aumento en la superficie cultivada y esto sin una normativa que controle los impactos sociales, ambientales y económicos con una visión macro, podría afectar seriamente a la sustentabilidad.

Monitoreo del indicador en el futuro

Actualmente los datos necesarios para aplicar los Indicadores de Sustentabilidad de la Bioenergía (ISBE) GBEP son de difícil acceso ya sea porque están en poder de las empresas exclusivamente, están dispersos, o no se hallan sistematizados. Las instituciones públicas no cuentan con la información necesaria suficiente y actualizada, y a nivel nacional no existe un esquema de recepción oficial de datos para dar seguimiento a las contribuciones nacionales de GEI y contaminantes NGEI eficientemente.

Es recomendable establecer un plan de acción en conjunto con el MIC, INFONA, MAG y otros entes para que la provisión de los datos requeridos por los indicadores sean solicitados a las empresas en carácter obligatorio a partir del 2018 para realización de estadísticas y mejorar la precisión y validez de datos de futuros informes. Manteniendo además activa una mesa multi-actores del sector y/o alianzas de otra índole por medio de convenios o de normas, esto permitiría mantener informados a los actores involucrados y hacer entender la utilidad de la información desde la confidencialidad en el manejo de los datos.

Para el monitoreo a futuro es ideal tener en cuenta niveles de variación geográfica en la producción de materia prima. En relación a la producción de materia prima e industrialización, se evidencia la necesidad de incentivar modelos

mejorados de producción para el segmento de pequeña escala, con el fin de aumentar los rendimientos sin incrementar el área de cultivo. Esos modelos mejorados de producción deben promover prácticas sostenibles de manejo de residuos agrícolas. Además de capacitar a productores de todos los segmentos, sobre los efectos de las prácticas de manejo nocivas (por ejemplo efecto de la quema sobre el rendimiento industrial de la caña de azúcar).

Finalmente, serán necesarias acciones colaborativas desde la instancia gubernamental con los productores organizados a fin de lograr mantener una comunicación fluida y sincera sobre las prácticas recomendadas para mantener funcionando el mercado de los biocombustibles en Paraguay al tiempo que se contribuye realmente a la disminución de las emisiones de no GEI.

REFERENCIAS

EMEP/EEA, 2012. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2009 (Update 2012) – 1.A.3.b Road Transport.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Macedo, C.I., Leal, M.R.L.V. y Da Silva, J.E.A.R., 2004. Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel Ethanol in Brazil; Government of the State of Sao Paulo; Secretariat of the Environment José Goldemberg – Secretary; abril 2004.

4.5 INDICADOR 5: USO Y EFICIENCIA DEL AGUA

Rubén Alcides Franco Ibars^{1,2}, Larissa Rejalaga Noguera², Héctor Arsenio Corvalan Pozzo^{1,2}, Lourdes González Soria²

¹ Área Ingeniería Agrícola/FCA – Universidad Nacional de Asunción

² Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (ADIFCA).

DESCRIPCIÓN:

(5.1) Agua extraída de cuencas hídricas determinadas a nivel nacional para la producción y procesamiento de materias primas bioenergéticas, expresada:

(5.1a) como el porcentaje de recursos hídricos renovables reales totales (TARWR, por sus siglas en inglés); y

(5.1b) como el porcentaje de las extracciones de agua anuales totales (TAWW, por sus siglas en inglés) desagregadas en fuentes de agua renovables y no renovables.

(5.2) Volumen de agua extraída de cuencas hídricas determinadas a nivel nacional, usada para la producción y procesamiento de materias primas para bioenergía por unidad de bioenergía producida, desagregado en fuentes de agua renovables y no renovables.

UNIDADES DE MEDICIÓN:

(5.1a) porcentaje;

(5.1b) porcentaje;

(5.2) m³/MJ o m³/kWh; m³/ha o m³/toneladas para la etapa de producción de materia prima si se considera por separado.

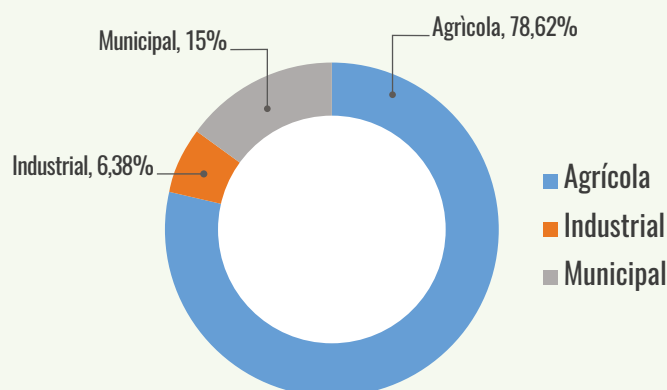
4.5.1 Implementación del indicador 5 en Paraguay

La **Figura 36** muestra la distribución de la extracción de agua por sector para el año 2012, siendo la agricultura la actividad que extrae el mayor porcentaje con 78,62%; seguida por el uso municipal con 15%; y por último el uso industrial con 6,38%. El total de las extracciones de agua anuales (TAWW en inglés) fue de 2 413 millones de m³ (FAO, 2016).

La precipitación media anual en Paraguay es de 1 130 mm, suponen unos 460 km³/año en todo el territorio paraguayo. De este aporte,

FIGURA 36

EXTRACCIÓN DE AGUA POR SECTOR EN PARAGUAY, 2012



Fuente: FAO, 2016

se convierten en Recursos Hídricos Internos Renovables (RHIR) 117 km³/año; por lo que las pérdidas por evapotranspiración y evaporación suponen el 75% de la precipitación. Los RHR totales (TARWR) son 387,8 km³/año. Los RHR subterráneos totales son 41,64 km³/año, los cuales son todos comunes con los RHR superficiales; por lo tanto, la superposición entre agua superficial y agua subterránea se considera del 100% (FAO, 2016). En el Indicador 6 se muestran las principales cuencas afectadas por la producción de etanol.

4.5.2 Resultados claves

Etanol de caña de azúcar

El **Cuadro 4.8** del Indicador 8 presenta la evolución de la producción de caña de azúcar y etanol en el periodo 2005 a 2016.

De acuerdo con información presentada por Villar Vera (2011) existen dos épocas para la implantación de caña de azúcar. La primera en los meses de febrero-marzo y la segunda a partir de julio, pudiendo extenderse hasta octubre.

La caña implantada en la primera época tiene su primer corte en junio del año siguiente; normalmente esta época de implantación es adoptada por los grandes productores, realizando un total de 5 cortes (ver Indicador 1). La segunda época de implantación es utilizada por los pequeños productores y en ocasiones el primer corte se realiza después de más de 20 meses, extendiéndose la época normal de corte desde finales de abril hasta junio.

Según FAO (2016) en el año 2008 el área regada de caña de azúcar era de 53 130 ha; utilizan parcialmente aguas no convencionales, tratándose éstas del agua de efluentes de la industria que se reutiliza en las plantaciones para el riego. Resultados parciales con representantes del sector industrial hacen suponer que el área regada de caña podría ser mucho menor. La **Figura 37a** muestra la precipitación total y cálculo de evapotranspiración del cultivo (ETc) para la caña plantada en marzo (caña planta) con corte en mayo del año siguiente, para esta simulación se usaron datos de marzo del 2015 a mayo del 2016 obtenidos de estaciones

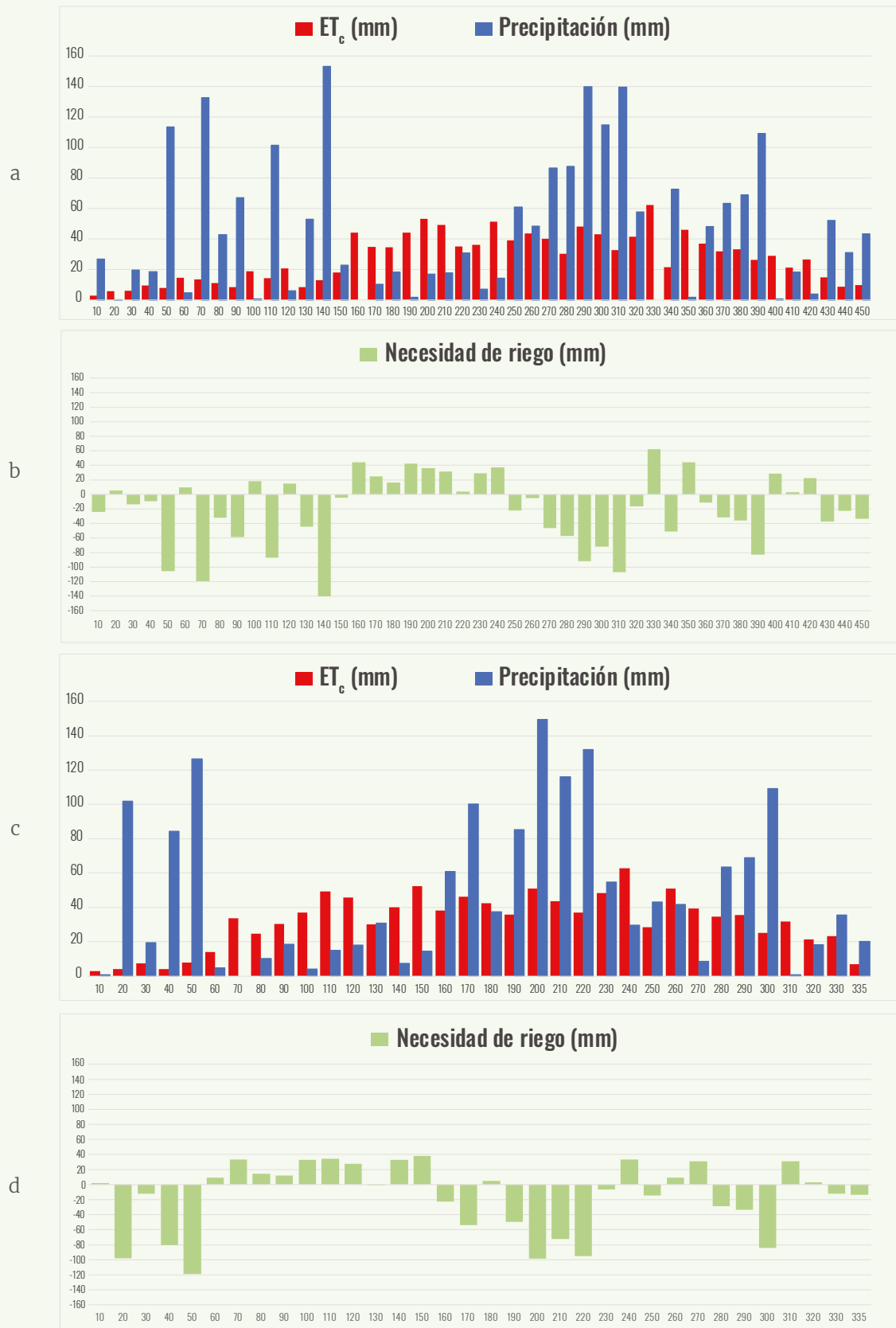
meteorológicas del departamento de Caaguazú, estas estaciones son parte de la red Agroclimate Fecoprod, en este caso se utilizaron datos de evapotranspiración y de precipitación. La sumatoria de ETc para este periodo es de 1 244 mm y la precipitación total de 2 132 mm, esta última no está bien distribuida; por lo que, para facilitar el análisis de datos, los datos diarios fueron agrupados en decenas y fue calculada la necesidad de riego por la diferencia entre ETc y precipitación, valores negativos indican excesos de precipitación y positivos necesidad de riego (**Figura 37b**). Para todo el periodo considerado se calculó una necesidad de riego de 474 mm, representando 38% del ETc. Aun así, se observa que en gran parte del ciclo predominan los excesos, por lo que los requerimientos de riego complementario no son muy elevados y en los casos en que se aplica vinaza es más bien como una fuente de nutrientes (fertirriego); el volumen aplicado es de aproximadamente 150 m³/ha (15 mm). Los valores calculados coinciden con lo expuesto por Monte-Domeq y Báez (2001) que manifiestan que el área de cultivo de caña muestra excesos hídricos en el periodo comprendido entre 1961 y 1999, por lo que gran parte del ETc de la caña de azúcar es cubierta por las precipitaciones.

La **Figura 37c** muestra precipitación total y ETc para la caña soca o tronco, considerando una zafra entre mayo y agosto y un ciclo de 330 días para la siguiente zafra, para esta simulación se usaron datos de junio del 2015 a mayo del 2016 obtenidos de estaciones meteorológicas del departamento de Caaguazú, estas estaciones son parte de la red Agroclimate Fecoprod. Con una ETc de 1 084 mm y una precipitación total de 1 630 mm. Fue calculada la necesidad de riego por la diferencia entre ETc y precipitación (**Figura 37d**). Para todo el periodo considerado se calculó una necesidad de riego de 350 mm, representando 33% de la ETc este déficit se observa entre julio y octubre, normalmente este requerimiento no es satisfecho ya que el cultivo se desarrolla en condiciones de sequo; sin embargo, antes y después de este periodo predominan los excesos.

De acuerdo con Doorenbos & Kassam (1994), rendimientos de caña de azúcar producida en condiciones de sequo en los trópicos

FIGURA 37

PRECIPITACIÓN TOTAL Y ET_c (a), NECESIDAD DE RIEGO (b) PARA CAÑA PLANTADA EN MARZO DEL 2015 (CAÑA PLANTA) CON CORTE EN MAYO DEL 2016. PRECIPITACIÓN TOTAL Y ET_c (c), NECESIDAD DE RIEGO (d) PARA LA CAÑA COSECHADA EN MAYO DEL 2015 (CAÑA SOCA O TRONCO) CON CORTE EN MAYO DEL 2016



Fuente: elaboración propia a partir de datos climáticos Agroclimate Fecoprod/Caaguazú

húmedos varían entre 70 a 100 t/ha; y con riego, rendimientos entre 100 e 150 t/ha. En Paraguay, el rendimiento promedio es inferior a 60 t/ha, aun a nivel de grandes productores el rendimiento promedio no alcanza 100 t/ha, el riego podría ser parte de un paquete tecnológico que permita a los productores incrementar el rendimiento de este cultivo.

El cálculo de evapotranspiración del cultivo (ET_c) se realizó utilizando la expresión $ET_c = ET_o * K_c$, donde ET_o es la evapotranspiración del cultivo de referencia y K_c es el coeficiente de cultivo. Los valores de K_c utilizados fueron de 0,18; 0,74; 1,06 y 0,76; respectivamente, para las cuatro fases del cultivo (Silva *et al.*, 2013).

En cuanto al proceso industrial diversos informes, presentados a la Secretaría del Ambiente (SEAM), estiman la demanda de agua en las plantas de 1 a 1,2 m³/t de caña procesada (Vazquez, 2015; Villalba, 2010). En el análisis de este indicador se considera un valor promedio de 1,1 m³/t.

El Cuadro 31 presenta la superficie de caña destinada al cultivo de caña de azúcar (ver Indicador 8); la cantidad de agua requerida para cubrir ET_c del cultivo; la cantidad de agua utilizada en el proceso industrial; y el % de extracción de agua para uso industrial a partir de los RHR totales. Como ya se mencionó anteriormente, el cultivo de caña no extrae agua para irrigación a partir de los recursos hídricos del país, cuando se realiza irrigación se hace utilizando vinaza con un máximo de 15 mm, en gran parte del área cultivada la provisión de agua es a partir de precipitaciones; aun así, se calculó la necesidad de riego que sería necesaria para complementar la provisión natural.

En cuanto al proceso industrial se puede observar el volumen total utilizado que varía de 1 millón de m³ a poco más de 2 millones de m³; estas cantidades extraídas de las cuencas hídricas en las cuales se encuentran las plantas industriales.

CUADRO 31

AGUA REQUERIDA PARA CUBRIR ET_c DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y PARA SU PROCESAMIENTO INDUSTRIAL

Año	Área de cultivo de caña de azúcar destinada a la producción de etanol (ha)	Agua requerida para cubrir ET_c (m ³) ¹	Necesidad de riego (m ³) ²	Cantidad de caña procesada (t)	Agua extraída para el procesamiento industrial (m ³) ³	Cantidad total de agua (m ³) (ET_c + agua para el procesamiento industrial)
2005	17 606	196 483 406	61 621 140	721 847	794 032	197 277 438
2006	17 674	197 246 527	61 860 470	760 000	836 000	198 082 527
2007	18 914	211 083 588	66 200 050	945 715	1 040 287	212 123 875
2008	20 087	224 173 710	70 305 375	1 245 409	1 369 950	225 543 660
2009	32 816	366 223 770	114 855 125	1 575 156	1 732 672	367 956 442
2010	31 645	353 162 218	110 758 760	1 613 914	1 775 305	354 937 523
2011	34 325	383 071 241	120 138 830	1 750 594	1 925 653	384 996 894
2012	47 198	526 724 546	165 191 390	1 699 112	1 869 023	528 593 569
2013	37 630	419 946 001	131 703 495	1 806 219	1 986 841	421 932 842
2014	32 173	359 050 345	112 605 395	1 737 340	1 911 074	360 961 419
2015	31 635	353 046 042	110 722 325	1 771 557	1 948 713	354 994 755
2016	33 668	375 730 193	117 836 530	1 885 385	2 073 923	377 804 116

¹Para un ciclo de vida de 5 años se consideró un promedio de 1 116 mm/año de ET_c , el riego cuando es aplicado se realiza usando vinaza (hasta 15 mm)

²Lamina promedio necesaria de riego de 350 mm, calculada a partir de simulaciones en la práctica no se aplica (cultivo en condiciones de secano)

³Se consideró 1,1 m³/t de caña procesada

⁴Los RHR totales son 387,8 km³/año

Fuente: elaboración propia

Etanol de maíz

El **Cuadro 51** en el Indicador 8 presenta la evolución de la producción de maíz y etanol en el periodo 2008 a 2016.

La FAO no tiene registros de superficie de maíz irrigado (FAO, 2016); y gran parte se cultiva en secano, existen algunos productores que cuentan con sistemas de riego de tipo pivote central, se estimaba una superficie entre 3 000 a 5 000 ha de cultivos extensivos (soja, maíz entre otros) en el año 2009 (MAG, s.f.); sin embargo, esta superficie se ha incrementado en los últimos años. Aun así, ha sido calculada la evapotranspiración del cultivo para el maíz (ET_c), utilizando la expresión $ET_c = ET_o * K_c$, donde ET_o es la evapotranspiración del cultivo de referencia y K_c es el coeficiente de cultivo. Los valores de ET_o fueron obtenidos de estaciones meteorológicas del departamento de Caaguazú, estas estaciones son parte de la red Agroclimate Fecoprod, los valores de K_c utilizados fueron de 0,76; 0,82; 1,04 y 0,58; para las fases inicial, vegetativa, producción y maduración respectivamente (Souza *et al.*, 2012).

De acuerdo con el IICA (2017) existen dos épocas de siembra de maíz, la primera de agosto a octubre; y la segunda de diciembre a febrero, la mayoría de los productores que utilizan el sistema mecanizado de producción optan por la segunda época de siembra para no competir con la soja; que continua siendo el principal rubro de renta para estos productores. La **Figura 38a** muestra la precipitación total y la evapotranspiración del cultivo para el maíz, para esta simulación se usaron datos de diciembre del 2015 a abril del 2016 obtenidos de estaciones meteorológicas del departamento de Caaguazú; estas estaciones son parte de la red Agroclimate Fecoprod. El ET_c es de 358 mm con una precipitación total de 704 mm, los datos diarios fueron agrupados en decenas y fue calculada la necesidad de riego por la diferencia entre ET_c y precipitación; para todo el periodo considerado se calculó una necesidad de riego de 67,8 mm (18,9% del ET_c). Como se observa en la **Figura 38b**, los valores negativos indican exceso hídrico. La **Figura 38c** muestra una simulación para una siembra en Enero de 2016, con ET_c de 303 mm; y precipitación de 536 mm, se realizó

el mismo cálculo para determinar la necesidad de riego, para este periodo; el resultado fue de 75,8 mm (25% de la ET_c), en la practica el cultivo se desarrolla en condiciones de secano, los resultados son presentados en **Figura 38d**, los valores negativos indican excesos hídricos. Si bien pueden existir años en los que se presentan sequias, la mayoría de las veces predominan los excesos hídricos.

Para los cálculos de cantidad de agua requerida para cubrir el ET_c y necesidad de riego se utilizó la media aritmética de los valores obtenidos en las simulaciones de las dos fechas de siembra.

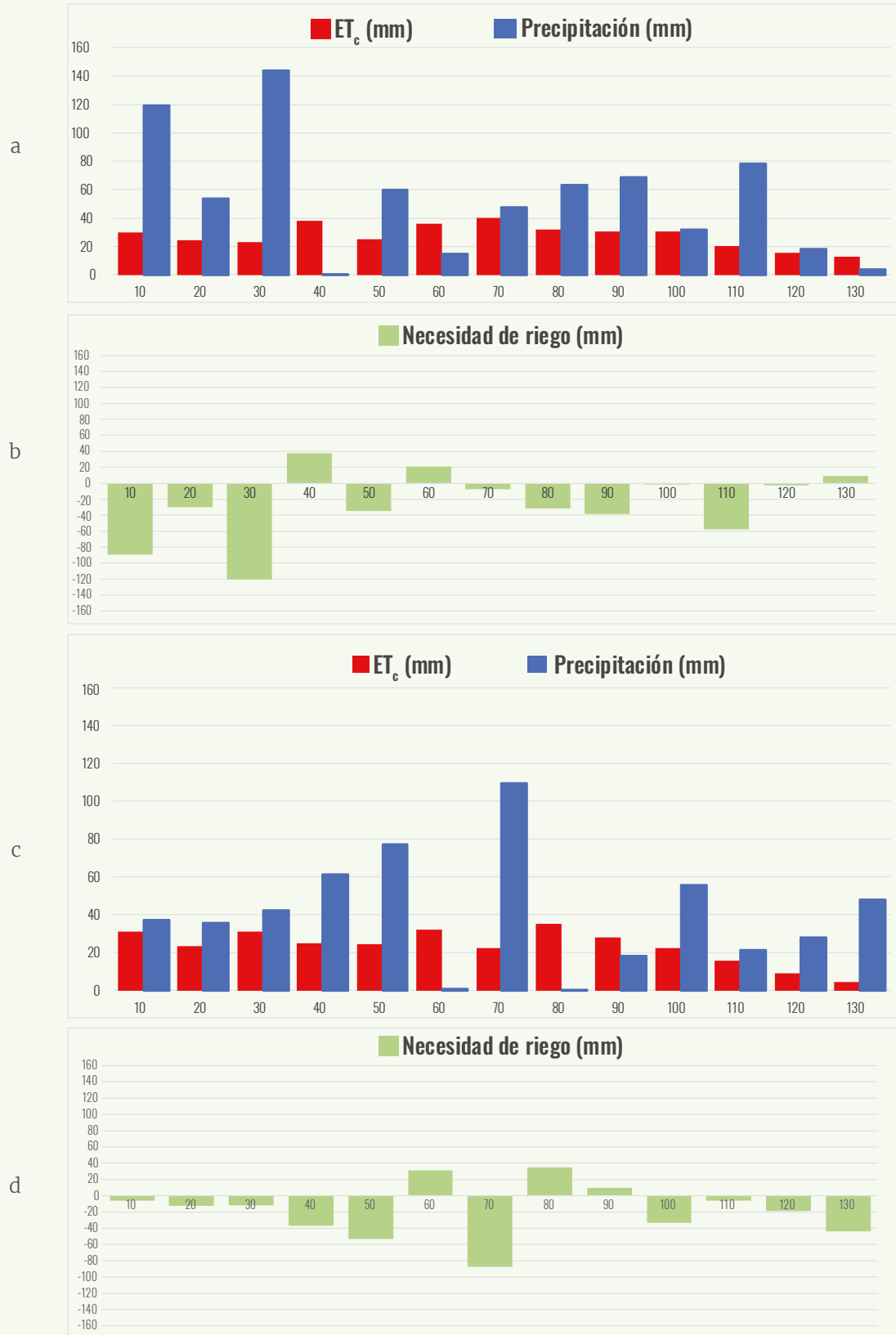
Rabery *et al.* (2012) observaron un incremento de rendimiento de 4,5 t/ha (secano) a 7,4 t/ha con riego complementario en una parcela de maíz ubicada en Santa Rita (Alto Paraná), coincidiendo con diversos estudios en los efectos del uso de la irrigación sobre este cultivo.

En el proceso industrial informes, presentados a la SEAM, indican que si se utiliza el proceso de molienda seca para producir etanol a partir de granos de maíz la demanda es de poco menos de 1m³ de agua por tonelada de maíz procesado (Cáceres, 2017).

El **Cuadro 32** presenta la superficie de maíz destinada a la producción de etanol; la cantidad de agua requerida para cubrir el ET_c ; la necesidad de riego la cantidad de agua utilizada en el proceso industrial; y el % de extracción de agua para uso industrial a partir de los RHR totales. En el año 2009 no existía un área superior a 5 000 ha irrigadas de cultivos intensivos (MAG, s.f.); aunque esa área, según estimaciones, se pudo haber incrementado varias veces; en su mayor parte se utiliza para la producción de semillas. En base a esto, se puede afirmar que los requerimientos hídricos del maíz (ET_c) son cubiertos por las precipitaciones y no se realiza la extracción de agua para riego; aun así, se calculó la necesidad de riego que sería necesaria para complementar la provisión natural. En cuanto al proceso industrial se puede observar el volumen total utilizado; el cual varía con la cantidad de materia prima procesada anualmente alcanzando en el 2016 el volumen de 443,4 mil m³. Estas cantidades son extraídas de las cuencas hídricas en las cuales se encuentran las plantas industriales.

FIGURA 38

**PRECIPITACIÓN TOTAL Y ET_c(a) NECESIDAD DE RIEGO (b) PARA MAÍZ SEMBRADO A MEDIADOS DE DICIEMBRE DE 2015 Y
PRECIPITACIÓN TOTAL Y ET_c(c) NECESIDAD DE RIEGO (d) PARA MAÍZ SEMBRADO EN LA TERCERA SEMANA DE ENERO DE 2016**



Fuente: elaboración propia a partir de datos climáticos Agroclimate Fecoprod/Caaguazú

CUADRO 32
AGUA REQUERIDA PARA CUBRIR EL ET_c DEL MAÍZ Y PARA SU PROCESAMIENTO INDUSTRIAL

Año	Área de cultivo de maíz destinada a la producción de etanol (ha)	Agua requerida para cubrir la ET _c (m ³) ¹	Necesidad de riego (m ³) ²	Cantidad de grano procesado (t)	Agua extraída para procesamiento industrial (m ³) ³	Cantidad total de agua (m ³) (ET _c + agua para el procesamiento industrial)
2008	26 834	88 820 540	19 266 812	77 281	77 281	88 897 821
2009	49 541	163 980 710	35 570 438	118 900	118 900	164 099 610
2010	37 289	123 426 590	26 773 502	145 987	145 987	123 572 577
2011	47 895	158 532 450	34 388 610	187 747	187 747	158 720 197
2012	69 289	229 346 590	49 749 502	214 451	214 451	229 561 041
2013	66 742	220 916 020	47 920 756	266 968	266 968	221 182 988
2014	74 970	248 150 700	53 828 460	299 879	299 879	248 450 579
2015	67 985	225 030 350	48 813 230	356 786	356 786	225 387 136
2016	82 637	273 528 470	59 333 366	443 429	443 429	273 971 899

¹Se considero un promedio de 331 mm/año de ET_c.

² Según simulación 71,8 mm en promedio, en la práctica no se aplica (cultivo en condiciones de secano)

³ Se consideró 1 m³/t de grano procesado

⁴ Los RHR totales son 387,8 km³/año

Fuente: elaboración propia

Los resultados de los indicadores 5.1 y 5.2 son presentados en el **Cuadro 33**. En el análisis de los resultados, puede observarse que el requerimiento total de agua para producir etanol de maíz fue menor que para la producción de caña. El porcentaje de requerimiento de agua (ET_c + uso industrial) para producción de etanol de caña es de 0,097% de los TARWR; y cuando se utiliza maíz como materia prima el valor es de 0,071%, como el riego no es una técnica muy utilizada en gran medida el ET_c es cubierto por las precipitaciones. Los volúmenes de etanol y la cantidad de bioenergía producida fueron mayores al utilizar maíz como materia prima, esto hace que el uso de maíz para la producción de etanol sea más eficiente que la utilización de caña. En la fase industrial se realiza extracción de agua para el procesamiento de materia prima. De nuevo se observa que el uso de maíz para producción de bioenergía es más eficiente, esto se ve reflejado en los subindicadores 5.1a y 5.1b donde la extracción de agua para procesamiento de maíz como materia prima fue de 0,00011% de TARWR y 0,0184% de TAWW; cuando se utilizó caña los valores fueron de 0,00054% y 0,086%, respectivamente. Si se analiza el subindicador

5.2; puede observarse que el etanol producido a partir de maíz utiliza menor volumen de agua extraída por unidad de energía (0,00014 m³/MJ), comparada con 0,00080 m³/MJ en el caso de la caña. Por otra parte, el requerimiento de agua (ET_c + uso industrial) por unidad de energía; en el caso del maíz es 0,084 m³/MJ; y la cantidad prácticamente se duplica al considerar el etanol producido a partir de caña de azúcar (0,146 m³/MJ).

CUADRO 33

USO DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR Y DE MAÍZ EN PARAGUAY, 2016

Parámetro	Producción de etanol a partir de caña de azúcar	Producción de etanol a partir de maíz
TARWR EN PARAGUAY (km ³ /AÑO)*	387,8	387,8
AGUA REQUERIDA PARA EL CULTIVO DE MATERIA PRIMA (m ³ /ha/año)	11 160	3 310
ÁREA CON CULTIVO DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE ETANOL (ha)	33 668	82 637
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA EL CULTIVO DE MATERIA PRIMA (m ³)	375 730 193	273 528 470
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA EL CULTIVO DE MATERIA PRIMA (km ³)	0,375730193	0,273528470
AGUA REQUERIDA (m ³) PARA PROCESAR 1 T DE MATERIA PRIMA	1,1	1
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA PROCESAR LA MATERIA PRIMA ¹ (m ³)	2 073 923	443 429
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA PROCESAR LA MATERIA PRIMA (km ³)	0,002073923	0,000443429
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA CULTIVAR Y PROCESAR LA MATERIA PRIMA (m ³)	377 804 116	273 971 899
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA CULTIVAR Y PROCESAR LA MATERIA PRIMA (km ³)	0,377804116	0,273971899
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA CULTIVAR Y PROCESAR LA MATERIA PRIMA (ET _c + AGUA POR EL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL) AS % TARWR	0,097	0,071
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA CULTIVAR Y PROCESAR LA MATERIA PRIMA (ET _c + AGUA POR EL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL) POR UNIDAD DE ENERGÍA (m ³ /MJ)	0,14611	0,08366
INDICADOR 5.1A (% TARWR)*	0,00054	0,00011
INDICADOR 5.1B (% TAWW)*	0,0860	0,0184
PRODUCCIÓN TOTAL DE ETANOL (L)	122 550 000	155 200 000
PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA (MJ)	2 585 805 000	3 274 720 000
INDICADOR 5.2 (m ³ /MJ)*	0,00080	0,00014

¹ Agua extraída de las cuencas hídricas

* Solo fue considerada la extracción para procesar la materia prima

Biomasa

Según INFONA (2016); se tienen en total monitoreadas una cobertura de plantaciones forestales de 122 452 ha, de las cuales el 90% de las especies utilizadas corresponden a *Eucalyptus* spp., mientras que el 10% se distribuyen entre otras especies exóticas y nativas; y no están discriminadas por los objetivos de plantación (energéticos y maderables).

Las plantas se producen en viveros y posteriormente son llevadas al campo, normalmente esta operación se realiza en épocas lluviosas, evitando los meses de calor extremo, para minimizar el número de plantas perdidas en la operación; no se tienen datos de riego para plantaciones forestales una vez que las plantas son llevadas a su lugar definitivo. En la etapa de vivero Silva *et al.* (2015) recomiendan la aplicación de una lámina de 11 mm/día, de

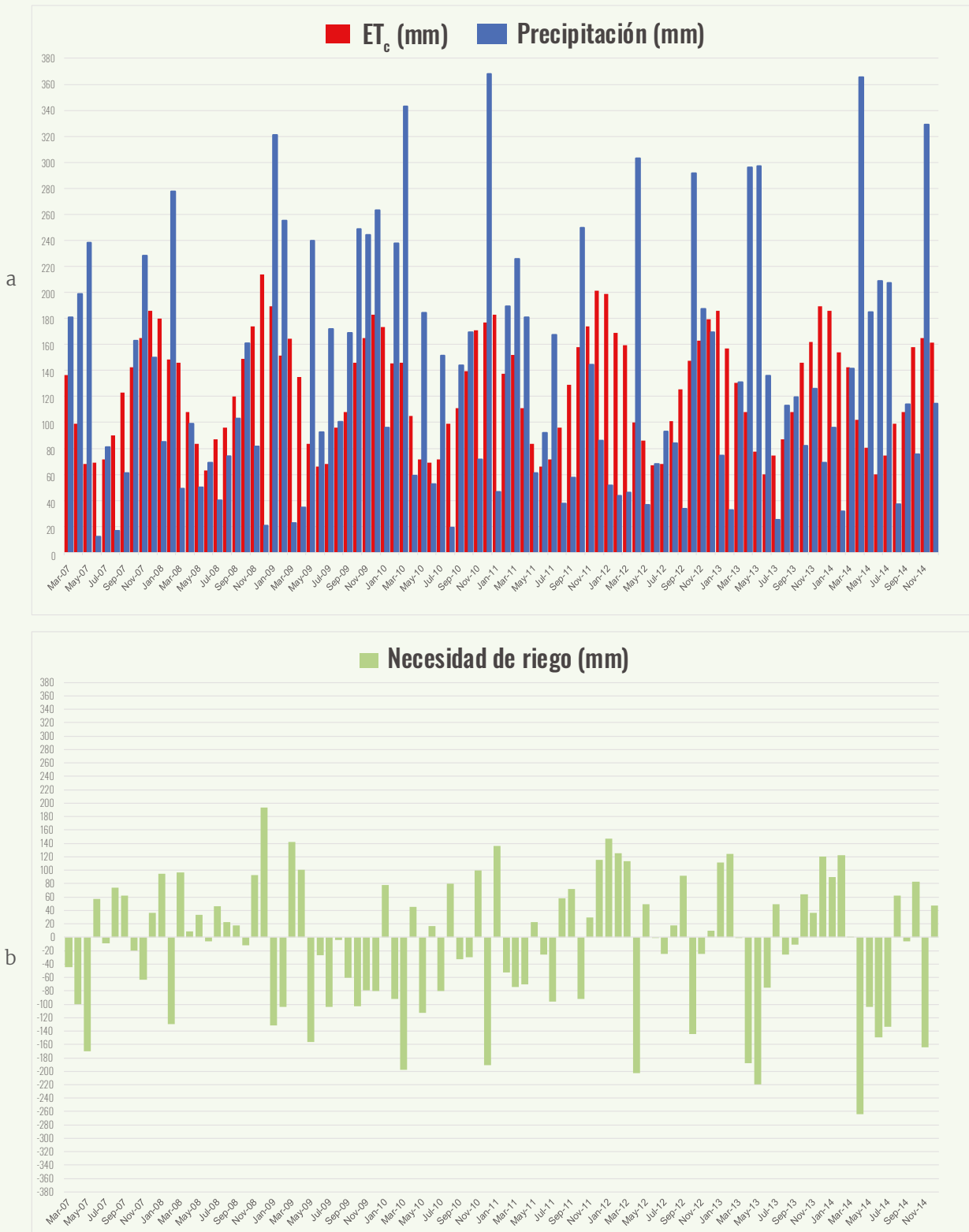
acuerdo con la FAO (1981) por cada 1 000 plantas en vivero se aplican de 55 a 70 L/día; lo que equivale a una lámina de entre 13 y 17 mm. El ciclo de producción es en promedio de 7 años. La tendencia es la utilización de clones y no se realiza riego de estas plantaciones, se verifica un crecimiento de 25 a 30 m³/ha por año (ADIFCA, 2017).

Para el cálculo de la cantidad de agua utilizada en viveros se consideró que la lámina recomendada por Silva *et al.* (2015) equivale a 60 L/día para 1 300 plantas, cantidad promedio de plantas/ha para producción de biomasa con fines energéticos. Después de 120–150 días estas plantas están listas ser llevadas al campo.

Para realizar el cálculo de ET_c se utilizó la ecuación ET_c=ET_o*K_c, en este caso, debido a que los datos de las estaciones meteorológicas de la red Agroclimate Fecoprod no cubrían los 7 años

FIGURA 39

ET_c DEL EUCALIPTO Y PRECIPITACIÓN (P) PARA CAAZAPÁ PARA EL PERIODO DE MARZO DEL 2007 A DICIEMBRE DE 2014
(a). BALANCE MENSUAL ENTRE ET_c Y P PARA EL EUCALIPTO, PARA EL PERIODO MARZO 2007 A NOVIEMBRE 2014 (b)



Fuente: elaboración propia a partir de datos climáticos: DINAC/Caazapá

necesarios para la producción de biomasa; se utilizaron datos de la DINAC, específicamente datos de temperatura promedio: máxima, mínima y media por mes para calcular la ETo por el método de Hargreaves; y datos de precipitación entre los años 2007 a 2014 correspondientes a la estación de Caazapá por encontrarse en una región con numerosas plantaciones forestales. El valor de Kc utilizado fue de 1 propuesto por Dohler (2014) y Rébora (2007). La **Figura 39a** presenta los valores anuales de ETc y precipitación para Caazapá para el periodo comprendido entre marzo del 2007 y diciembre del 2014 (7 años); predominan los excesos y en el balance total (2007-2014) se obtuvieron los siguientes valores: 11 851 mm y 12 850 mm, para ETc y precipitación, respectivamente. Si bien predominan los excesos hídricos, las precipitaciones no están bien distribuidas; la diferencia entre ETc y P puede ser observada en la **Figura 39b**, valores negativos corresponden a excesos hídricos, estos en parte

son aprovechados ya que se debe considerar la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Al no ser el eucalipto una especie nativa se deben tener en cuenta los potenciales efectos sobre la hidrología de las cuencas; de acuerdo con Poore y Fries (1987), en condiciones de sequía la transpiración de estas plantas puede presentar altas tasas afectando de esta manera la producción de agua de la cuenca; si bien hay un predominio de periodos con excesos hídricos este punto no debería dejar de considerarse.

El procesamiento de Eucaliptus en astillas (pellets) no requiere el uso de agua. De acuerdo con el Indicador 18 una tonelada de madera de Eucaliptus, produce una tonelada de pellets (chips). La ETc promedio es de 1 693 mm/año. De acuerdo con el Indicador 3 la materia prima proveniente de las plantaciones forestales sería aproximadamente entre 6,75 y 8,1 t/ha por año, en base a estos valores el **Cuadro 34** presenta los cálculos para los sub-Indicadores 5.1 y 5.2.

CUADRO 34

USO DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA A PARTIR DE PLANTACIONES FORESTALES EN PARAGUAY, 2016

Parámetro	Biomasa a partir de plantaciones forestales (2016)
TARWR EN PARAGUAY (km ³ /año)*	387,8
AGUA EXTRAÍDA EN LA FASE DE VIVERO (m ³ /ha/año)	8,1
AGUA REQUERIDA PARA EL CULTIVO DE MATERIA PRIMA (m ³ /ha/año) A CAMPO	16 930
ÁREA CON CULTIVO DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE ETANOL (ha)	122 452
TOTAL DE AGUA UTILIZADA EN FASE DE VIVERO (m ³)	991 861
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA EL CULTIVO DE MATERIA PRIMA (m ³) A CAMPO	2 073 105 588
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA EL CULTIVO DE MATERIA PRIMA (km ³) A CAMPO	2,0731
AGUA REQUERIDA (m ³) PARA PROCESAR 1 T DE MATERIA PRIMA	-
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA PROCESAR LA MATERIA PRIMA (m ³)	-
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA PROCESAR LA MATERIA PRIMA (km ³)	-
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA CULTIVAR Y PROCESAR LA MATERIA PRIMA (m ³)	2 074 097 449
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA CULTIVAR Y PROCESAR LA MATERIA PRIMA (km ³)	2,0741
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA CULTIVAR Y PROCESAR LA MATERIA PRIMA (ETc+ AGUA UTILIZADA EN EL VIVERO) AS % TARWR	0,535%
REQUERIMIENTO TOTAL DE AGUA PARA CULTIVAR Y PROCESAR LA MATERIA PRIMA (ETc+ AGUA POR EL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL) POR UNIDAD DE ENERGÍA (m ³ /MJ)	0,10858
INDICADOR 5.1A (% TARWR)*	0,00026%
INDICADOR 5.1B (% TAWW)*	0,041%
PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA (MJ)	19 093 265 730
INDICADOR 5.2 (m ³ /MJ)	0,109

*Considerando solo la cantidad de agua extraída en fase vivero

4.5.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

En relación al uso del agua para la producción de materia prima para etanol, tanto la caña de azúcar como el maíz, se ha evidenciado que en la mayor parte del área cultivada no se utiliza riego, pues ambos cultivos tienen sus principales áreas de producción en la región oriental del Paraguay donde predominan los excesos hídricos, grandes productores de caña de azúcar utilizan la vinaza (fertirriego); aun con esta situación se han realizado simulaciones para ET_c de la caña de azúcar y del maíz, a partir de datos de estaciones meteorológicas, en las que se observó una necesidad de riego complementario.

En cuanto al área de producción de biomasa se observó la predominancia de excesos hídricos en el periodo y áreas considerados para este estudio, por lo que las plantaciones (en su mayoría de eucalipto) no son regadas, para el ET_c del Eucalipto se tomaron datos de las estaciones meteorológicas de la DINAC. En la etapa de producción de mudas, en los viveros forestales, se aplica riego, por cada 1 300 mudas se consideró una cantidad de 60 L/día.

Resultados

El porcentaje de requerimiento de agua (ET_c + uso industrial) para producción de etanol de caña es de 0,097% de los TARWR; cuando se utiliza maíz como materia prima el valor es de 0,071%, como el riego no es una técnica muy utilizada en gran medida el ET_c es cubierto por las precipitaciones. Los cultivos utilizados como materia prima para etanol no son regados, siendo cubierta el ET_c de los mismos por medio de las precipitaciones. Como consecuencia, en cuanto al Indicador 5.1, el agua extraída de las cuencas hídricas corresponde solo al agua usada para el procesamiento de la materia prima; y es de 0,0005 y 0,0001% de los RHR totales y 0,08595 y 0,01838% de las TAWW, para etanol de caña de azúcar y de maíz, respectivamente.

Al analizar el subindicador 5.2; puede observarse que el etanol producido a partir de maíz utiliza menor volumen de agua extraída por

unidad de energía (0,00014 m^3/MJ), comparada con 0,00080 m^3/MJ en el caso de la caña. Por otra parte, el requerimiento de agua (ET_c + uso industrial) por unidad de energía en el caso del maíz es 0,084 m^3/MJ ; y la cantidad prácticamente se duplica al considerar el etanol producido a partir de caña de azúcar (0,146 m^3/MJ). En base a estos resultados se puede decir que producir bioenergía a partir de maíz es más eficiente en el uso del agua.

Con relación a la biomasa las plantaciones utilizan agua en su fase inicial, durante la etapa de producción de mudas, esta agua es extraída de las cuencas hídricas. Terminada esta etapa el riego no es utilizado y durante un periodo de aproximadamente 7 años dependen de las precipitaciones para la provisión de agua. En la etapa industrial no se utiliza agua. La suma del agua utilizada para el riego en viveros y de ET_c en el campo representa 0,535% de los TARWR. Al considerar los subindicadores 5.1a y 5.1b solo se consideró el agua extraída para el riego en los viveros con valores de 0,00026% y 0,041% de TARWR y TAWW, respectivamente. En relación con subindicador 5.2 el valor obtenido fue de 0,109 m^3/MJ , este valor incluye el agua de ET_c .

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

El rendimiento promedio de la caña de azúcar presenta, aun, niveles relativamente bajos; el riego es una alternativa para implementar dicho rendimiento, el maíz es un cultivo que presenta una buena respuesta al uso del riego, en ambos casos la aplicación de esta técnica debe realizarse utilizando sistemas con alta eficiencia de manera a evitar la lixiviación de nutrientes. El uso del riego debería darse como parte de un paquete tecnológico para aumentar el rendimiento de los cultivos.

En base a estos resultados, se puede decir que producir bioenergía a partir de maíz es más eficiente en el uso del agua, por cada unidad de volumen de agua utilizada la cantidad de bioenergía producida prácticamente se duplica al usar maíz como materia prima. Por otro lado, el uso del maíz permite usar el suelo para otros cultivos ya que su ciclo es mucho más corto que el de la caña de azúcar.

Respecto al uso industrial se recomienda la cuantificación del uso de agua y aplicar técnicas que reduzcan su uso por debajo de 1 m³/t de materia prima procesada.

Si bien las plantaciones de eucalipto no son regadas, es recomendable realizar estudios sobre el efecto de estas plantaciones sobre las cuencas hídricas ya que es una especie no nativa; y no se cuentan con estudios nacionales sobre el tema.

Monitoreo del indicador en el futuro

Las estadísticas públicas disponibles presentan muchos vacíos; por ejemplo, superficie regada

por cultivos, esta información podría ser incluida en la “Síntesis estadísticas” de la producción agropecuaria del MAG. La región oriental del Paraguay posee una extensa red hidrográfica; sin embargo, no se ha encontrado información sistematizada sobre los caudales de los principales ríos, de modo a poder cuantificar la extracción de agua por cuenca, esta información es de interés para diversas instituciones por lo que un plan de monitoreo podría incluir a universidades, la DINAC, la SEAM, el MOPC, el MAG, entre otras instituciones; el plan de monitoreo debería contemplar el fácil acceso a la información e inclusive en tiempo real.

REFERENCIAS

- ADIFCA**, 2017. Entrevistas con Ing. For. Vera, O. y Benitez, E de la Carrera de Ingeniería Forestal de la FCA/UNA. Entrevistas con los responsables del procesamiento industrial de la materia prima. Fecha de aplicación de la encuesta: abril 2017.
- AgroClimate Fecoprod sitio web**. Disponible en: <http://fecoprod.agroclimate.org/>
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. y Smith, M.**, 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56, FAO, Rome.
- Álvarez, M.C.**, 2014. Disponibilidad hídrica del Paraguay. Instituto Desarrollo, Asunción. Disponible en: <http://desarrollo.org.py/admin/pdf/publications/30-09-2015-10-39-22-840620127.pdf>
- Bohn, E.**, 2009. Tablero de comando: Para la promoción de los biocombustibles en Paraguay. CEPAL/GTZ, Santiago de Chile.
- Cáceres, M.**, 2017. Relatoría de Impacto Ambiental. RIMA. Complejo Agroindustrial. Instalación de planta productora de alcohol a partir de maíz – sorgo. Disponible en: http://www.seam.gov.py/sites/default/files/users/control/2357_raquel.c.pdf
- Da Silva, V.P.R., Da Silva, B.B., Albuquerque, W.G., Borges, C.J.R., Sousa, I.F. y Dantas N.**, 2013. Crop coefficient, water requirements, yield and water use efficiency of sugarcane growth in Brazil. *Agricultural Water Management*, v.128, p.102–109.
- Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos Anuario estadístico (DGEEC) sitio web**. Disponible en: <http://www.dgeec.gov.py/Publicaciones/Biblioteca>
- Dirección Nacional de Aeronáutica Civil sitio web**. Dirección de meteorología e Hidrología. Disponible en: <http://www.meteorologia.gov.py/>
- Dohler, R.E.**, 2014. Análise temporal da necessidade de irrigação para o eucalyptus grandis no município de São Mateus – ES (en línea). Disponible en: http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Rafael_Esteves_Dohler.pdf (Acceso: 28 de marzo de 2018)
- Doorenbos, J. y Kassam, A.H.**, 1994. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB. 306p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33
- FAO**, 1981. El eucalipto en la repoblación forestal sitio web. Colección FAO: Montes. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/AC459S/AC459S08.htm>
- FAO**, 2016. AQUASTAT sitio web. Food and Agriculture Organization of the United Nations

- (FAO). Sistema de Información global sobre el agua. Disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm> (Acceso: 28 de marzo de 2018)
- IICA**, 2017. El Observatorio: Maíz. Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/maiz.htm> (Acceso: junio 2017)
- INFONA**, 2016. Balance Anual de Gestión Pública. Presupuesto por Resultado Año 2016. San Lorenzo (Paraguay).
- Lovera, L.**, 2011. Estado del Arte y Novedades de la Bioenergía en el Paraguay. FAO/Oficina Regional Para América Latina Y El Caribe, Asunción.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG-Paraguay)**, s.f. Síntesis estadística. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/index-b-nuevo.php?pag=sintesis-estadistica.html>
- Ministerio de Industria y Comercio (MIC-Paraguay) sitio web**. Disponible en: <http://www.mic.gov.py/mic/site/inicio.php>.
- Monte-Domeq, R y Báez, J.**, 2001. Variación espacial de los excesos en el Paraguay. Disponible en: http://www.agua.org.py/images/stories/biblioteca/humedales/roger-monte-domecq_variacin-espacial-de-los-excesos-y-dficits-hdricos-en-el-paraguay.pdf
- Poore, M.E.D. y Fries, C.**, 1987. Efectos ecológicos de los eucaliptos. Estudio FAO Montes 59, Roma. 106 pp.
- Rabery, S., Franco, R. y Enciso, V.**, 2012. "Evaluación Económica de la Aplicación de Riego Complementario en Cultivos Extensivos Comerciales". Cultivos de soja y maíz. INBIO/FCA.
- Rébori, M.G.**, 2007. Sensibilidad de ecuaciones de evapotranspiración en la estimación de los consumos de agua de *Eucalyptus dunnii*. Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 237-244.
- Silva, C.R.A., Ribeiro, A., Oliveira, A.S., Klippel, V.H. y Barbosa, R.L.P.**, 2015. Desenvolvimento biométrico de mudas de eucalipto sob diferentes lâminas de irrigação na fase de crescimento. Pesquisa Florestal Brasileira, 35 (84): 381-390.
- Souza, A.P, Lima, M.E. y Carvalho, D.F.**, 2012. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza, usando lisímetros de pesagem. Revista Agrária (Recife. Online), v. 7, p. 142-149.
- Vazquez Romero, M.**, 2015. M. Producción de alcohol carburante. Disponible en: http://www.seam.gov.py/sites/default/files/users/control/alpasa_sapu%26para_marlene.pdf
- Villalba, R.** 2010. Relatoría de impacto ambiental planta industrial acoholera cooperativa de producción agroindustrial y de servicios coronel oviedo limitada. Disponible en: http://www.seam.gov.py/sites/default/files/users/control/coop.cnel_oviedo_r.villalba.pdf
- Villar Vera, L.**, 2011. Cultivo de caña de azúcar. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Educación Agraria. Agricultura II. Disponible en: <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/detail/Cultivo+de+Ca%C3%B1a+de+Az%C3%BAcar-1.pdf>

4.6 INDICADOR 6: CALIDAD DEL AGUA

Rubén Alcides Franco Ibars^{1,2}, Larissa Rejalaga Noguera², Héctor Arsenio Corvalan Pozzo^{1,2}, Lourdes González Soria²

¹Área Ingeniería Agrícola/FCA – Universidad Nacional de Asunción

²Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (ADIFCA).

DESCRIPCIÓN:

(6.1) Cantidad de contaminantes que entran en las vías fluviales y otras aguas, atribuibles a la aplicación de fertilizantes y pesticidas para el cultivo de materias primas para bioenergía, y expresadas como el porcentaje sobre las cantidades de contaminantes procedentes de los efluentes totales de la producción agrícola en la cuenca hidrológica.

(6.2) Cantidad de contaminantes que entran en las vías fluviales y otras aguas, atribuibles a los efluentes de procesamiento de bioenergía, y expresadas como porcentaje de cantidades de contaminantes totales de los efluentes del procesamiento agrícola en la cuenca hidrológica.

UNIDADES DE MEDICIÓN:

(6.1) Las cargas anuales de nitrógeno (N) y fósforo (P) provenientes de cargas de ingrediente activo de fertilizantes y plaguicidas atribuibles a la producción de materia prima bioenergética (por área de cuenca hidrológica):

- ▶ en kg de N, P e ingrediente activo por ha por año;
- ▶ como porcentaje de las cargas totales de N, P y de ingrediente activo de plaguicida proveniente de la agricultura.

(6.2) Cantidades contaminantes atribuibles a los efluentes de procesamiento de bioenergía:

- ▶ Niveles de contaminante en los efluentes producto del procesamiento de bioenergía en mg/L (para las concentraciones de contaminantes y la demanda de oxígeno biológica y químico – DOB y DOQ), y (si

también se mide) °C (para la temperatura),
μS/m (para la conductividad eléctrica) y pH.

- ▶ Cargas contaminantes totales anuales en kg/año o (QPS área de cuenca hidrológica) en kg/ha/año.
- ▶ Como un porcentaje de las cargas contaminantes totales provenientes del procesamiento agrícola en la cuenca hidrológica

4.6.1 Implementación del indicador 6 en Paraguay

En general la información científica o técnica referente a la calidad de las aguas superficiales o subterráneas en Paraguay es escasa. Sin embargo se compiló la información e inclusive se realizaron análisis en el marco de este proyecto.

En el caso de las plantaciones de materia prima, caña de azúcar y maíz, el manejo se realiza en forma convencional, por lo que el uso de fertilizantes minerales y de defensivos químicos es amplio.

La precipitación media anual en Paraguay es de 1 130 mm (FAO, 2016), y las principales zonas de producción presentan precipitación media anual superior aún, por lo que existe riesgo de que ocurra lixiviación de nutrientes y defensivos hacia las aguas subterráneas (Ongley, 1997).

En relación al marco legal de calidad de agua en la Constitución Nacional de la República de Paraguay (1992) expresa en su artículo 7 “Toda persona tiene derecho a habitar en un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado” y en el artículo 8 lo siguiente “Las actividades susceptibles de producir alteración ambiental serán reguladas por la ley”, además se cuenta con la Ley 3239/2007 de los Recursos Hídricos del Paraguay establece que será prioritario el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales y subterráneos para consumo humano. Los demás usos y aprovechamiento seguirán el siguiente orden de prioridad: a) Satisfacción de las necesidades de los ecosistemas acuáticos, b) Uso social en el ambiente del hogar, c) Uso y aprovechamiento para actividades agropecuarias, incluida la acuicultura, d) Uso y aprovechamiento para generación de energía, e) Uso y aprovechamiento para actividades industriales, y f) Uso y

aprovechamiento para otros tipos de actividades. Cada tipo de uso y aprovechamiento demandará un tipo de calidad de agua diferente.

La SEAM (2002) establece un padrón de calidad de agua en su resolución 222/02, en dicha resolución se establecen 4 clases de aguas según sus usos. La clase 1: aguas destinadas a los abastecimientos domésticos después del tratamiento simplificado; la clase 2: aguas

destinadas para abastecimiento doméstico después de los tratamientos convencionales; la clase 3: aguas destinadas para abastecimiento doméstico, después del tratamiento especial; y finalmente la clase 4: aguas destinadas para la navegación. El Cuadro 35 presenta valores límites, establecidos por la SEAM en la resolución 222/02, para algunas características físico-químicas del agua y efluentes.

CUADRO 35

LIMITES DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO/QUÍMICAS Y COMPUESTOS PRESENTES EN EL AGUA Y EFLUENTES DE ACUERDO CON LA RESOLUCIÓN 222/02 DE LA SEAM

Características y compuestos	Clases de agua según su uso				Efluentes
	1	2	3	4	
DBO ¹ (mg/L)	3	5	10		50
DQO ² (mg/L)					<150
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	5-9
SDT ³	500				
FÓSFORO TOTAL (mg/L)	0,025	0,05			4
NITRITOS (mg/L)	1	1	1		
NITRATOS (mg/L)	10	10	10		
NITRÓGENO TOTAL	0,3	0,6			40
GLIFOSATO(mg/L)	0,7				
SIMAZIMA (mg/L)	0,004				
ATRAZINA (mg/L)	0,003				

¹Demanda bioquímica de oxígeno, ²demanda química de oxígeno, ³sólidos disueltos totales

Fuente: SEAM, 2002

En relación al uso fertilizantes, herbicidas e insecticidas el Cuadro 36 presenta la cantidad de fertilizantes, herbicidas e insecticidas importados del año 2012 a 2016, lastimosamente

estos datos no se encuentran discriminados por cultivo, se tomaron como base datos del servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE).

CUADRO 36

TONELADAS DE FERTILIZANTES, HERBICIDAS E INSECTICIDAS IMPORTADOS A PARAGUAY EN EL PERIODO 2012-2016

	2012	2013	2014	2015	2016
FERTILIZANTES	653 907	814 926	941 247	791 375	794 940
HERBICIDAS	22 292	32 436	31 269	33 574	29 580
INSECTICIDAS	8 520	8 200	5 720	7 085	6 404

Fuente: SENAVE, 2017

En el **Cuadro 37** son observados datos proporcionados por el Banco Mundial (2018) sobre la cantidad de fertilizantes utilizados en Paraguay por unidad de superficie, en este caso

hectáreas de tierra cultivable, para el periodo 2010-2015, alcanzando en los dos últimos años un promedio de más de 100 kg/ha

CUADRO 37

CONSUMO DE FERTILIZANTES POR UNIDAD DE SUPERFICIE DE TIERRA CULTIVABLE EN PARAGUAY EN EL PERIODO 2010-2015

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
CONSUMO DE FERTILIZANTE (kg/ha)	82,1	97,6	83,2	94,6	105,3	97,6

Fuente: Banco Mundial, 2018

Para el alcance de este estudio el efluente líquido de la producción de etanol (vinaza) es usado para fertirriego o derivado hacia plantas de tratamiento. De acuerdo con informaciones proporcionadas por los responsables del procesamiento industrial la relación entre etanol y vinaza varía de 1:10 a 1:15, quedando aún pendientes de visitar algunas industrias.

Morandini (2009) en la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) afirman que la vinaza, cuando es aplicada por aspersión, puede ser utilizada pura o diluida

(hasta una proporción 1:30). Los citados autores recomiendan la aplicación de hasta 150 m³/ha (15 mm) de vinaza concentrada, dicha dosis no afectaría el potencial productivo de caña de azúcar.

El **Cuadro 38** presenta datos de propiedades físico químicas de la vinaza, se pueden observar características generales de la vinaza presentadas por Prada *et al.* (1998) y datos proporcionados por Petróleos Paraguayos (Petropar, 2011).

CUADRO 38

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LA VINAZA

	Prada <i>et al.</i> (1998)	Petropar (2011)
pH	3,7-4,6	SD*
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	SD*	44 000 μS/cm
DBO	6 000-16 500 mgO ₂ /L	SD*
DQO	15 000-33 000 mgO ₂ /L	25 000-30 000 ppm
ST	23 700 mg/L	SD*
MATERIA ORGÁNICA	19 500 mg/L	SD*

*SD=Sin Datos

De acuerdo a datos proporcionados por Petropar la vinaza posee en promedio una conductividad eléctrica de 44 000 μS/cm, equivalente a unos 28 200 mg/L o 28,2 kg/m³ si consideramos el aporte sólidos.

No se debe olvidar que la vinaza tiene un alto poder contaminante y alto valor fertilizante. El poder contaminante, cerca de 100 veces mayor que el efluente doméstico, se origina

en su riqueza en materia orgánica, bajo pH, elevada corrosividad y altos índices de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (Freire y Cortes, 2000). De acuerdo con Korndörfer y Anderson (1997) 150 m³ de vinaza aportan una interesante cantidad de nutrientes y materia orgánica, que pueden ser observados en el **Cuadro 39**.

CUADRO 39

APORTE POR HA DE 150 m³ DE VINAZA

Elemento	Adición por 150 m ³ de vinaza
MATERIA ORGÁNICA	4 800
POTASIO (K ₂ O)	412
NITRÓGENO (N)	61
CALCIO (CaO)	152
AZUFRE (SO ₄)	240

Fuente: Korndörfer y Anderson, 1997

4.6.2 Resultados claves

La **Figura 40a** presenta las principales zonas de producción de soja y maíz, siendo las principales zonas de producción el este de Canindeyú, Alto Paraná, este de Caaguazú, noreste de Caazapá y norte de Itapúa. La **Figura 40b** muestra las cuencas de la región oriental en consecuencia es posible observar que la producción de maíz afecta las cuencas de los ríos Piraty'y, Carapá, Itambey, Limoy, Acaray, Monday, Ñacunday, Tembey. No se obtuvieron informes detallados sobre la calidad de agua de estas cuencas.

El maíz es un cultivo altamente mecanizado, medianos y grandes productores realizan la siembra de maíz zafriña, tipo karape pytã e híbridos de gran rendimiento, utilizados para la agroindustria o la elaboración de forrajes (IICA, 2017), según la fertilidad del suelo se recomienda la aplicación de fertilizantes minerales y para combatir el ataque de plagas se utilizan diversos tipos de defensivos (cura semillas, insecticidas, herbicidas, entre otros), el detalle de los productos normalmente utilizados puede encontrarse en el indicador 1.

En el caso de las plantaciones de materia prima, caña de azúcar y maíz, el manejo se realiza en forma convencional, por lo que el uso de fertilizantes minerales y de defensivos químicos es amplio (ADIFCA, 2017). La misma fuente indica que la ubicación de las plantas industriales y las áreas de producción es muy estrecha por lo que las mismas cuencas afectadas por la producción de materia prima lo son también por el procesamiento de la misma. Para el presente estudio se ha puesto énfasis en

las plantas industriales y áreas de producción ubicadas en las cuencas de los ríos Tebicuary-mi, Monday y, Itambey y Paray

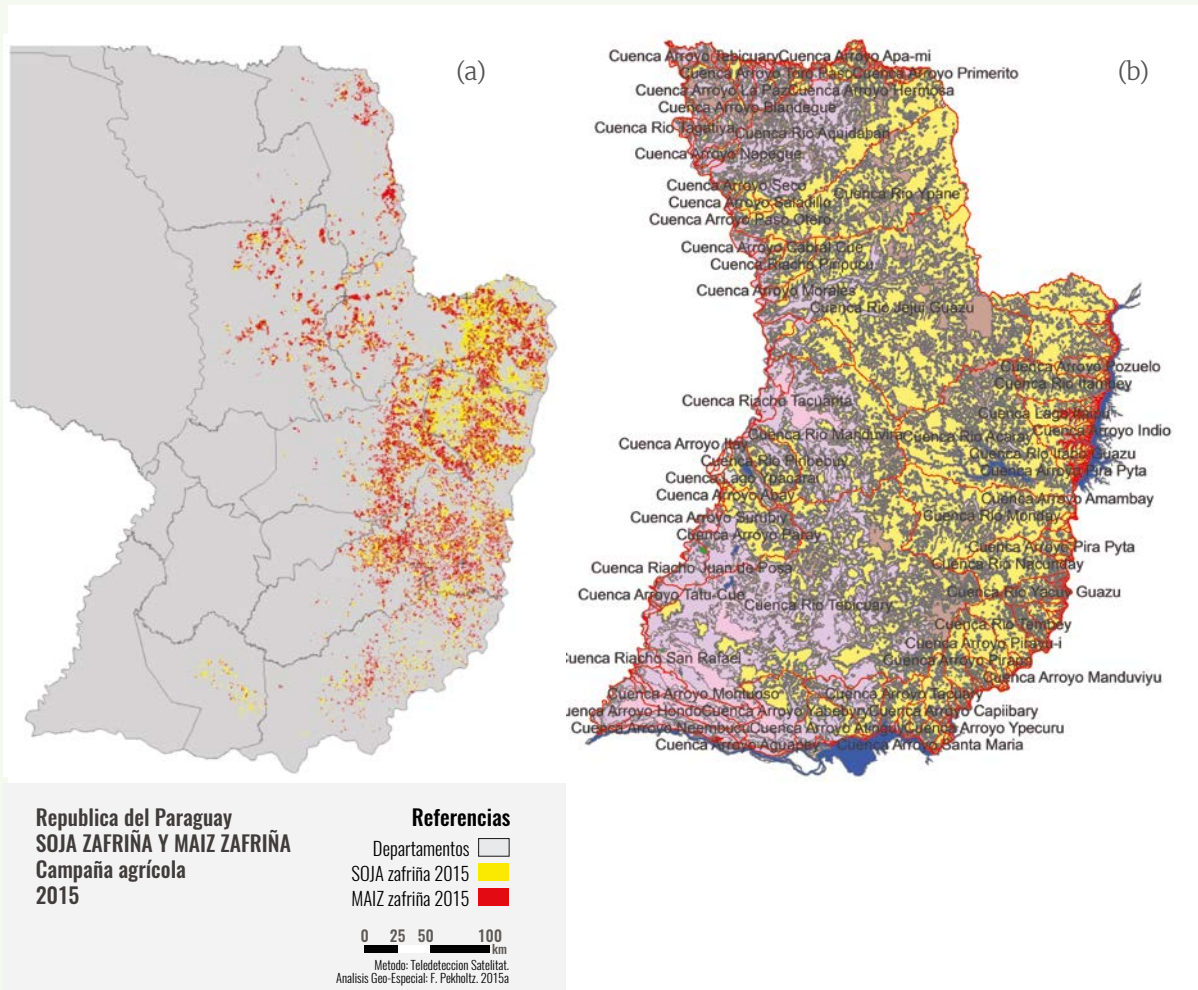
La Secretaria del Ambiente (SEAM) ha proporcionado datos referentes a la subcuenca del Tebicuary-mi, donde se encuentran varias plantas alcoholeras y áreas de plantaciones de caña de azúcar (**Figura 41**).

A las plantas observadas en el mapa se debe agregar la de la empresa PHOENIX ubicada en el Departamento de Caazapá y dentro de la cuenca de este río. Una importante zona de producción de caña de azúcar se encuentra comprendida dentro del área de esta cuenca, en el Departamento de Guairá se planta 38% de la superficie de caña de azúcar, 22% en el de Paraguari y 5% en Caazapá, el área sembrada de maíz es menos significativa en estos departamentos, Caazapá posee 5% del área sembrada para este cultivo, Guairá y Paraguari 0,5% cada uno de ellos.

En el **Cuadro 40** son observados valores correspondientes de resultados de análisis de calidad de agua del río Tebicuary en Tebicuary-mi, el área circundante a este río corresponde a una extensa superficie de producción de caña de azúcar, por lo que los resultados obtenidos están vinculados a la evaluación de los subindicadores 6.1 y 6.2. Estos análisis fueron realizados entre junio del 2005 y febrero de 2006 por parte de la SEAM (2009) y en setiembre del 2017 en muestreos realizados por la ADIFCA (2017) dentro de este proyecto y analizados en el laboratorio de calidad de agua de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN). La zafra de caña de azúcar abarca

FIGURA 40

(A) MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN DE SOJA Y MAÍZ “ZAFRIÑA” DE LA CAPECO; Y (B) MAPA DE CUENCAS HÍDRICAS DE LA REGIÓN ORIENTAL.



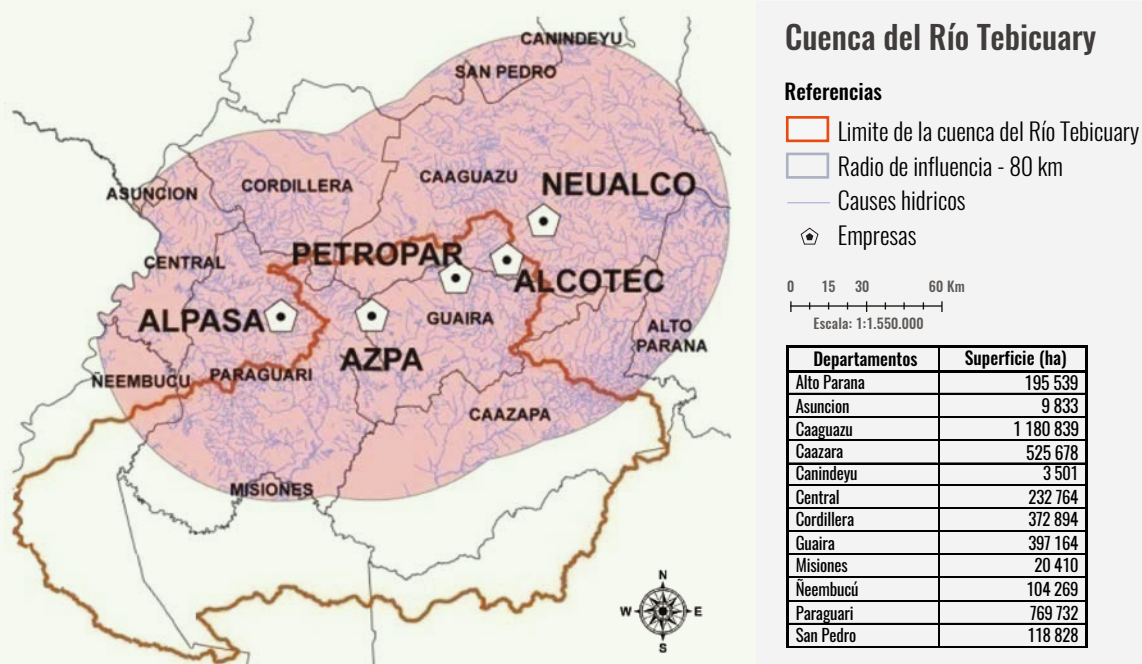
Fuentes: (a) Capeco, 2017; (b) CIF/FCA/UNA, 2011

un periodo que puede ir desde finales de abril hasta noviembre, por lo que entre esos meses se desarrollan la cosecha, plantación, aunque no es la época más recomendada (febrero y marzo son los meses más recomendados) y rebrote en las plantaciones, por lo que actividades como fertilización y aplicación de pesticidas se llevaron a cabo en el tiempo en que los muestreos fueron realizado, durante el mes de febrero es probable que se realice fertilización de fondo. Teniendo en cuenta solo el análisis más reciente todas las formas en que se midió el N presentó valores bajos considerando las referencias de la SEAM, es destacable que la normativa

paraguaya tiene un umbral de nitratos más bajo que el de la normativa europea relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos (Directiva 91/676/CEE). Los valores de Fósforo total determinados están 68% por encima del valor de referencia, normalmente esto está relacionado con la actividad agropecuaria o industrial. Los valores de DBO observados también se encuentran por encima del límite establecido por la SEAM para la clase 1 y encuadra en este caso con la clase II (hasta 5 mgO₂/L), estos niveles podrían deberse a contaminación por materia orgánica.

FIGURA 41

CUENCA DEL RÍO TEBICUARY, UBICACIÓN DE LAS PLANTAS ALCOHOLERAS Y SU ÁREA DE INFLUENCIA



Fuente: Dirección General de Estadísticas Encuestas y Censos, sitio web

CUADRO 40

RESULTADOS DE ANÁLISIS DEL RÍO TEBICUARY EN TEBICUARY-MI

	Jun/05 ¹	Ago/05 ¹	Nov/05 ¹	Feb/05 ¹	Set/17 ²	Set/17 ²	Limites SEAM Res. 222/02 para la clase I
pH	7,2	6,8	6,8	6,3	7,22	7,29	6 A 9
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (μS/cm)					51,4	57,6	SR
ST (mg/L)	122	90	69	102	41	48	SR
FOSFORO TOTAL (mg/L)	0,13	0,055	0,09	0,1	0,045	0,040	0,025
NITRITO (mg/L)					0,034	0,037	1
NITRATO (mg/L)	0,72	0,05	0,25	0,18	0,51	0,526	10
DQO (mgO ₂ /L)	20,4	17,5	21,1	21,8	9,02	10,53	SR
DBO5 (mgO ₂ /L)					4,2	4,5	<3
NTK (mgN/L)					0,268	0,283	0,3

SR= sin referencia en la Resolución 222/02 de la SEAM

Fuentes: 1 SEAM, 2ADIFCA, 2017

De acuerdo con Villar Vera (2011) los grandes productores de caña de azúcar realizan un manejo convencional para este cultivo, con la aplicación de fertilizantes minerales según la fertilidad del suelo. Para el control de malezas se realiza la aplicación de herbicidas (control químico). El indicador 1 detalla las cantidades de productos normalmente utilizadas. Los pequeños productores utilizan fertilizantes orgánicos (estiércol) y realizan control mecánico de malezas.

En el **Cuadro 41** se presentan resultados referentes al análisis realizado en el Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas (CEMIT) de una muestra de agua extraída por ADIFCA (2017) del Tebicuary-mi (latitud 25°50'55" S, longitud 56°37'35" W) a la altura de Itape, el área circundante al punto de muestreo es predominantemente agrícola, destacándose el cultivo de caña de azúcar. Se detectó presencia de tres herbicidas en el agua, niveles muy bajos de Simazina y Atrazina y una

concentración de Glifosato de 0,0241 mg/L, concentración que está por debajo del límite establecido por la SEAM (Resolución 222/02) como tenor máximo permisible (0,7 mg/L) para aguas de Clase I. Es de recalcar que la literatura científica e información técnica sobre este punto es muy escasa en Paraguay y en el marco de este proyecto solo se ha realizado un análisis, por lo que a pesar de que se encuentre dentro de los límites permitidos por la legislación paraguaya el monitoreo de la presencia de Glifosato en el agua y en el suelo debería ser prioritario ya que afecta su calidad y la salud humana. Comparando con umbrales de Legislaciones más estrictas como la Directiva Europea relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (Dir. 98/83/CE) que establece un valor paramétrico de 0,0005 mg/L para el total de plaguicidas y de 0,0001 mg/L para cada plaguicida individual, el valor obtenido en el análisis realizado durante la ejecución de este proyecto se encuentra muy por encima de los valores permitidos.

CUADRO 41

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MUESTRA DE AGUA EXTRAÍDA DEL TEBICARY-MI

Parámetro	Unidad	Resultado	Limites SEAM Res. 222/02 para aguas de clase I
GLIFOSATO	mg/L	0,0241	0,7
SIMAZINA	mg/L	<0,000250	0,004
ATRAZINA	mg/L	<0,000250	0,003

Fuente: ADIFCA, 2017

La planta de Neualco se encuentra dentro de la cuenca del Río Monday y la de Alcotec se encuentra cerca del límite de la misma cuenca como puede ser observado en la **Figura 42**, el área de influencia de esta planta abarca una importante porción del Departamento de Caaguazú, en este se concentra un 15% del área de caña de azúcar y 16% del área de maíz. No se encontraron referencias técnicas o científicas sobre la calidad de agua de esta cuenca.

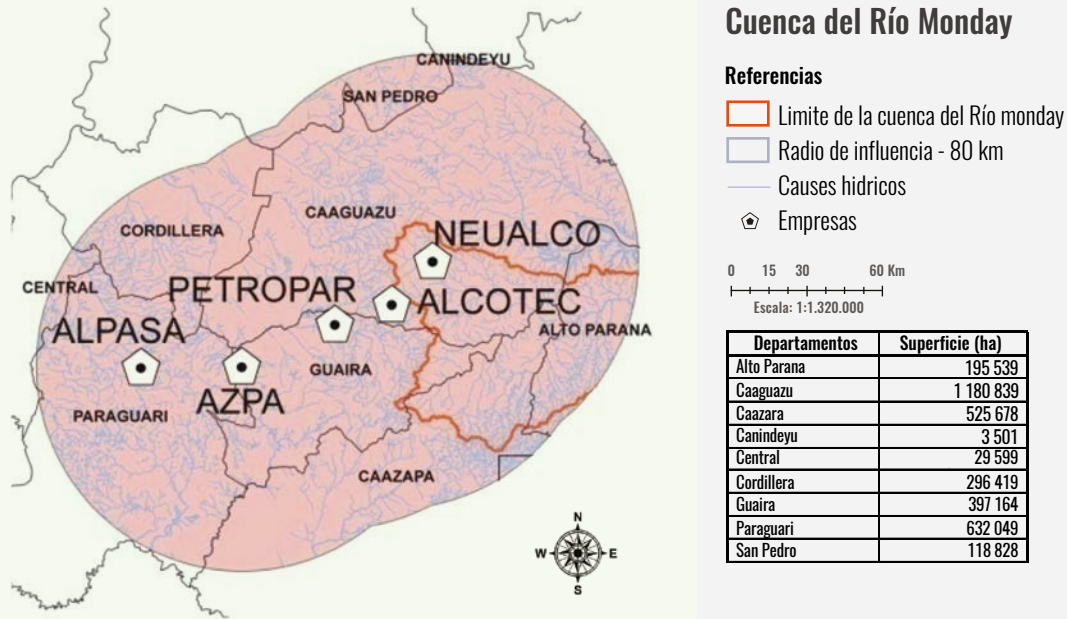
La planta de la Industria Paraguay de Alcoholes (INPASA) se encuentra dentro de la cuenca del Río Itambey (**Figura 43**) y comprende territorios del Departamento de Alto Paraná y Canindeyú, el área de caña de azúcar en estos Departamentos es de 0,03 y 5% en relación

al área total de caña en Paraguay, no siendo relevantes para este estudio. El 28% del maíz es sembrado en Alto Paraná y el 23% en Canindeyú, según información disponible en la página web de la firma INPASA (2018) maíz y sorgo son utilizados como materia prima para la producción de etanol. No se encontraron referencias técnicas o científicas sobre la calidad de agua de esta cuenca.

La **Figura 44** muestra la ubicación de la planta industrial de ALPASA, ubicada en el Departamento de Paraguarí, en la cuenca del arroyo Paray subcuenca del arroyo Caañabe. En el Departamento de Paraguarí se planta 22% de la superficie total de caña de azúcar.

FIGURA 42

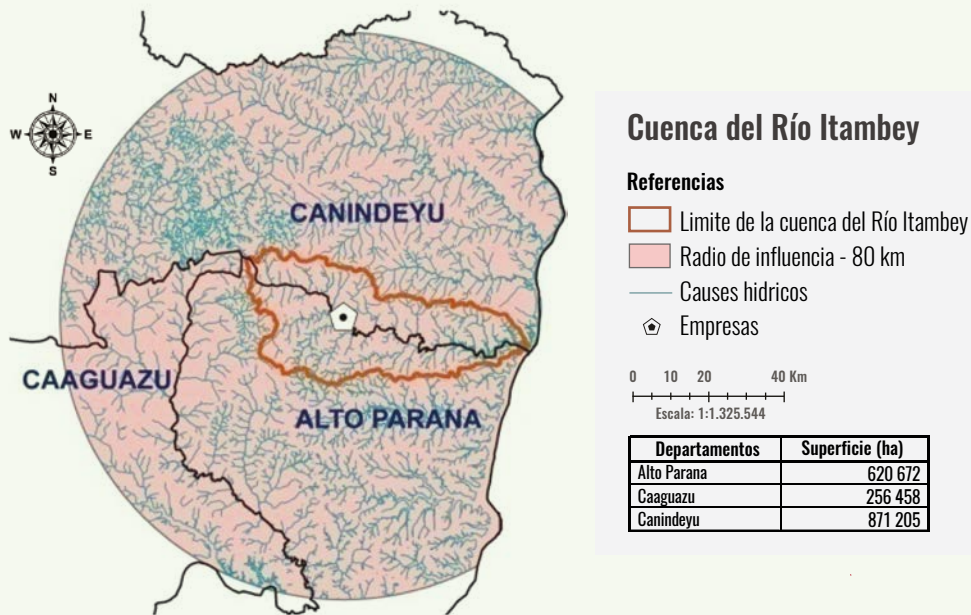
CUENCA DEL RÍO MONDAY, UBICACIÓN DE LAS PLANTAS ALCOHOLERAS Y SU ÁREA DE INFLUENCIA



Fuente: Dirección General de Estadísticas Encuestas y Censos, sitio web

FIGURA 43

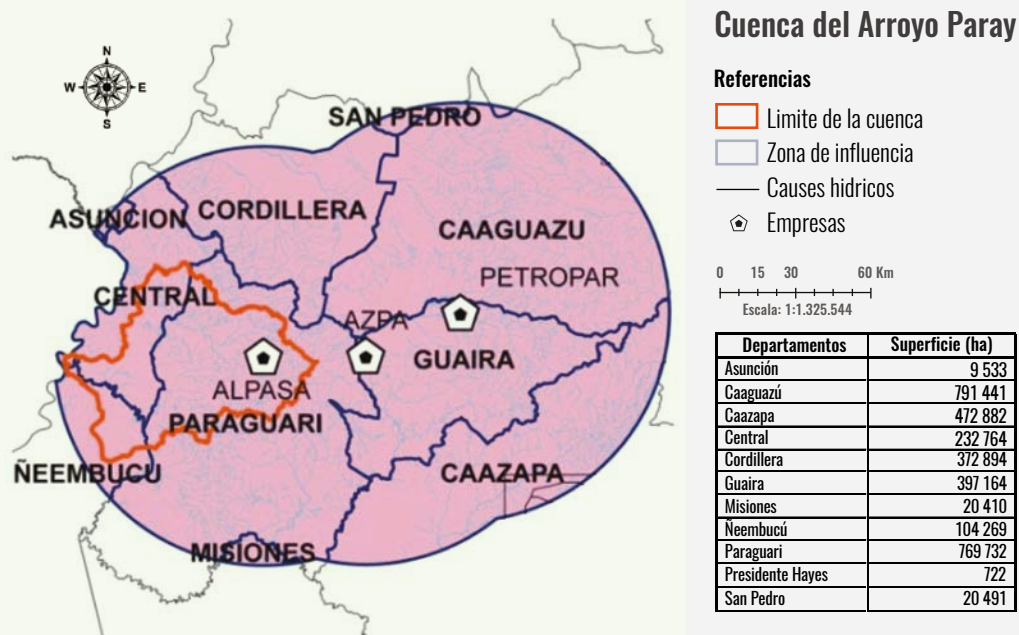
CUENCA DEL RÍO ITAMBAY, UBICACIÓN DE LAS PLANTAS ALCOHOLERAS Y SU ÁREA DE INFLUENCIA



Fuente: Dirección General de Estadísticas Encuestas y Censos, sitio web

FIGURA 44

CUENCA DEL ARROYO PARAY, UBICACIÓN DE LAS PLANTAS ALCOHOLERAS Y SU ÁREA DE INFLUENCIA



Fuente: Dirección General de Estadísticas Encuestas y Censos, sitio web

En el Cuadro 42 son observados valores correspondientes resultados de análisis de calidad de agua del arroyo Caañabe, tributario del Paray, dichos análisis fueron realizados en Setiembre del 2014, la época de zafra de la caña de azúcar mencionada anteriormente también es válida para esta región, por lo que para esta fecha pueden llevarse a cabo actividades como aplicación de pesticidas, y fertilización de cobertura a nivel de campo y de producción de efluentes en las plantas industriales. La toma de muestras fue realizada en dos puntos ubicados aguas abajo de la planta alcoholera de la región y de las áreas de cultivo de la empresa, los

resultados pueden ser utilizados para evaluar los subindicadores 6.1 y 6.2. De acuerdo con López Arias *et al.* (2016) los valores de P-total y NTK, se presentaron en niveles superiores a los límites máximos, estos parámetros generalmente son indicadores de contaminación causados por establecimientos agropecuarios, en este caso áreas de cultivo de caña, e industriales, en este caso niveles altos de nutrientes pueden deberse al efluente industrial (vinaza) que es rico en los mismos. No se cuenta con información referente al caudal de los recursos hídricos superficiales en esta cuenca.

CUADRO 42

RESULTADOS DE ANÁLISIS DEL ARROYO CAAÑABE

Determinación	Punto 1	Punto 2	Límites SEAM Res. 222/02 para la clase I
pH	7	6,87	6 A 9
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (μS/cm)	98,3	93,9	SR
FÓSFORO TOTAL (mg/L)	0,266	0,223	0,025
NITRATO (mg/L)	0,11	0,113	10
DQO (mgO ₂ /L)	48,78	52,85	SR
DBO5 (mgO ₂ /L)	3	2,4	<3
NTK	0,918	0,949	0,3

SR= Sin Referencia en la Resolución 222/02 de la SEAM

Fuente: López Arias et al., 2016

4.6.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

No fue posible realizar un análisis por cuenca ya que la información disponible es insuficiente para realizar las mediciones como lo exige la metodología GBEP (FAO, 2011).

Para el etanol producido a partir de caña de azúcar la relación entre la ubicación de las plantas industriales y las áreas de producción es muy estrecha por lo que las mismas cuencas afectadas por la producción de materia prima lo son también por el procesamiento de la misma. Aun así los análisis vinculados con la calidad de agua, del río Tebicuary-mi y el arroyo Paray fueron relacionadas con el subindicador 6.1 ya que los puntos de muestreo no coincidían exactamente con los puntos en que los efluentes ingresan a las corrientes.

El maíz posee un área de cultivo mucho mayor que el área de caña de azúcar, principalmente en la zona este de la región oriental del Paraguay, en cuencas de ríos afluentes del Río Paraná principalmente. No se encontró información que se pueda relacionar directamente a este cultivo con el Indicador 6.

En general la falta de datos e información vinculada a este indicador es muy grande y generar los mismos es una tarea pendiente.

Resultados

Los resultados obtenidos se restringen a dos cuencas, Tebicuary-mi y Caañabe.

En la cuenca del Tebicuary-mi se han observado niveles de Fosforo total por encima del límite establecido por la SEAM (0,025 mg/L), normalmente esto está relacionado con la actividad agropecuaria (Indicador 6.1) o industrial (Indicador 6.2), lo mismo puede decirse de los niveles de DBO5 (<3mg/L). En esta misma cuenca se ha comprobado la presencia de herbicidas (es dicho Glifosato, Simazina y Atrazina) en el agua superficial. No se encontró información referente a contaminación del agua por herbicidas, aun cuando los resultados presentados en este trabajo muestran niveles por debajo del límite de tolerancia de la SEAM, deberían ser realizados otros análisis que incluyan otros lugares de muestreo.

En esta cuenca coexisten dos sistemas de producción de caña de azúcar, los medios y grandes productores que realizan un manejo convencional del cultivo con la aplicación de fertilizantes minerales y aplicación de herbicidas, y por otro lado los pequeños productores que utilizan fertilizantes orgánicas (estiércol) y realizan control mecánico de malezas y casi nulo uso de herbicidas.

En la cuenca del Caañabe resultados de estudios muestran indicios de contaminación por el uso de fertilizantes (Indicador 6.1) y efluentes para la producción de etanol (6.2), con niveles

de P total y NTK (nitrógeno total Kjeldahl) por encima de los límites establecidos por la SEAM. Sería necesario monitorear estas cuencas por un periodo más largo para determinar exactamente en qué proporción esta contaminación debido a nutrientes proviene de la actividad agrícola o industrial.

Prácticas y políticas para mejorar sostenibilidad

A la luz de lo expuesto anteriormente y ante la actual falta de información referente a este Indicador es importante monitorear constantemente la calidad del agua, muestreando no solo los efluentes líquidos del sector industrial sino también las aguas superficiales y subterráneas que podrían verse afectadas por las prácticas agrícolas. Fortalecer la aplicación de buenas prácticas agrícolas en la aplicación de fitosanitarios y fertilizantes de manera a evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

También se deben establecer leyes que no solo obliguen a las industrias a monitorear la calidad del agua de los efluentes de procesamiento. Sino que los datos sean sistematizados por la

institución que se encarga de velar por la calidad del agua y estos datos deben estar disponibles para el público.

Se debe prestar mucha atención al seguimiento de este indicador ya que el manejo de la caña y del maíz a escala empresarial (medianos y grandes productores) va asociado al uso de fertilizantes y defensivos que son fuente potencial de contaminación.

Monitoreo del indicador en el futuro

Si bien gran parte de la producción de materias primas se realiza en forma convencional, lo que implica el uso de fertilizantes y defensivos existen muy pocos estudios científicos o técnicos en relación a la presencia de contaminantes, en los cuerpos de agua superficiales o en el agua subterránea, atribuibles al cultivo de materia primas para la producción de etanol. Al igual que para el indicador 5 las estadísticas públicas y los estudios técnicos y/o científicos presentan muchos vacíos y la información existente es en ocasiones poco accesible, por lo que se recomienda implementar un sistema que mejore la difusión y accesibilidad a los mismos.

REFERENCIAS

- Banco Mundial**, 2018. Consumo de fertilizantes (kilogramos por hectárea de tierras cultivables). Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.CON.FERT.ZS?locations=PY&view=chart> (Acceso: 30 de marzo de 2018)
- CIF/FCA/UNA**, 2011. Mapa de cobertura de la tierra Paraguay 2011.
- CAPECO**, 2017. Estudio satelital: Soja entre zafra o Soja zafriña (en línea). Disponible en: <http://capeco.org.py/soja-satelital-es/> (Acceso: 30 de noviembre de 2017)
- Constitución Nacional de la República de Paraguay**, 1992. Asunción, CDE, 80 p. Disponible en: <http://jme.gov.py/transito/leyes/1992.html>

- Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos Anuario estadístico (DGEEC) sitio web**. Disponible en: <http://www.dgeec.gov.py/Publicaciones/Biblioteca>
- Directiva 91/676/CEE**, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Jornal Oficial L 375, Bruxelles, 31 de diciembre de 1991
- Directiva 98/83/CE**, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, del Consejo de 3 de noviembre de 1998. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. L 330/32 de 5/12/1998.
- FAO**, 2011. The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy, First Edi-

- tion. GBEP Global Bioenergy Partnership. Rome: Food and Agricultural Organization. ISBN 978-92-5-107249-3. Disponible en: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/The_GBEP_Sustainability_Indicators_for_Bioenergy_FINAL.pdf
- FAO**, 2016. Sitio web. AQUASTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm> (Acceso: 1 de abril de 2018)
- Freire, W.J. y Cortez, L.A.B.**, 2000. Vinhaça de cana-de-açúcar. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203p
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura)**, 2017. Observatorio IICA: Maíz. En línea: <http://www.iica.org.py/observatorio/maiz.htm> (Acceso: 1 de junio de 2017)
- INPASA**, 2018. Productos. Disponible en: <http://inpasa.com.py/produtos-etanol-es.html>. Acceso 31 de marzo 2018
- Korndörfer, G.H. y Anderson, D.L.**, 1997. Use and impact of sugar cane - alcohol residues vinasse and filter cake on sugarcane production in Brazil. Sugar y Azucar.
- López Arias, T., Fernández Peralta, V., Franco, D. y Galeano Delgado, E.**, 2016. Índices de calidad ambiental de aguas del Arroyo Caañabe mediante tests microbiológicos y ecotoxicológico(en línea). Rev. Ambient. Água vol. 11 n. 3 Taubaté - July / Sep. 2016. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n3/1980-993X-ambiagua-11-03-00548.pdf>
- Morandini, M.**, 2009. Aplicación de vinaza al suelo de la provincia de Tucuman. Disponible en: http://redplycs.ambiente.gob.ar/archivos/web/UPLCS/File/Presentaciones_Seminario%20Abril2009/Ing.%20Miguel%20Morandini%20-%20Riego%20con%20vinaza.pdf (Acceso: 28 de marzo de 2018)
- Ongley, ED.**, 1997. Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos: Estudio FAO Riego y Drenaje 55.
- PETROPAR (Petroleos Paraguayos)**, 2011. Sustainable Bioenergy and Economic Aspects in Paraguay. Disponible en: http://www.global-bioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/2011_events/Bioenergy_Conference_Rome_10-12Nov2011/9_Day2_Parra.pdf (Acceso: 14 de diciembre de 2017)
- Prada, S.M., Guekezian, M., Suarez-ihá, M.E.V.**, 1998. Metodologia analítica para a determinacao de sulfato em vinhoto. Quimica Nova, S. Paulo (21), 3, 249-252.
- SEAM**, 2002. Resolución N° 222. Por la cual se establece el padrón de calidad de las aguas en el territorio nacional. Asunción, Paraguay: SEAM
- SEAM**, 2009. Informe solicitado por Resolución SEAM N° 1475/09 - Versión a consideración de la DGPCRH. 34 p.
- SENAVE (Servicio Nacional de calidad y sanidad vegetal y de semillas)**, 2017. Paraguay Disponible en: <http://www.senave.gov.py/docs/informes/ANUARIO%202015.pdf> (Acceso 31 de julio de 2018)
- Villar Vera, L.**, 2011. Cultivo de caña de azúcar. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Educación Agraria. Agricultura II. Disponible en: <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/detail/Cultivo+de+Ca%C3%B1a+de+Az%C3%B1acar-1.pdf> (Acceso: 31 de julio de 2018)

4.7 INDICADOR 7: DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN EL PAISAJE

Amado Insfrán Ortiz

Centro de Estudios Ambientales y
Sociales, Asunción

DESCRIPCIÓN:

(7.1) Área y porcentaje de las áreas reconocidas nacionalmente de alto valor de biodiversidad o ecosistemas críticos convertidos a la producción de bioenergía.

(7.2) Área y porcentaje de tierra usada para la producción de bioenergía donde se cultivan especies invasoras reconocidas nacionalmente, por categoría de riesgo.

(7.3) Área y porcentaje de tierra usada para la producción de bioenergía donde se usan métodos de conservación reconocidos nacionalmente.

UNIDADES DE MEDICIÓN:

Áreas absolutas en hectáreas (o km²) para cada componente y área total utilizada para la producción de bioenergía. Los porcentajes del área de producción de bioenergía se calcularon a partir de éstos, y se dan a conocer por separado para cada categoría relevante (es decir, diferentes tipos de áreas prioritarias para 7.1 y métodos específicos para 7.3). Se usaron porcentajes en las valoraciones consideradas relevantes para el Indicador.

4.7.1 Implementación del indicador 7 en Paraguay

Se presenta una descripción cualitativa con datos cuantitativos generales, aclarando que las superficies de alto valor para la biodiversidad cuya conversión es atribuible al etanol deben ser estudiadas con mayor profundidad para establecer una relación precisa. En el caso del indicador 7.1, no se dispone de una definición nacional oficial consensuada sobre ecosistemas

críticos convertidos a la producción de bioenergía, sí se dispone de mapa de las zonas de alto valor para la diversidad biológica y de áreas protegidas. Además, faltaba un conjunto nacionalmente reconocido de métodos de conservación para el componente 7.3. No obstante, a través de la prueba de este indicador, se recolectaron una serie de datos e informaciones secundarias y primarias relevantes, lo que constituyó un buen punto de partida para futuras mediciones del indicador 7 en Paraguay.

4.7.2 Resultados claves

Indicador 7.1

Paraguay cuenta con 406 752 km² de extensión que conforman 11 ecorregiones (SEAM, 2013), de las cuales cuatro han sido clasificados como de importancia global y regional por la diversidad y endemismo existente. El 41% del territorio tiene cobertura forestal (12% en áreas protegidas), del cual, sólo alrededor del 16% se encuentra en la región oriental (Walcott *et al.*, 2015; SEAM, 2016a), zona donde se cultivan la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y el maíz entre zafra (*Zea mays*) para la producción del etanol. Se destacan el Chaco Paraguayo, parte del Gran Chaco Sudamericano, uno de los remanentes más grandes de bosque seco en el mundo y el segundo ecosistema forestal más grande de América del Sur y el Bosque Atlántico Alto Paraná (BAAPA), un bosque subtropical húmedo con cerca de 400 especies de aves y 7 851 especies estimadas de flora, muchas de ellas endémicas y amenazadas (PNC ONU-REDD+ Py/SEAM/INFONA/FAPI, 2016).

Las áreas reconocidas oficialmente de alto valor de biodiversidad en el Paraguay son aquellas que se enmarcan dentro de las Áreas Silvestres Protegidas del Paraguay, que adquieren su dimensión social de patrimonio natural a perpetuidad, a través de la promulgación de la Ley 352/94, Decretos y Resoluciones reglamentarias (SEAM y PNUD, 2009). El marco normativo nacional vinculado a la Ley mencionada, comprende la Ley 96/1992 de vida silvestre, la Ley 1561/2000 que crea el Sistema Nacional del Ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente y la Secretaría del

Ambiente, la Ley 2524/2004 de prohibición en la región oriental de las actividades de transformación y conversión de superficies con cobertura de bosques y la Ley 3001/2006 de valoración y retribución de los servicios ambientales en el Paraguay; además de otras que tienen efectos discrecionales como las Leyes 294/2005 de impactos ambientales, la 3239/2007 de los recursos hídricos y la Ley 4241/2012 de restablecimiento de márgenes protectores de los cursos hídricos.

Según datos de la FAO (2005) y PNUD (2015) en el año 2000 se contaba con un total de 2 235 661 ha de áreas protegidas que corresponde al 5,5% del total nacional. Datos oficiales recientes de la SEAM (2014) reportan que existen diez categorías de áreas protegidas establecidas legalmente en el país con un total de 6 066 207 ha que corresponde al 14,9% del territorio nacional; con lo cual se observa un incremento del 9,4% en los últimos 15 años. Las categorías corresponden a Reserva de la Biósfera (58,6%), Parques nacionales (34,3%), Reservas naturales privadas (3,9%), Monumentos naturales (2,1%), Reserva biológica (0,5%), Refugio de vida silvestre (0,5%), Reserva de recursos manejados (0,4%), Refugio biológico (0,2%), Reserva ecológica (0,06%) y Paisaje protegido (0,00007%) (SEAM, 2014) (**Figura 45**). Dentro de estas categorías las Reservas de recursos manejados, con una superficie de 24 000 ha, son las que permiten en sus Planes de Manejo el uso agrícola.

Paraguay tiene además seis sitios designados como Humedales de Importancia Internacional (sitios Ramsar), con una superficie de 785 970 ha que totaliza el 1,93% del territorio del país (**Figura 45**). Estas áreas dada su importancia hidro-biológica y cultural, deben estar bajo regímenes de conservación permanente, es decir, en ellas no es posible intervenciones severas y cambio de uso de tierra para cultivos extensivos. Los sitios son: a) **Río Negro** – un sistema fluvial de meandros y lagunas de balsas en un ecotono que surge de la confluencia de tres provincias biogeográficas, con numerosas especies raras y amenazadas de flora y fauna, se produce cierta crianza de ganado, extracción de madera y caza furtiva; b) **Laguna Chaco Lodge** – el más grande de los cuerpos de agua salada

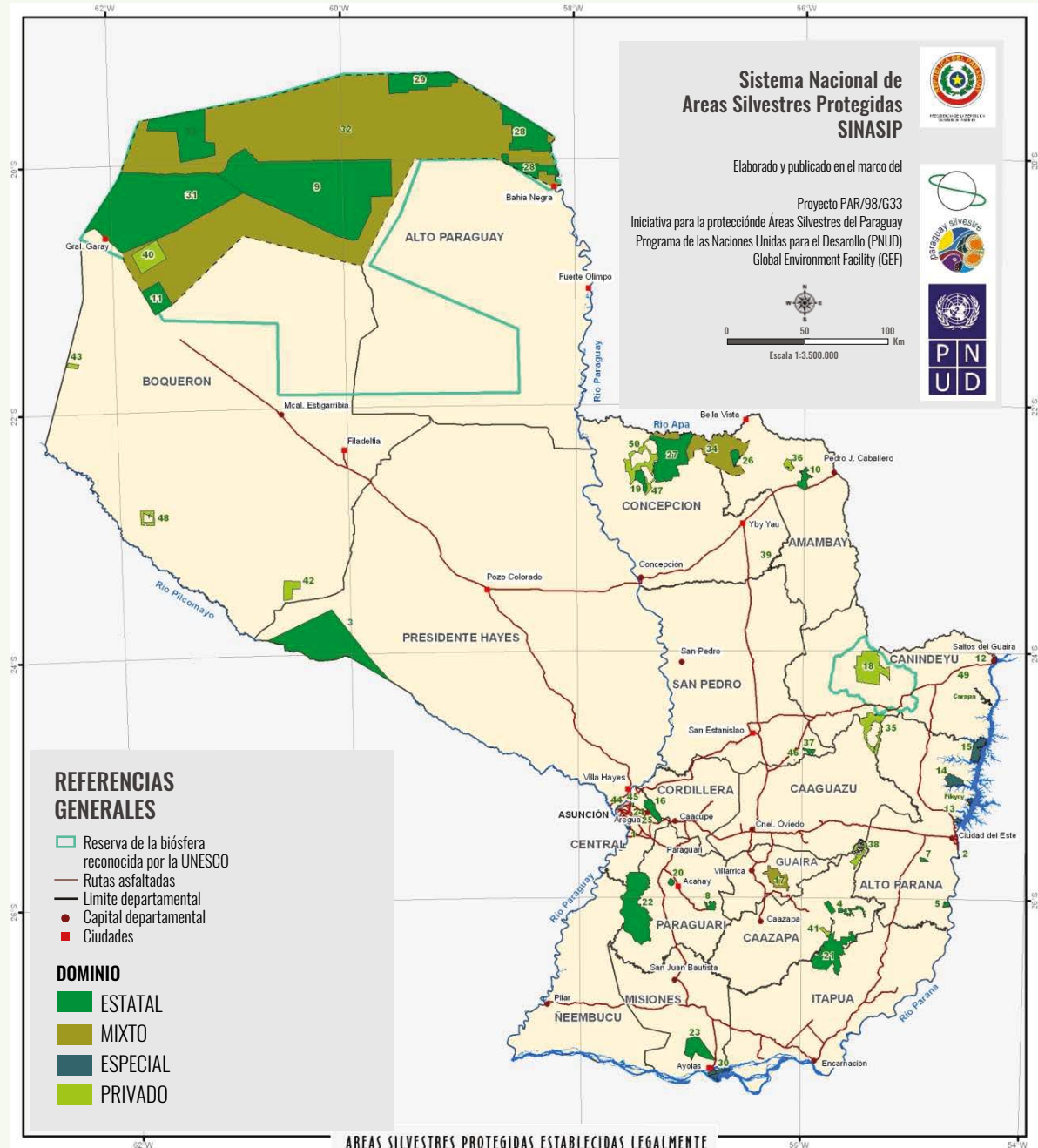
en el Chaco central, con fuertes fluctuaciones de nivel rodeado de bosques y arbustos xerófitos y vegetación halófila; c) **Laguna Teniente Rojas Silva** – una reserva privada que alterna entre condiciones de agua dulce y salobre con colonias de *Typha domingensis*, *Pistia stratiotes* y *Hymenachne amplexicaulis*, en medio de paisaje de bosque xerófito, bosque subhúmedo, arbustos inundados estacionalmente y bosques y sabanas; d) **Tinfunque** – un Parque Nacional caracterizada por una llanura aluvial inundada gran parte del año a lo largo del río Pilcomayo, manchas de bosques, lagos extensos y sabanas de palmeras; e) **Estero Milagro** – un Parque Nacional en pastizales naturales, bosques bajos, sabanas arboladas y bosques de galería, humedales y una gran diversidad de especies vegetales; y f) **Lago Ypoá** – Parque Nacional caracterizado por lagos extensos y humedales con vegetación flotante, algunos que sostienen árboles y fauna pequeños (Ramsar, 2014). Estas áreas fueron declaradas de importancia entre 1995 y 2004; pero sus características naturales y el status de protección, no hacen posible la conversión a tierras agrícolas para la producción de materias primas bioenergéticas.

En la región occidental del país, se han establecido áreas de importancia para la conservación de la biodiversidad cuya representatividad ecorregional es muy significativa (**Figura 46**). La Resolución 1163/2011 de la SEAM declara de interés ambiental nacional los humedales del bajo Chaco, por su importancia para la producción de agua, la conservación de la biodiversidad y de la calidad ambiental en el territorio del Paraguay (SEAM, 2011; Ramsar, 2012).

Existen 57 Áreas de Importancia para las Aves y la Biodiversidad (IBAs) en el país (Clark, 2014), la mayoría vinculada a áreas silvestres protegidas, algunas muy próximas a las áreas de cultivos bioenergéticos, sobre todo las cercanas a las industrias alcohólicas.

FIGURA 45

ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS DEL PARAGUAY Y SITIOS DE INTERÉS PARA LA CONSERVACIÓN.



REFERENCIAS GENERALES

- Reserva de la biosfera reconocida por la UNESCO
- Rutas asfaltadas
- Limite departamental
- Capital departamental
- Ciudades

DOMINIO

- ESTATAL
- MIXTO
- ESPECIAL
- PRIVADO

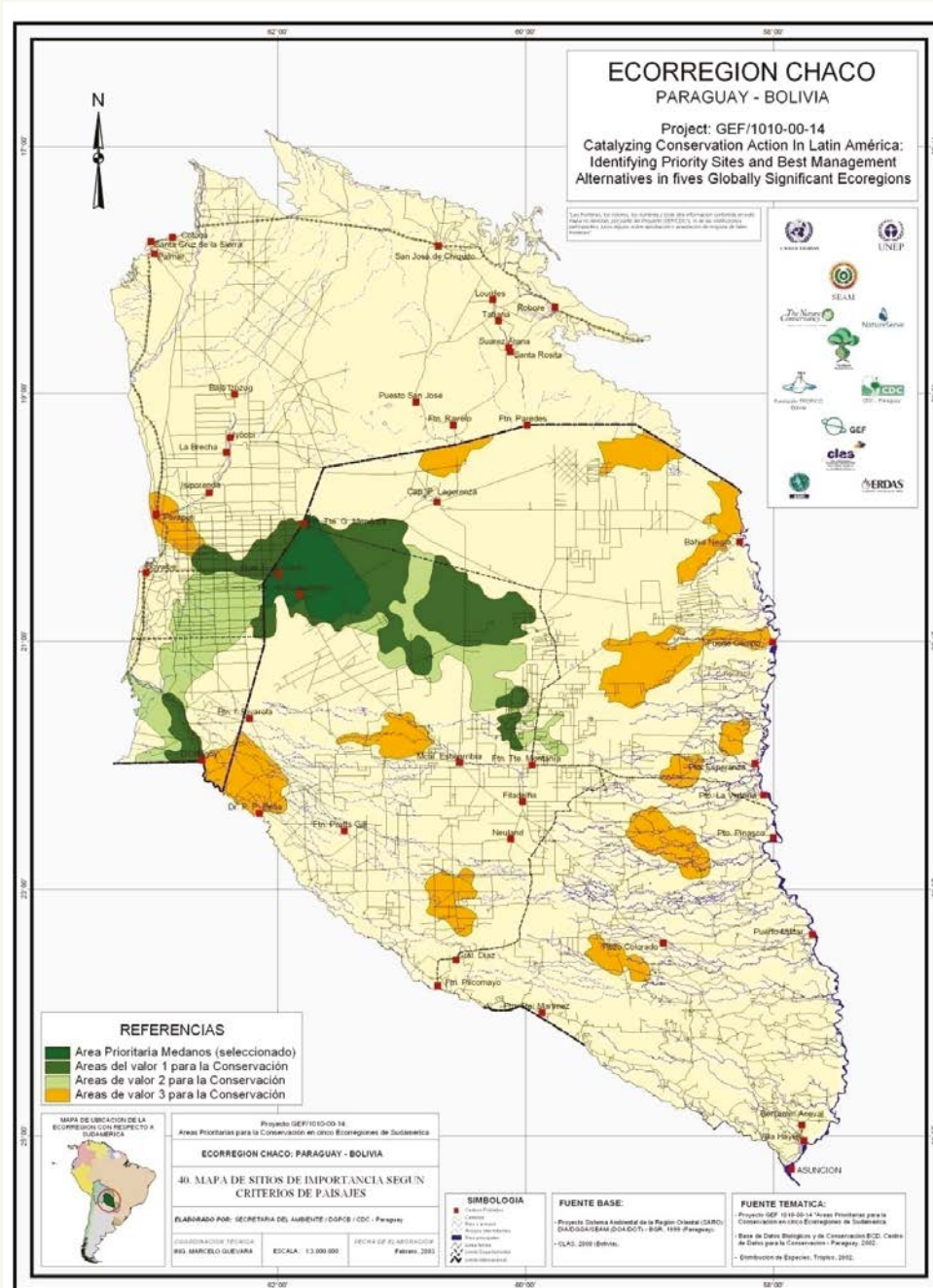
ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS ESTABLECIDAS LEGALMENTE

NR	CATEGORIA DE MANEJO	DENOMINACION	CREACION DEL AREA	NR	CATEGORIA DE MANEJO	DENOMINACION	CREACION DEL AREA			
			NORMA	FECHA			NORMA	FECHA		
1	Zona Nacional: de Reserva	Cerro Lambaré	L N°	25.764	31/03/1948	28	Parque Nacional: Río Negro	R N°	427	04/05/1998
2	Monumento Científico (*)	Moisés Bertoni	D N°	11.270	13/04/1955	29	Monumento Natural: Cerro Choverera	D N°	21.566	24/06/1998
3	Parque Nacional: Tinfungué		D N°	18.205	04/05/1965	30	Reserva Biológica: Isla Yacaré	R N°	98	21/06/2000
4	Parque Nacional: Caazapa		D N°	30.952	14/02/1973	31	Parque Nacional: Mbaracayá del Chaco	D N°	21.967	24/05/2001
5	Parque Nacional: Nanday		D N°	16.146	14/02/1973	32	Reserva de la Biosfera: Del Chaco (*)	D N°	13.202	21/05/2001
6	Parque Nacional: Saltos del Guairá		D N°	30.955	14/02/1973	33	Reserva Natural: Cerro Cabrerá/Timane	D N°	13.202	21/05/2001
7	Reserva Nacional: Kurúy		D N°	30.956	14/02/1973	34	Reserva de la Biosfera: Del Cerrado del Río Apa (*)	D N°	14.431	27/08/2001
8	Parque Nacional: Ybyroí		D N°	32.772	16/05/1973	35	Reserva Natural: Morotí	D N°	14.910	08/10/2001
9	Parque Nacional: Defensores del Chaco		D N°	16.806	08/08/1975	36	Reserva Natural: Arroyo Blanco	D N°	14.944	09/10/2001
10	Parque Nacional: Cerro Corá		D N°	20.698	11/02/1976	37	Reserva Ecológica: Capibary	D N°	18.219	12/08/2002
11	Parque Nacional: Teniente Agrigino Enciso		D N°	15.936	21/05/1980	38	Reserva Natural: Ypé	D N°	18.219	12/08/2002
12	Refugio Biológico: Binacional Mbaracayá		RDE	52	27/05/1984	39	Reserva Natural: Yariagué	D N°	21.346	26/06/2003
13	Refugio Biológico: Tali Trapi		RDE	52	27/05/1984	40	Reserva Natural: Ñu Guazú	D N°	1.577	11/03/2004
14	Reserva Biológica: Itabó		RDE	52	27/05/1984	41	Reserva Natural: Tapayá	D N°	5.845	28/06/2005
15	Reserva Biológica: Limoy		RDE	52	27/05/1984	42	Reserva Natural: Toro Mochó	D N°	5.841	28/06/2005
16	Parque Nacional: Lago Ypacarai		D N°	5.998	07/05/1990	43	Reserva Natural: Cañada del Carmen	L N°	2.703	23/09/2005
17	Res. de Res. Manejadas: Yvyrysoo		D N°	14.945	17/05/1990	44	Reserva Ecológica: Blanco S. Miguel y Bahía de Asunción	L N°	2.715	09/10/2005
18	Reserva Natural: Del Biotopo Mbaracayá		L N°	112	10/12/1991	45	Res. de Res. Manejadas: Ñu Guazú	D N°	2.795	30/10/2005
19	Parque Nacional: Serranía de San Luis		D N°	11.964	20/12/1991	46	Palisaje Protegido: Cerro Díaz de Oro	L N°	2.971	27/10/2005
20	Monumento Natural: Macizo Acahay		D N°	13.682	29/05/1992	47	Reserva Natural: Cerrados del Tagaítya	D N°	7.761	30/05/2006
21	Parque Nacional: San Rafael		D N°	5.636	29/05/1992	48	Reserva Natural: Palmer Quemado	D N°	8.011	17/08/2006
22	Parque Nacional: Lago Ypoá		D N°	13.681	29/05/1992	49	Reserva Natural: Sin nombre. Área Protegida Municipal del Distrito Francisco Caballero Avanzar	L N°	3.106	14/11/2006
23	Refugio de Vida Silvestre: Yababyry		D N°	16.147	16/01/1993					
24	Monumento Natural: Cerro Chorotí		L N°	179	23/06/1993					
25	Monumento Natural: Cerro Yvoty		L N°	179	23/06/1993	50	Reserva Natural: Tagaítya mi	D N°	10.366	21/05/2007
26	Parque Nacional: Bella Vista		D N°	20.713	20/04/1998	0	Refugio Biológico: Pilyry	(*)		
27	Parque Nacional: Páez Bravo		D N°	20.712	20/04/1998	0	Reserva Biológica: Carapá	(*)		

Fuente: elaboración propia a partir de datos SEAM, 2014 y Ramsar, 2014

FIGURA 46

ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DEL PARAGUAY



Fuente: elaboración propia a partir de datos SEAM y PNUD, 2009

Según Dinerstein *et al.* (1995), Olson *et al.* (2001), WWF (2005) y Salas-Dueñas & Facetti (2007) el estado de conservación de la biodiversidad en la región oriental es: (a) crítico y amenazado para el caso del Bosque Atlántico del Alto Paraná donde solo persiste menos del 5% del bosque nativo, además de

las áreas silvestres protegidas; y (b) vulnerable en la áreas correspondientes al Chaco húmedo (región oriental) y el Cerrado. En general, el 79% de los agricultores utiliza el bosque para una variedad de propósitos, por lo que se prelude que la cobertura forestal original del BAAPA disminuiría en los próximos 10 años

(Da Ponte *et al.* 2017), consistente con estudios de Hansen *et al.* (2013) y Da Ponte *et al.* (2015, 2016), que mostró que la pérdida de cobertura forestal en el BAAPA continúa aunque desde el 2005 está vigente la Ley de deforestación cero. Esta tendencia es posible se dé precisamente en la región oriental del país donde el uso de biomasa y la producción primaria de fuentes bioenergéticas avanzan en detrimento de áreas que podrían tener alta significancia para la conservación, como es el caso del BAAPA y el Chaco húmedo. Datos de la Organización Guyra Paraguay (2016) indican que la tendencia de deforestación (cambio de uso del suelo) en la región occidental de Paraguay continúa, registrándose un total de 130 134 hectáreas entre los meses de junio a noviembre de 2016, con un promedio de 711 hectáreas por día.

El Decreto Presidencial 4056/2015 pretende la conservación de bosques naturales, el fomento y la promoción de la reforestación para fines energéticos y maderables. La meta es crear a corto y mediano plazo una masa forestal de 160 000 ha, distribuidas en puntos cercanos a los grandes centros de consumo energético agroindustrial y de producción cerámica (UNICOOP, 2015). Este marco normativo señala que el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), a través del Viceministerio de Minas y Energía (VMME) debe establecer los regímenes de certificación, control y promoción del uso de bioenergías provenientes de plantaciones forestales o bosques nativos manejados, para asegurar la sostenibilidad de estos recursos energéticos renovables dentro del territorio nacional. Así mismo menciona que se deberá coordinar con el Ministerio de Industria y Comercio (MIC), el Instituto Forestal Nacional (INFONA) y la Secretaría del Ambiente (SEAM) los mecanismos para la implementación de la certificación de fuentes bioenergéticas y la promoción de su uso sustentable; y con la Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social, acciones que permitan acompañar los proyectos vinculados con micro y pequeños productores,

sujetos de programas de reforestación y de uso eficiente de fuentes bioenergéticas.

Los impactos que puedan generar los sistemas productivos vinculados a fuentes bioenergéticas no están estudiados en el país. Los registros de la SEAM (s.f.) señalan que unas 56 especies de aves nativas, 81 especies de flora nativa, 12 especies de reptiles nativos, 16 especies de invertebrados nativos, 35 especies de mamíferos nativos y 9 especies de anfibios nativos, están en peligro de extinción en el Paraguay. Esta estadística no pone de relieve las posibles causas asociadas; por lo tanto, la atribución a la producción de bioenergía versus otras causas no puede ser hecha sobre la base de los datos presentados, dejando expresa constancia de que es tarea urgente la generación de esta información.

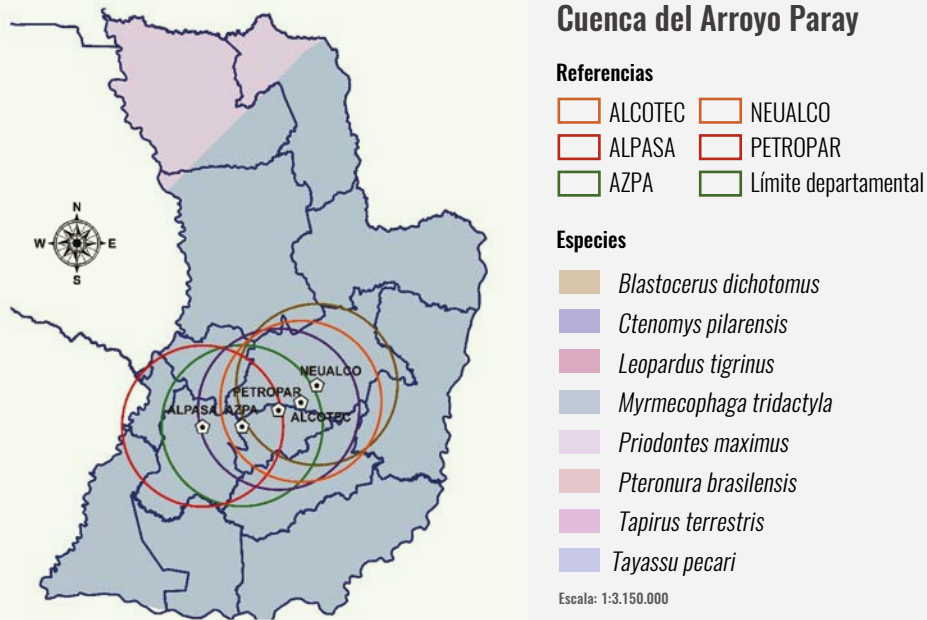
La superficie de bosques nativos productivos¹¹ en el Paraguay se estima en 700 000 ha en la región oriental y de 12 254 457 ha en la región occidental, excluyendo a las áreas silvestres protegidas (Indicador 3). La mayor parte de las áreas de los bosques nativos están localizadas en la región occidental del país, en cuyo territorio las áreas de caña de azúcar es proporcionalmente insignificante, no existe maíz entre zafra en la región y por lo tanto, el uso de biomasa para producción de etanol no se ha encontrado aún hasta el presente. Por tanto, es posible presumir que las áreas de cultivos de caña de azúcar, de maíz entre zafra y uso de biomasa con fines bioenergéticos, estén próximas a las áreas consideradas críticas para la conservación de especies amenazadas de la biodiversidad nativa, en especial de aves y mamíferos conforme SEAM (2016a) en la región oriental del país, observable en la **Figura 47** y **Figura 48**, donde se localizan las principales industrias alcoholeras cuyos radios de influencia estimada de 80 km de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y de maíz (*Zea mays*) entre zafra o zafriña¹², se encuentran en su mayoría precisamente en las áreas consideradas críticas para aves y mamíferos amenazados en el país, con mayores niveles de riqueza de las especies de aves y

¹¹ La FAO (2011) hace una distinción entre los bosques gestionados y bosques naturales (p. 73). Para los fines de este Indicador, conforme a las referencias usadas, se denominan “bosques con manejo forestal sostenible” a **los bosques gestionados** y “bosques nativos productivos” a **los bosques naturales**.

¹² Denominación que recibe el cultivo de maíz cuya siembra se realiza inmediato posterior a la cosecha de la soja (en sistema de rotación), siendo éste por lo general el cultivo principal.

FIGURA 47

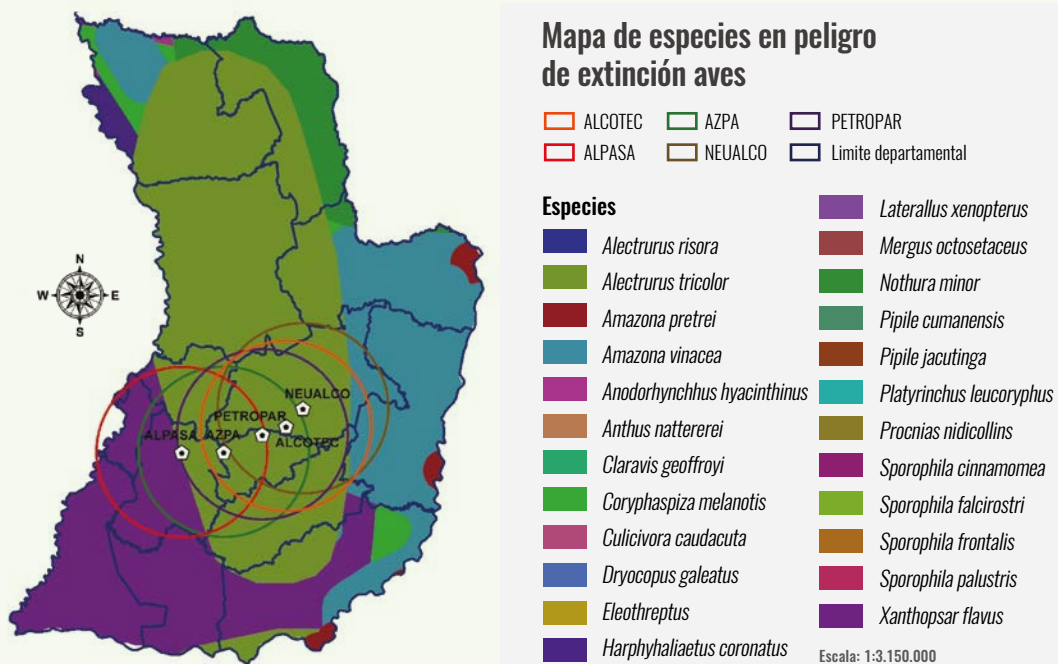
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ÁREAS CRÍTICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE MAMÍFEROS EN PELIGRO DE EXTINCIÓN Y ÁREAS DE INFLUENCIA DIRECTA DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS ALCOHOLERAS DEL PAÍS



Fuente: elaborado por Rejalaga L. y Anaquin, S. a partir de datos DGEEC, 2012 y UICN, 2011

FIGURA 48

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ÁREAS CRÍTICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS AVES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN Y ÁREAS DE INFLUENCIA DIRECTA DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS ALCOHOLERAS DEL PAÍS



Fuente: elaborado por Rejalaga L. y Anaquin, S. a partir de datos DGEEC, 2012 y UICN, 2011

mamíferos. Estas áreas son coincidentes con la ecorregión del BAAPA.

Según datos del MIC (2017), las industrias alcohólicas producen cerca del 90% del total del etanol en el país. Al respecto, el BID (2008) señalaba que las plantas energéticas agrícolas como caña, soja, maíz, mandioca o girasol, tendrán productividades satisfactorias en los mismos ecosistemas que también serían adecuados para producir biomasa forestal, pues requieren de los mismos factores ecológicos para la producción primaria levada.

Algunas de las áreas de importancia para la conservación de la biodiversidad y otras particularidades de las ecorregiones del país, están muy vinculadas a las zonas de influencia directa de las industrias alcohólicas. Se puede mencionar a modo indicativo que visualmente la dispersión de cultivos agrícolas en el año 2016 en el área de influencia directa definida en 80 km alrededor de cada planta industrializadora de etanol. El incremento de las áreas de cultivos en las proximidades de las industrias ALCOTEC y NEUALCO, podrían estar ejerciendo alguna presión en la Reserva Natural Ypeti y en el Parque Nacional Caazapá. La presión aún es mínima en el caso de la Reserva de Recursos Manejados Yvytyruzu. Además, la zona de influencia de la alcohólica INPASA, localizada al norte-oeste del país, podría estar ejerciendo importante presión a la Reserva Biológica de Limoy, la Reserva Biológica de Itabó y las Reservas Naturales Mbaracayu y Pikyry (**Figura 49**). Este aspecto señala la necesidad de implementar políticas adecuadas de salvaguardas de estas áreas de importancia para la conservación y estimular la restauración de importantes espacios degradados a nivel de paisaje (Insfrán & Rey Benayas, 2017).

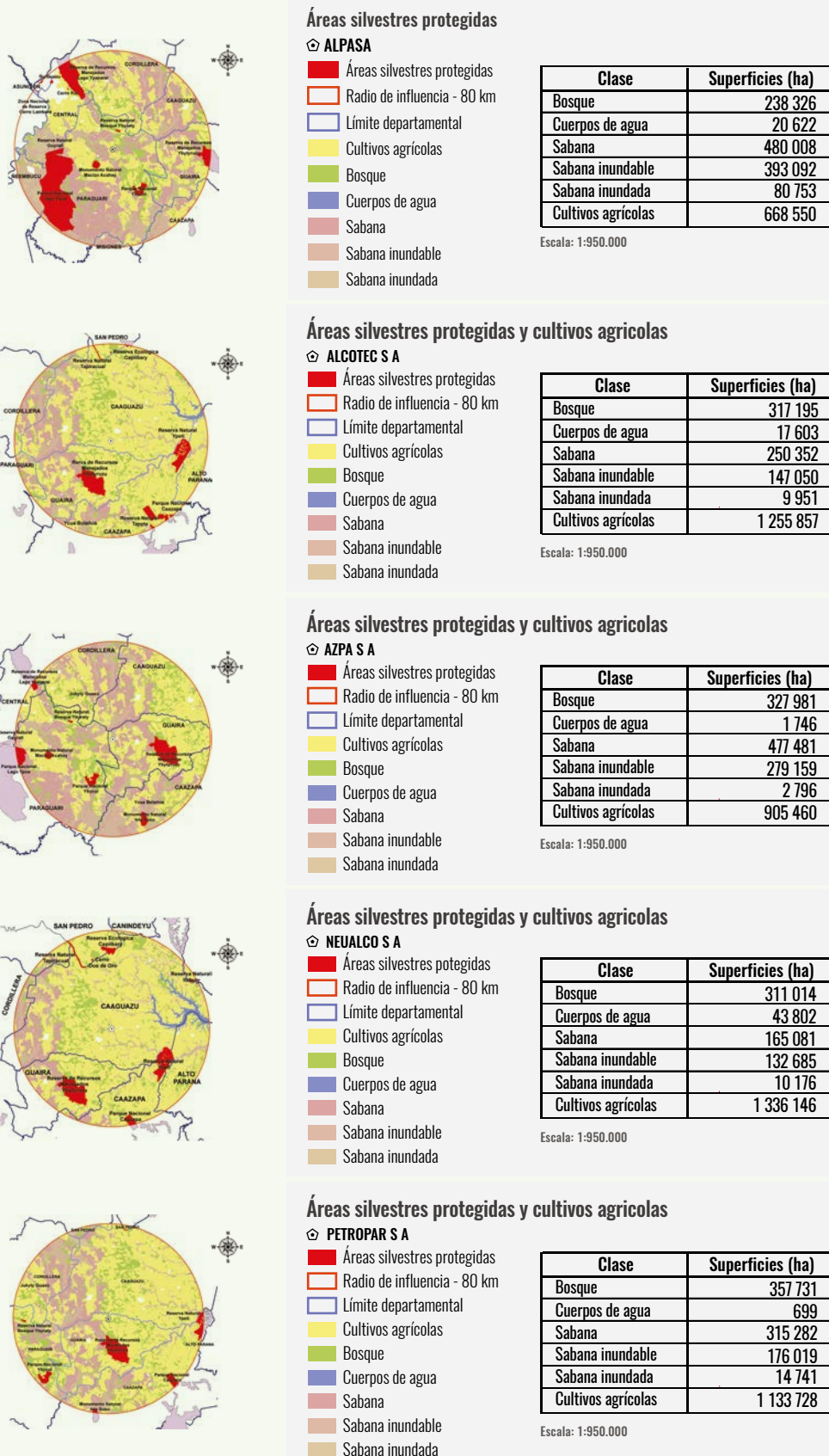
A fin de tener una aproximación general a la vinculación que podría haber entre el avance de las áreas de cultivo de maíz entre zafra, las áreas silvestres protegidas registradas oficialmente en la SEAM (2014) y la porción del territorio en la región oriental del Paraguay con mayor nivel de riqueza de aves y de mamíferos amenazados mostrados en las figuras anterior, se observa a primera vista que las áreas de cultivo de maíz entre zafra están más próximas a las áreas protegidas oficiales categorizadas como privadas y mixtas en el Este del país (**Figura 50**).

La distribución espacial de las áreas de cultivo de la caña de azúcar no fue posible establecer claramente pues no hay referencias de mapas recientes y se requiere un relevamiento semidetallado de campo para contar con la información precisa. Sin embargo, es posible afirmar basado en la **Figura 49** que en las zonas de influencia de las industrias alcohólicas AZPA, ALPASA Y PETROPAR que son los mayores demandantes de caña de azúcar para fines bioenergéticos, produciendo en conjunto unos 68 450 000 L/año de alcohol (55,9% del total) (MIC 2017), podrían ejercer presión en las áreas de interés para la conservación, tales como: la Reserva de Recursos Manejados Yvytyruzu, en las áreas vinculadas al Paisaje Protegido Cerro Dos de Oro y la cuenca vertiente del Parque Nacional Lago Ypoa, zonas caracterizadas en su mayor parte por planicies aluviales de escasa elevación que conectan a cuencas de importancia ecosistémica como son las cuencas el río Tebicuary, del Caañave y sus conexiones con Sistema de humedales Paraguay y Paraná.

Con la información obtenida sobre la expansión de las áreas de producción de caña de azúcar y de maíz zafriña (Indicador 8.1) no fue posible establecer conclusiones sólidas sobre el grado de conversión de los bosques para fines bioenergéticos. Sin embargo, es posible visualizar (**Figura 49** y **Figura 50**) la distribución geográfica en las zonas agroecológicas establecidas por el MAG (2015). De las 120 000 ha cultivadas de *Saccharum officinarum* en la zafra 2016 (MAG/DCEA, 2016; IICA, 2017), la mayor parte se concentra en la zona Centro y Centro Este de la región oriental del país, siendo los departamentos de Guairá (38%), Paraguairí (22%) y Caaguazú (15%) los mayores productores (**Cuadro 46**, Indicador 8). El cultivo del maíz zafriña en el 2016 totalizó un total de 838 769 ha, con una producción de más de 4,5 millones de toneladas, cuyas áreas de cultivo se localizan en mayor medida en las zonas agroecológicas caracterizadas como Centro Este, Este y Sur del país; siendo los departamentos de Alto Paraná (31%), Canindeyú (21%), Caaguazú (15%), Itapúa (12%), San Pedro (8,8%), Caazapá (6%) y Amambay (5%) las zonas de mayor concentración geográfica de la producción en el país (**Cuadro 50**, Indicador 8). Los datos de dispersión geográfica

FIGURA 49

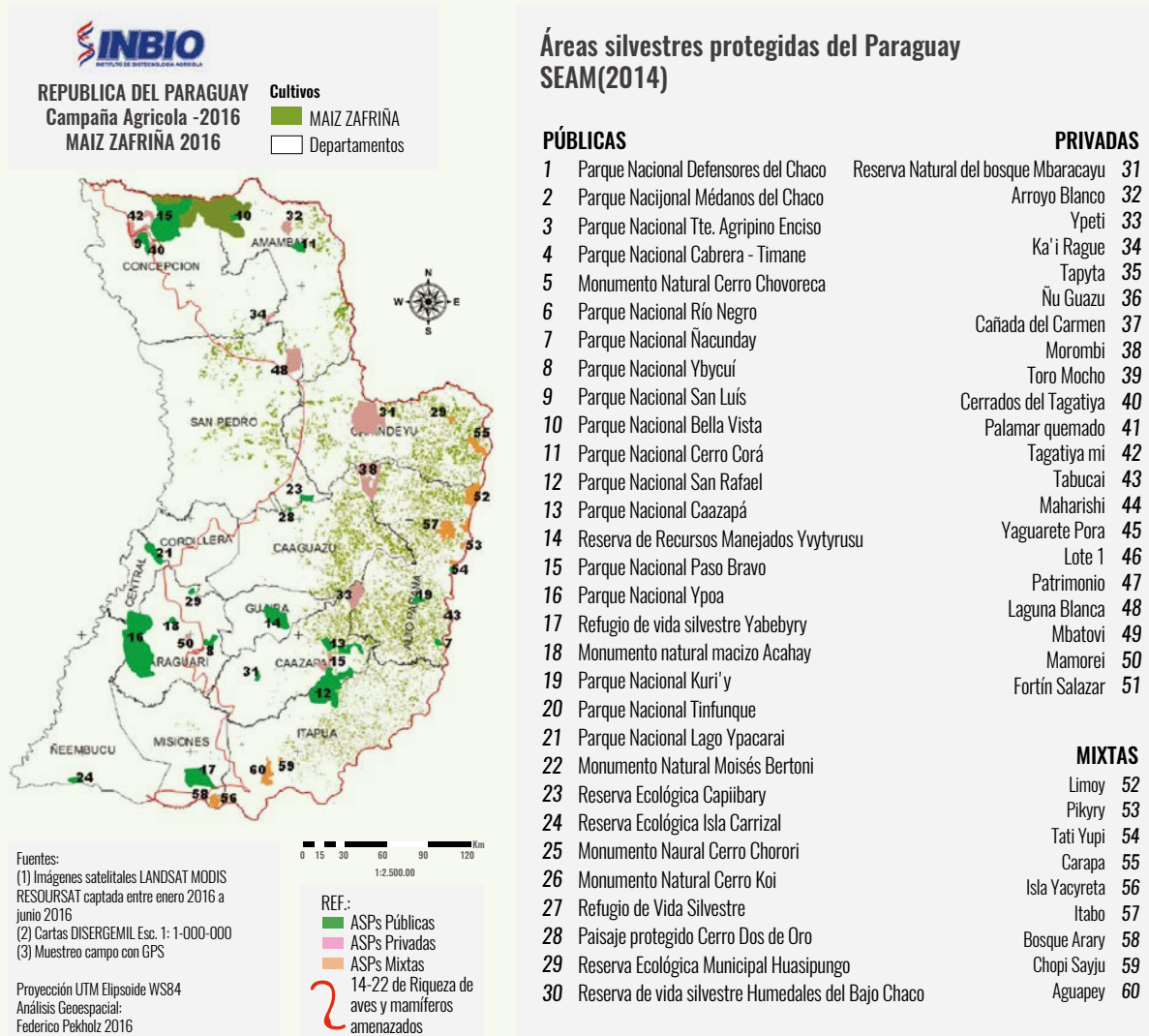
VISUALIZACIÓN DE ÁREAS DE CULTIVOS AGRÍCOLAS EN ÁREAS DE INFLUENCIA DIRECTA DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS ALCOHOLERAS DEL PAÍS



Fuente: elaborado por Rejalaga L. y Anaquin, S. a partir de datos DGEEC, 2012 y UICN, 2011

FIGURA 50

DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DE CULTIVO DE MAÍZ ZAFRIÑA CON RELACIÓN A LAS ÁREAS SILVESTRES PROTEGIDAS Y LAS ÁREAS CRÍTICAS DE AVES Y MAMÍFEROS AMENAZADOS EN LA REGIÓN ORIENTAL DE PARAGUAY



Fuente: adaptado de SEAM, 2014; INBÍO, 2016; y Cardozo, 2016; elaborado a partir de la base de datos BiodiversityMapping.org (Pimm et al., 2014) tomado de SEAM, 2016a

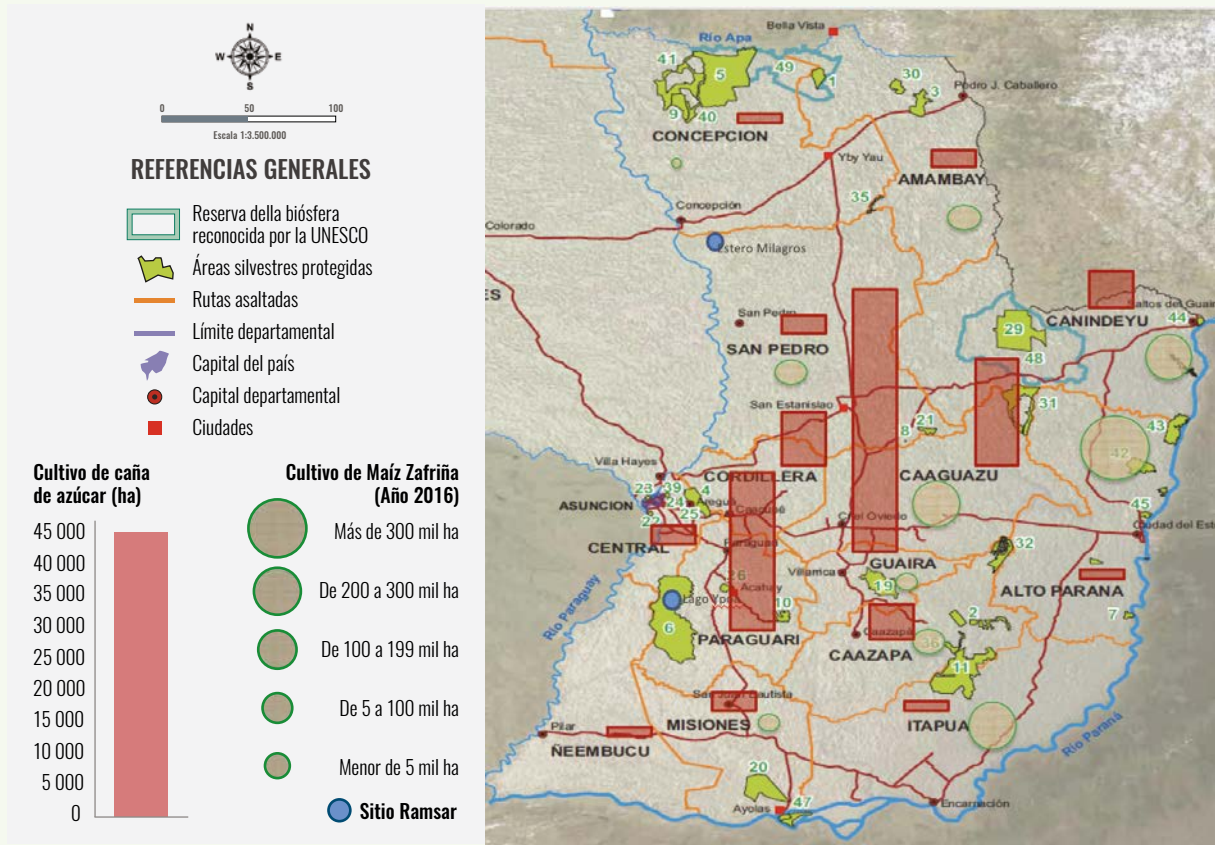
de ambos cultivos en el país, suponen una vinculación cercana a las áreas de interés para la protección de la biodiversidad en la región oriental del país, pues en estos departamentos se sitúan varias de las áreas silvestres protegidas de esta región, tal como se observa en la Figura 51 y se explicara en la Figura 47 y la Figura 48. En el estudio de casos se obtuvieron datos específicos de algunas de las empresas.

En concreto, la localización de las plantas industriales de alcohol conlleva a afirmar que conforme a ello se establecen los cultivos de caña

y de maíz en los departamentos. Este aspecto, se desarrolla con mayor detalle en el Cuadro 46 y el Cuadro 50 del Indicador 8, en el caso de la caña de azúcar y de maíz, respectivamente.

FIGURA 51

MAPA DE ÁREAS PROTEGIDAS DE ALTO VALOR PARA LA BIODIVERSIDAD Y PLANTACIONES DE CAÑA DE AZÚCAR Y MAÍZ ZAFRIÑA EN LA REGIÓN ORIENTAL DE PARAGUAY



Fuente: elaboración propia

Indicador 7.2

Las especies usadas como fuentes bioenergéticas tienen un flujo de utilización ya sea como biomasa sólida (leña) cuya finalidad es el aprovechamiento para generar energía calorífica, es decir, para uso en hornos de secado en las industrias, así como para uso directo en los hogares de las familias rurales; como así también el uso de cultivos para la elaboración de biocombustibles (etanol y biodiesel) o para la generación de biogás a partir de desechos.

CEPAL (2016) presenta un esquema que señala el flujo que toman las distintas fuentes bioenergéticas, que en el caso de la ‘biomasa de uso directo’, son la leña y residuos vegetales los más importantes; mientras que para la ‘biomasa transformada’, la leña es usada como

carbón vegetal y las otras fuentes bioenergéticas como la melaza, es usada como etanol. En este último caso, se contemplan los cultivos de caña de azúcar, maíz zafriña, mandioca y otros. Una aproximación a las principales especies usadas como fuentes bioenergéticas se puede observar en el Cuadro 43.

Las Especies Exóticas Invasoras (EEI) son consideradas amenazas a la biodiversidad. Entre las especies forestales usadas en las plantaciones forestales en el Paraguay, se encuentra el pino (*Pinus elliottii*) de la familia Pináceae, que es considerada una especie prioritaria entre las exóticas invasoras en el país (SEAM, 2016b). La misma fuente menciona que otra especie característica en los programas de plantaciones forestales (forestación) se resalta el Eucaliptus, género muy difundido, cultivado

con fines de aprovechamiento forestal, como fuente de madera o bioenergía según la especie y la variedad. El Eucaliptus, hasta hace poco, no se encontraba en ambientes diferentes al que fue cultivado, sin embargo, existen informes de que se reproduce fuera del área de cultivo, que lo posiciona como una especie potencialmente catalogada dentro de las EEI. Al respecto, el Informe de Morales *et al.* (2007) sugiere al Eucaliptus grandis y al Eucaliptus saligna como EEI. El Censo Agropecuario 2008 (MAG/DCEA, 2009) reportó 61 243 ha de

plantaciones con especies exóticas (Eucaliptus y Pinus), de las cuales el 92,5% correspondía a Eucaliptus. Actualmente, estas dos especies se están diseminando en el país como esfuerzo de reforestación para proporcionar biomasa para producir bioenergía. Sin embargo, no se reportan datos recientes sobre la discriminación en superficies, pero si se considera el porcentaje previamente indicado, se estima que, de las 122 452 ha de plantaciones forestales señaladas por INFONA (2016, Indicador 8), 113 268 ha son de Eucaliptus.

CUADRO 43

LISTA DE LAS ESPECIES USADAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA

			ESPECIES USADAS	Fuentes
BIOMASA DE USO DIRECTO	LEÑA Y OTROS USOS	EXÓTICAS	<i>EUCALIPTUS SPP.*</i>	BRITOS & LEGUIZAMÓN, 2013; UNIQUE, 2014; CABRERA, 2011; MAG, 2007
			<i>PINUS SPP.</i>	BRITOS & LEGUIZAMÓN, 2013
			<i>MELIA SP.</i>	BRITOS & LEGUIZAMÓN, 2013
		NATIVAS	<i>PATAGONULA AMERICANA</i>	UNIQUE/PAICO, 2014; CABRERA, 2011
			<i>PARAPIPTADENIA RIGIDA</i>	CABRERA, 2011
			<i>ANADENANTHERA COLUBRINA</i>	CABRERA, 2011
			<i>DIATENOPTERYX SORBIFOLIA</i>	CABRERA, 2011
			<i>HOLOCALYX BALANSAE</i>	CABRERA, 2011
			<i>APULEIA LEIOCARPA</i>	CABRERA, 2011
			<i>PELTOPHORUM DUBIUM</i>	VILLALBA, 2006
			<i>PTEROGYNE NITENS</i>	VILLALBA, 2006
			<i>CELTIS PUBESCENS</i>	VILLALBA, 2006
			<i>MYRSHINE UMBELLATA</i>	VILLALBA, 2006
			<i>TRIPLARIS CARACASSANA</i>	MAG, 2007
BIOMASA TRANSFORMADA	DESECHOS	CULTIVOS	<i>CASCARILLA DE COCO</i>	CEPAL, 2016
			<i>CASCARILLA DE ARROZ</i>	CEPAL, 2016
			<i>BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR</i>	CEPAL, 2016
		MADERA	<i>ACERRÍN</i>	ABC COLOR, 2015
BIOCOMBUSTIBLE	ETANOL	CULTIVOS	<i>CAÑA DE AZÚCAR</i>	MIC, 2016
			<i>MAÍZ ZAFRIÑA</i>	MIC, 2016; INPASA, 2018
			<i>MANDIOCA</i>	ABC COLOR, 2005
			<i>SORGO</i>	INPASA, 2018

Fuente: elaboración propia

**E. grandis*, *E. urophylla*, *Eucalyptus dunnii*, *E. camaldulensis* e híbridos

La Política Forestal Nacional prevé dentro del Programa de Manejo Sostenible de Bosques la estrategia de “Plan de Manejo forestal” de bosques nativos y plantaciones forestales, como requisito obligatorio para el aprovechamiento sostenible de los mismos; además, este instrumento establece como estrategia incentivos para el establecimiento y desarrollo de plantaciones forestales industriales, energéticas y de uso múltiple en zonas prioritarias para la reforestación (INFONA, 2006). De los estudios de casos de empresas usuarias de biomasa forestal, se resalta que dos empresas realizan Plan de Manejo de bosques.

Una de ellas¹³, tiene 6 000 ha de área de reserva legal (35% del área total de su propiedad) conforme con la Ley Forestal 422/73. Igualmente, la referida empresa tiene áreas de plantación de *Eucaliptus* netamente para el consumo de leña y otras parcelas para la industria de lámina, que genera un 40% de biomasa no industrializadas (punteras) que destinan para la generación de bioenergía en las calderas. El uso de leña como fuente energética es fundamental en esta empresa que además establece contratos con proveedores de leña con pobladores de la zona.

En otro caso¹⁴ el 95% de la leña usada como fuente bioenergética constituye el *Eucaliptus* y un 5% especies nativas. En la región sur del país donde están localizados estos emprendimientos la especie *Eucaliptus grandis* es la más usada. La cooperativa tiene un programa de reforestación con fines energéticos que contempla desde el año 2000 un plan de financiamiento dirigido a los socios para una superficie que oscila entre 2 a 5 ha por finca, que al cabo de 7 años entregan a la cooperativa 90 m³ de leña por hectárea como pago de la financiación recibida y el remanente la cooperativa compra al precio actual. Este sistema operativo implementado por la cooperativa, se realiza en un radio de 30 km en sus diez sucursales. La cooperativa no tiene área propia de plantación con fines bioenergéticos. En promedio se realizan plantaciones de 35 ha de *Eucaliptus* por año, lo que significa que en los últimos 16 años se han plantado unas 560 hectáreas de *Eucaliptos*.

La caña de azúcar y el maíz entre zafra, no

están clasificadas como especies invasoras en Paraguay. Para determinar si alguna otra especie invasora se utiliza en el sistema de producción de etanol, se deberá realizar investigaciones más profundas y de rigor para establecer; entre tanto, el componente indicador 7.2 para la producción de etanol podría valorarse de conformidad a los usos de la biomasa vegetal como fuente energética en los procesos de elaboración de alcohol.

Indicador 7.3

En Paraguay el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2012) contempla en sus Programas Estratégicos de acción el “Programa Nacional de manejo, conservación y recuperación de suelos” que es un marco de políticas para promover el uso de métodos de conservación. El uso de prácticas de manejo de conservación de suelos, tales como: no quema de los rastrojos y uso de curvas de nivel para evitar la erosión superficial del suelo (principales causas de su degradación), aplicación de gallinaza y abonos orgánicos en los sistemas de producción de caña de azúcar; así como las prácticas de Labranza Cero o Siembra Directa (SD) y la rotación de cultivos en el caso del maíz entre zafra, son los principales desafíos en el Paraguay.

La adopción de medidas de conservación como la Labranza Mínima y la Siembra Directa (SD-o Labranza Cero), ha sido una práctica difundida en Sudamérica, incluyendo en el Paraguay. De acuerdo con Wingeyer *et al.* 2015, en los años 2008/2009 la SD se utilizaba en el 70-90% de la superficie de cultivo de granos en Paraguay, Brasil, Argentina, Bolivia y Uruguay. Los mismos autores señalan que en el Paraguay existían unas 2 400 000 ha con prácticas de SD que corresponden al 90% de las áreas de cultivos en el país, la más alta de la región (**Cuadro 4.4**). Datos más recientes (Hahn Villalba, 2017) revelan que el 62% de la superficie de maíz entre zafra se cultiva bajo SD y tan solo el 4% de la superficie cultivada de caña de azúcar industrial está bajo SD.

¹³ Kress Burgos, departamento de Itapúa-Paraguay

¹⁴ Cooperativa Colonias Unidas, departamento de Itapúa-Paraguay

CUADRO 44

ÁREA BAJO SIEMBRA DIRECTA (O LABRANZA CERO) EN ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA DEL SUR

País	Superficie de cultivo de granos sin labranza o labranza cero (ha) 2008/2009	Porcentaje del área total cosechada
BRASIL	25 502 000	58%
ARGENTINA	25 553 000	70%
PARAGUAY	2 400 000	90%
BOLIVIA	706 000	72%
URUGUAY	655 100	82%

Fuente: Wingeyer et al., 2015

Estudios recientes indican que el uso de estiércol vacuno y gallinaza aumenta en el rendimiento de caña de azúcar a más de 100 t/ha, cuyos usos son recomendables para cultivos de ciclo largo (Medina *et al.*, 2011; Rieder, 2009). Estas prácticas evidentemente incrementarían la productividad de los cultivos sujeto a sistemas de producción conservacionistas.

El Programa Nacional de manejo, conservación y recuperación de suelos mencionado es clave para la valoración del indicador, sin embargo sus efectos en la producción de caña de azúcar y maíz zafriña para fines bioenergéticos, no están documentados. Ante esta realidad, se ha relevado información de estudio de casos de empresas productoras¹⁵ de *Saccharum officinarum*, maíz zafriña y que utilizan biomasa en sus procesos industriales, y solamente una de ellas¹⁶ implementa la práctica de cultivo de cobertura y rotación de cultivos en 800 ha cada cinco años que usualmente se produce entre los cultivos de soja, maíz zafriña (en primavera-verano) y trigo o avena (en otoño-invierno).

4.7.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

La implementación del Indicador 7 se centró en el desarrollo y presentación de datos de nivel Nacional, aunque con mayor profundización en el nivel de análisis y en especificación de datos de la región oriental del país, debido a que en la misma

se encuentra la totalidad del cultivo de maíz y la mayor parte del cultivo de caña de azúcar. Se tuvo acceso a informaciones oficiales disponibles en línea vinculadas a instituciones públicas y privadas y de organismos internacionales, sobre resultados de estudios realizados, estadísticas de cultivos, informes institucionales, artículos científicos, documentos sobre Planes Nacionales, tesis en universidades y fuentes electrónicas accesibles. Se ha accedido a varias fuentes de literaturas en línea de donde se obtuvieron mapas de áreas protegidas, de cultivos y de áreas críticas para la biodiversidad amenazada en el país, así como datos precisos sobre medidas adoptadas para la conservación de suelos. Las informaciones fueron útiles como referencias para elaborar nuevos mapas para el análisis del indicador. Sin embargo, los datos disponibles no fueron suficientes y obligó a realizar levantamiento de datos primarios, para lo cual, se ha entrevistado a representantes de algunas industrias alcoholeras del país y de empresas que utilizan biomasa para la producción de energía en sus procesos industriales. El criterio de selección de estas últimas fue conforme a la predisposición de las empresas para la provisión de las informaciones.

Resultados

La implementación del indicador 7 no pudo completarse plenamente; no obstante, se recopiló información que constituyen un punto de partida para medidas futuras en el Paraguay. Se resalta el acelerado proceso

¹⁵ Se ha entrevistado a representantes de 8 empresas que utilizan biomasa en sus procesos industriales (CEAMSO, 2017).

¹⁶ Azucarera Paraguaya S.A. (AZPA), departamento de Guairá, Paraguay.

de deforestación que se viene registrando en los últimos años en la región occidental del país donde existen áreas de interés para la conservación de la biodiversidad a escala de paisaje; y el escaso remanente de bosques y otras formaciones naturales en la región oriental del país, donde están situadas las áreas de producción bioenergéticas (caña de azúcar, maíz entre zafra y biomasa para la producción de energía) y a su vez las áreas críticas para la conservación de especies amenazadas de la biodiversidad nativa, en especial de aves y mamíferos. En tal sentido, se observó que las áreas de cultivo de maíz entre zafra están más próximas a las áreas protegidas oficiales categorizadas como privadas y mixtas en el Este del país, generando presión en su avance.

Es relevante señalar que casi la totalidad de la madera usada para la producción de bioenergía, proviene del género *Eucaliptus*, y en menor porcentaje (5%), de especies nativas. El Censo Agropecuario 2008 (MAG/DCEA, 2009) reportó 61 243 ha de plantaciones con especies exóticas (*Eucaliptus* y *Pinus*), de las cuales el 92,5% correspondía a *Eucaliptus*. Actualmente, estas dos especies se están diseminando en el país como esfuerzo de reforestación para proporcionar biomasa para producir bioenergía. Sin embargo, no se reportan datos recientes sobre la discriminación en superficies, pero si se considera el porcentaje previamente indicado se estima que, de las 122 452 ha de plantaciones forestales señaladas por INFONA (2016, Indicador 8), 113 268 ha son de *Eucaliptus*.

Datos recientes revelan que el 62% de la superficie de maíz entre zafra se cultiva bajo Siembra Directa (SD) y tan solo el 4% de la superficie cultivada de caña de azúcar industrial está cultivada bajo SD. Otras prácticas de manejo de conservación de suelos utilizadas también en el Paraguay son: la no quema de los rastrojos y uso de curvas de nivel para evitar la erosión superficial del suelo (principales causas de su degradación), y aplicación de gallinaza y abonos orgánicos en los sistemas de producción de caña de azúcar.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Es necesaria la adopción de una política de aprovechamiento de los cultivos bioenergéticos consustanciada con la Política Ambiental Nacional (PAN) establecida desde el 2005 en el Paraguay. Se impone la generación de espacios de debate que generen acuerdos a nivel de las instancias nacionales responsables de la toma de decisiones como la SEAM, el INFONA, el MAG, el MIC, el Vice ministerio de Minas y Energía del MOPC, Universidades y otras instancias. Únicamente así, se podrá apuntar a la sustentabilidad de los ecosistemas naturales y productivos y se podrá garantizar la conciliación de intereses económicos, ambientales y sociales entorno a la diversidad biológica del paisaje y los procesos bioenergéticos en el país.

Si bien no se ha podido establecer una relación causa-efecto entre el avance de las áreas de cultivos bioenergéticos y la pérdida de la diversidad biológica en el paisaje, hay razón lógica que cualquier cultivo transforma el paisaje natural en el territorio, de eso no hay dudas; sin embargo, la efectividad de la regulación es lo fundamental. En tal sentido, en el Paraguay se ha visto poca efectividad de las restricciones legales establecidas, el ejemplo fehaciente es el caso de la ley llamada de “deforestación cero” vigente desde el 2005 hasta hoy para la región oriental del país.

Al respecto, el marco de las políticas públicas debe contemplar necesariamente acciones que garanticen la restauración de los ecosistemas degradados a nivel de paisaje, muy especialmente en las áreas identificadas críticas para la conservación de la aves y mamíferos en la región oriental del país. En tal sentido, la implementación del Plan nacional de reforestación que lidera el INFONA y el Plan Nacional de Eficiencia Energética de la República del Paraguay impulsado por el MOPC, deben contemplar los lineamientos de la Estrategia Nacional y Plan de Acción para la Conservación de la Biodiversidad (ENPAB) que promueve la SEAM, pues constituyen instancias que deben incorporar los principios de sustentabilidad ambiental, social y económica, donde el uso de las especies nativas sea un requisito esencial,

entre otros, para mantener la diversidad en el paisaje. Esta premisa, requiere evidentemente anteponer criterios no solo económicos, sino un profundo análisis de los altos valores ambientales y sociales a fin de apuntar a la sustentabilidad de los procesos.

Monitoreo del indicador en el futuro

La implementación del indicador 7 en Paraguay ayudó a buscar la relación entre los cultivos bioenergéticos y las áreas de alto valor para la biodiversidad amenazada o ecosistemas críticos. Sin embargo, hay lagunas importantes respecto a la precisión de las áreas de caña de azúcar y de maíz destinadas a la producción de etanol; es más, no se ha podido conseguir información sobre la distribución de las áreas de caña de azúcar en el país, por lo que se ha usado datos estadísticos disponibles por departamento. Por lo anterior, no se ha podido demostrar en mapa la relación de las áreas de cultivo de caña de azúcar y las Áreas Silvestres Protegidas y de alto valor para la biodiversidad.

Por tanto, es necesario implementar un sistema de monitoreo de las plantaciones bioenergéticas con mayor precisión (área, distribución geográfica y usos en el tiempo) y para el caso de los cultivos anuales de caña

de azúcar y de maíz zafriña, que haya un ente oficial que realice monitoreo a cerca de las áreas destinadas a etanol y las medidas de conservación de los suelos en estos cultivos.

Así mismo y con los mismos objetivos, es necesario establecer un sistema de monitoreo conjunto entre los organismos públicos (MAG, INFONA, MIC, SEAM, entre otros) y las industrias alcoholeras, a fin de desarrollar estrategias de obtención de datos primarios sistemáticos y mecanismos interinstitucionales ágiles que los hagan disponibles.

Por los mismos motivos, el Plan Nacional de Eficiencia Energética de la República del Paraguay debe contemplar en su agenda de trabajo la construcción de capacidades institucionales de los órganos públicos nacionales y privados para el monitoreo del indicador. En este menester, las instancias locales de coordinación del MAG a través de la Dirección de Extensión Agraria (DEAg) podría ser una de las alternativas sugeridas para abordar la cuestión, pues son los actores que se vinculan directamente con los agricultores en todo el territorio nacional. Por tanto, será necesario un Plan de construcción de capacidades direccionadas a los agentes de desarrollo local del MAG.

REFERENCIAS

abc Color, 2005. Fabrican alcohol a partir de almidón de mandioca. Disponible en: <http://www.abc.com.py/edicion-impresia/economia/fabrican-alcohol-a-partir-del-almidon-de-mandioca-854763.html> (Acceso: julio 2017)

abc Color, 2015. Proyecto industrial modelo. Disponible en: <http://www.abc.com.py/edicion-impresia/interior/proyecto-de-industria-modelo-1406666.html> (Acceso: julio 2017)

Britos, J. y Leguizamón, A., 2013. Manual de plantaciones forestales: técnicas e instalación y manejo. INFONA, 18p.

Cabrera Ayala, L.M., 2011. Consumo de leña en secaderos de soja de la Cooperativa Colonias Unidas. Tesis de grado en la Carrera de Ingeniería forestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.

Cardozo, N.R., 2016. Lineamientos considerando las cuestiones de mitigación, adaptación y resiliencia ante el cambio climático en la ENPAB: análisis comparativo entre la biodiversidad y el cambio climático, considerando cómo afecta el cambio climático en la pérdida de diversidad biológica en el Paraguay y cómo la biodiversidad y los procesos de conservación aportan en la

- mitigación, adaptación y recuperación ante el cambio climático. Informe de Consultoría (Producto 4). Secretaría del Ambiente (SEAM), Estrategia Nacional y Plan de Acción para la Conservación de la Biodiversidad (ENPAB), Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMAM), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- CEPAL**, 2016. Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de la república del Paraguay, 2016. Santiago, Chile. CEPAL/MOPC/GIZ/ADEME, 74p.
- Clark, P.**, 2014. Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (IBAs) en Paraguay. Disponible en: <http://parquesnacionalesdelparaguay.blogspot.com/2014/03/areas-de-importancia-para-la.html> (Acceso: mayo 2017)
- Da Ponte, E., Fleckenstein, M., Leinenkugel, P., Parker, A., Oppelt, N. y Kuenzer, C.**, 2015. Tropical forest cover dynamics for Latin America using Earth observation data: a review covering the continental, regional, and local scale. *Int. J. Remote Sens.* 36(12):3196–3242. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2015.1058539>
- Da Ponte, E., Roch, M., Leinenkugel, P., Dech, S. y Kuenzer, C.**, 2016. Paraguay's Atlantic Forest cover loss- Satellite – based change detection and fragmentation analysis between 2003 and 2013. *Appl. Geogr.* 79:37–49. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.12.005>
- Da Ponte, E., Kuenzer, B.C., Parker, C.A., Rodas, D.O., Oppelt, S.N. y Fleckenstein, M.**, 2017. Forest cover loss in Paraguay and perception of ecosystem services: A case study of the Upper Parana Forest. *Ecosystem Services* 24:200–212. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.009> (Acceso: mayo 2017)
- Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos Anuario estadístico (DGEEC).** Disponible en: <http://www.dgeec.gov.py/Publicaciones/Biblioteca>
- Dinerstein, E., Olson, D.M., Graham, D.J., Webster, A.L., Primm, S.A., Bookbinder, M.P. y Ledec, G.**, 1995. Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de América Latina y el Caribe. WWF – World Bank. Washington, D.C. 135p.
- FAO**, 2011. The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy, First Edition. GBEP Global Bioenergy Partnership. Rome: Food and Agricultural Organization. ISBN 978-92-5-107249-3
- FAO**, 2005. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005: Informe Nacional-, Paraguay. FAO/Departamento forestal, FRA2005/200. 31p.
- Guyra Paraguay.** 2016. Alarmante deforestación en el Chaco Americano. Por día se talan 585 500 árboles. Disponible en: <http://guyra.org.py/wp-content/uploads/2016/02/Resumen-Deforestaci%C3%B3n-Jun-Nov-2016.pdf> (Acceso: julio 2017)
- Hahn Villalba, E.**, 2017. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de la agricultura familiar paraguaya. región oriental. Asunción, Par, 196p.
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O. y Townshend, J.R.G.**, 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 342(80):850–853. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1244693>
- IICA**, 2017. Evolución y situación de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/cana.htm> (Acceso: junio 2017)
- INBIO**, 2008. Estimación de superficie cultivada de maíz zafriña. Año agrícola 2008. Disponible en: http://www.inbio.org.py/uploads/d1superficie_cultivada_maiz_zafri%C3%B1a_2008.pdf (Acceso: agosto 2017)
- BID** (Inter-American Development Bank), 2008. Herramientas para mejorar la Efectividad del mercado de combustibles de madera en la economía rural. Proyecto ATN/AU – 10038 RJ. Informe Diagnóstico Paraguay. 1300 New York Avenue, N.W. Washington, D.C. 20577.
- INFONA**, 2006. Política Forestal Nacional. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/par148311.pdf> (Acceso: julio 2017).
- INFONA**, 2016. Balance Anual de Gestión Pública. Presupuesto por Resultado Año 2016. San Lorenzo, Paraguay. 48p
- INPASA**, 2018. Productos, etanol. Disponible en: <http://inpasa.com.py/es/productos/etanol> (Acceso: marzo 2018)
- Insfrán O.A. y Rey Benayas, J.M.**, 2017. La cultura de la restauración de los ecosistemas: Una tarea pendiente en sistemas agrícolas tropicales y en

- el BAAPA en Paraguay. In: Ecología Humana Contemporánea: Apuntes y visiones en la complejidad del desarrollo. FCA, 15-55p
- MAG**, 2007. Manual de Agroforestería. Proyecto Manejo Sostenible de Recursos Naturales. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/bina/dato/Manual%20de%20agroforesteria.pdf> (Acceso: julio 2017)
- MAG**, 2008. Plantaciones forestales. Disponible en: http://www.mag.gov.py/Censo/VOL%20I/C44_FORESTALES%20EUCALIPTO%20Y%20PINO.pdf (Acceso: abril 2018)
- MAG**, 2012. Políticas Pública, Sectorial y Programas Estratégicos. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/dgp/dgp/POLITICAS%20Y%20PROGRAMAS%20ESTRATEGICOS%20MAG%202012.pdf> (Acceso: julio 2017)
- MAG**, 2015. Zonificación agroecológica de rubros agropecuarios del Paraguay zafra 2013-2014. Asunción, Par., MAG7DGP/UEA, 58p.
- MAG/DCEA**, 2009. Censo Agropecuario Nacional 2008. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/Censo/Book%201.pdf> (Acceso: 12 de abril de 2018)
- MAG/DCEA**, 2016. Síntesis Estadísticas. Producción agropecuaria año agrícola 2015/2016. San Lorenzo, Par. Ministerios de Agricultura y Ganadería/Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias, Informe Final diciembre 2016. 51p.
- Medina, M.O., Fatecha Fois, D.A. y Rolón Paredes, G.**, 2011. Efecto de la fertilización mineral, orgánica y órgano-mineral en la producción de caña de azúcar de segundo año. *Investig. Agrar.* 13(1):49-52.
- MIC** (Ministerio de Industria y Comercio), 2016. Informe S.N° 337/2016.
- MIC**, 2017. Informe mensual Setiembre 2017. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/adjunt/InformeSetiemb_SSEI.pdf (Acceso: diciembre 2017)
- MOPC/VMME/GIZ**, 2013. Producción y consumo de biomasa sólida en el Paraguay. MOPC/GIZ. Disponible en: [http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20\(1\).pdf](http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20(1).pdf) (Acceso: julio 2016)
- Morales, C., Rodas, O., de Egea, J., Centrón, S., Morales, V. y Yanosky, A.**, 2007. Proyecto Base de Datos de Especies Invasoras del Paraguay- Informe Final.
- Olson, D.M., Dinerstein, E., Wikramanaya, E.D., Burgess, N.D., Powell, G.V.N., Underwood, E.C., D'Amico, J.A., Toua, I.I., Strand, H.E., Morrison, J.C., Loucks, C.J., Allnutt, T.F., Ricketts, T.H., Kura, Y., Lamoreux, J.F., Wettengel, W.W., Hedao, P. y Kassem, K.R.**, 2001. Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *BioScience* 51:933-938
- Pimm, S.L., Jenkins, C.N., Abell, R., Brooks, T.M., Gittleman, J.L., Joppa, L.N., Raven, P.H., Roberts, C.M. y Sexton, J.O.**, 2014. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* 344(6187). DOI: 10.1126/science.1246752
- PNC ONU-REDD+ Py/SEAM/INFONA/FAPI**, 2016. Escenarios de deforestación futura en Paraguay. Asunción, Paraguay: FAO/PNUD/PNUMA. 16 p.
- PNUD**, 2015. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Disponible en: <http://www.py.undp.org/content/paraguay/es/home/post-2015/mdgoverview/overview/mdg7.html> (Acceso: agosto 2017)
- RAMSAR**, 2012. Informe Nacional sobre la aplicación de la Convención de Ramsar sobre los humedales. Disponible en: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/cop11/nr/cop11-nr-paraguay.pdf> (Acceso: junio 2017)
- RAMSAR**, 2014. Ramsar Sites Information Service. Lista Anotada de Humedales de Importancia Internacional. Disponible en: https://rsis.ramsar.org/sites/default/files/rsiswp_search/exports/Ramsar-Sites-annotated-summary-Paraguay.pdf?1497278414 (Acceso: junio 2017)
- Rieder, NA.** 2009. Fertilización química, orgánica y órgano-mineral en la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis (Ing. Agr.). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay
- Salas-Dueñas, D.A. y Facetti, J.F.**, 2007. Biodiversidad del Paraguay, una aproximación a sus realidades. 1ra ed., Fundación Moisés Bertoni, USAID, GEF/BM.
- SEAM**, 2011. Resolución 1163/11. Disponible en: <http://www.seam.gov.py/sites/default/files/resolucion1163.pdf> (Acceso: abril 2018)
- SEAM**, 2014. Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Paraguay (SINASIP). Áreas Silvestres protegidas establecidas legalmente. Disponible en: <http://www.seam.gov.py/sites/>

- default/files/mapa_actualizado_de_sinasip.pdf (Acceso: mayo 2017)
- SEAM**, 2016a. Estrategia Nacional Estrategia Nacional y Plan de Acción para la Conservación de la Biodiversidad del Paraguay 2015-2020. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). Asunción, Par. 187 p.
- SEAM**, 2016b. Especies Exóticas Invasoras. Asunción, Par., SEAM/PNUD/FMAM, ENPAB. 61p.
- SEAM y PNUD**, 2009. Sistema Nacional de Áreas Silvestres. Plan Estratégico 2010-2015. Asunción, Par, SINASIP, sp. Disponible en: http://www.seam.gov.py/sites/default/files/documento_de_proceso_sinasip.pdf (Acceso: mayo 2017)
- SEAM**. S.f. Especies en peligro de extinción. Disponible en: http://www.seam.gov.py/sites/default/files/peligro_de_extincion.pdf (Acceso: mayo 2017)
- UNICOOP**, 2015. Prácticas recomendadas para la adecuación ambiental y desarrollo forestal. Santa Rita, Par. UNICOOP, 62p.
- UNIQUE/PAYCO**, 2014. Plan Integral de Producción Forestal PAYCO. Establecimiento de reforestaciones en Paraguay.
- Vidal**, VC. 2014. Análisis de los principales drivers de deforestación y degradación de los bosques a nivel nacional Informe final. PNC ONU – REDD, 40p.
- Villalba Rodríguez, M.E.**, 2006. Consumo de leña en fincas de Nueva Italia. Tesis de Grado en la Carrera de Ingeniería forestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción
- Walcott, J., Thorley, J., Kapos, V., Miles, L., Woroniecki, S. y Blaney, R.**, 2015. Mapping multiple benefits of REDD+ in Paraguay: using spatial information to support land-use planning. Cambridge, UK: UNEP-WCMC.
- Wingeyer, A.B., Amado, T.J.C., Pérez-Bidegain, M., Studdert, G.A., Perdomo, V.C.H., Garcia, F.O. y Douglas L.K.**, 2015. Soil Quality Impacts of Current South American Agricultural Practices. *Sustainability* 7:2213-2242; doi: 10.3390/su7022213
- WWF (World Wildlife Fund for Nature) Paraguay**, 2005. El Bosque Atlántico. Disponible en: http://www.wwf.org.py/_donde_trabajamos_/bosque_atlantico/

4.8 INDICADOR 8: USO DE LA TIERRA Y CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA RELACIONADO CON LA PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA PARA BIOENERGÍA

Amado Insfrán Ortiz

Centro de Estudios Ambientales y
Sociales, Asunción

DESCRIPCIÓN:

(8.1) Área total de tierra para la producción de materias primas para bioenergía (8.1a) y en comparación con la superficie nacional total (8.1b) y las áreas de tierras agrícolas (8.2a) y superficies forestales gestionadas (8.2b)

(8.3) Incremento porcentual de bioenergía según criterios:

(8.3a) aumento del rendimiento,

(8.3b) residuos,

(8.3c) desechos,

(8.3d) tierras degradadas o contaminadas

(8.4) Tasas anuales de conversión neta entre tipos de uso de la tierra causados directamente por la producción de materias primas para bioenergía, entre las que se incluyen las siguientes:

Tierras cultivables y cultivos perennes, praderas

y pastos permanentes y bosques gestionados

Bosques naturales y pastizales (incluida la sabana, excluidos los prados y pastizales naturales

permanentes), las turberas y los humedales

UNIDADES DE MEDICIÓN:

(8.1- 8.2) hectáreas y porcentajes

(8.3) porcentajes

(8.4) hectárea por año, distribución espacial registrada

4.8.1 Implementación del indicador 8 en Paraguay

Para la implementación del indicador 8 algunos datos no fueron posibles precisar por falta de información a nivel nacional que pudiera expresar la evolución de los indicadores medidos. El estudio evaluó el uso de la tierra y el cambio en el uso de la tierra en la situación actual y en comparación con una línea de base que parte del año 2005, año en que el Gobierno promulgó Ley 2748/2005 “de fomento a los biocombustibles”.

En el indicador 8.1, se presenta datos oficiales de fuentes secundarias por el lado de la producción de materia prima, sin embargo, no existen datos anuales secuenciales de la proporción de la producción de caña de azúcar y de maíz destinada a la producción de etanol. El Indicador 8.2, de plantaciones forestales gestionadas, aunque se dispone de datos relativamente recientes, no fue posible establecer la evolución a través de los años por falta de datos oficiales. Para la medición del Indicador 8.3 no existen datos precisos, ante lo cual se presenta una relación de datos para tratar de explicar el indicador; y para medir el Indicador 8.4 existen varias fuentes sobre la deforestación y cambio de uso de la tierra en el país, aquí se presenta una información de nivel oficial.

Para subsanar la carencia de datos se recurrió a la recopilación de datos primarios, para lo cual se contactó y solicitó información a un total de 13 empresas nacionales y multinacionales, alcohólicas y demandantes de biomasa en sus procesos tecnológicos, conforme a un cuestionario de preguntas sobre la cadena de biomasa, caña de azúcar y maíz entre zafra (zafriña). Se ha podido recibir algunas de las informaciones requeridas de tan solo 7 empresas, cuatro de ellas productoras de etanol¹⁷ y de todas como demandantes de biomasa¹⁸. Con los datos obtenidos se han podido complementar las fuentes secundarias nacionales.

¹⁷ Neualco S.A. (<http://www.neualco.com/>); Petropar S.A. (<http://www.petropar.gov.py/>), Azucarera Paraguay (<http://www.azpa.com.py/>) y Alcotec S. A. (<http://www.alcotecs.com.py/>)

¹⁸ Las mencionadas como alcohólicas, además de: Frutika S. A.; Cooperativa Colonias Unidas y Fecoprod.

4.8.2 Resultados clave

Producción de caña de azúcar y de maíz entre zafra para la producción de etanol

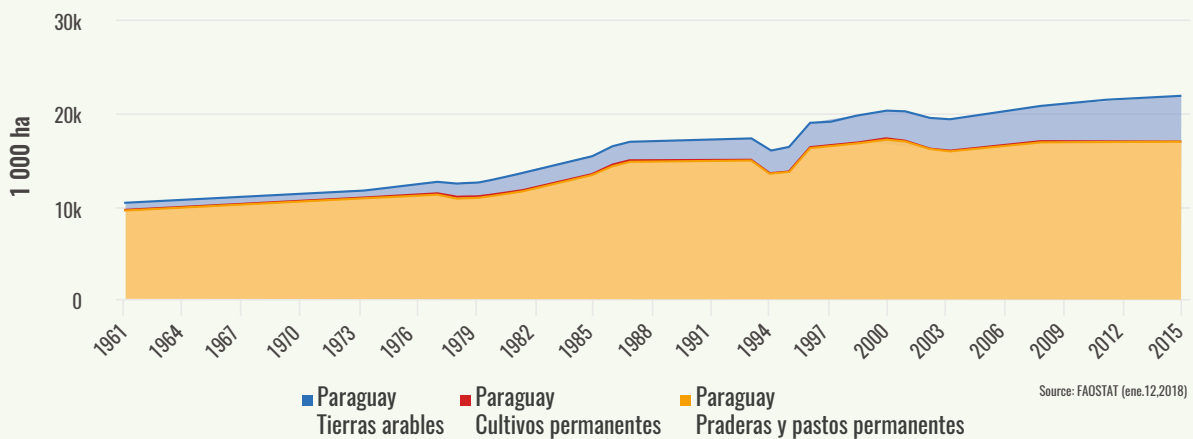
La conversión de áreas naturales y seminaturales para la producción primaria en el Paraguay ha venido creciendo en los últimos 50 años. Desde la década del '60 la agricultura familiar, la producción extensiva de granos (agricultura mecanizada) y las pasturas implantadas crecieron a expensa de los bosques (Cubilla, 2016) y los efectos fueron altamente perjudiciales para la biodiversidad natural y cultivada y el suelo. La FAO sistematiza y registra esta evolución notándose claramente un incremento similar entre las tierras arables convertidas a cultivos extensivos y las áreas de praderas y pasturas permanentes, ésta última abarca las áreas de pastizales nativos con ocupación ganadera y las pasturas permanentes implantadas. En el periodo señalado, se ha duplicado el área de producción en el país, notándose que de 700 000 ha registradas de tierras arables en el año 1961 se han incrementado a 5 045 000 ha en el 2016 (unas siete veces más) y las áreas de praderas y pasturas permanentes de 9 600 000 ha en 1961 han aumentado a 17 000 000 ha en el 2015 (cercano al doble). La **Figura 52** ilustra estos cambios registrados.

a. Caña de azúcar

Del mismo modo a lo anterior expresado, la caña de azúcar tuvo una tendencia de crecimiento de sus áreas de producción, que en época más reciente desde la zafra 2005, de 74 000 ha cultivadas pasó a 120 000 ha en la zafra 2016 duplicándose así la superficie cultivada en el país (**Cuadro 45**). La caña de azúcar constituye una importante materia prima industrial en el país y se emplea para la obtención de una amplia gama de productos, en los cuales se pueden citar el azúcar convencional y el orgánico, alcoholes absolutos, rectificadas y carburantes, miel y aguardiente (IICA, 2007). Este rubro históricamente fue importante en la economía y en la historia social del país, en los escritos de Mora (1973) se encuentra que la zona de mayor riqueza era el departamento de Guairá y se producía mucha caña de azúcar, único incentivo económico de la época para algunos mercaderes que se intercambiaba el azúcar por ropa. En la actualidad, constituye uno de los cultivos agrícolas de importancia para la producción de etanol que es utilizado en bebidas alcohólicas, industria química, en el sector farmacéutico y, en importante escala como combustible alternativo al petróleo fósil. La producción de etanol crece considerablemente a raíz de nuevas inversiones y de la Ley 2748/05 de incentivos a los biocombustibles que determina la mezcla de alcohol con la gasolina para su comercialización a nivel nacional (IICA, 2017a).

FIGURA 52

EVOLUCIÓN DE LAS SUPERFICIES DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EN EL PARAGUAY, 1961 - 2015



Fuente: FAO, 2018

CUADRO 45

EVOLUCIÓN DE LAS ÁREAS DE CULTIVOS Y RENDIMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR

Año	Total cultivos anuales y permanentes (ha)	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)
2005	3 470 000	74 000	41,0
2006	3 560 000	75 000	43,0
2007	3 650 000	82 000	50,0
2008	3 740 000	81 830	62,0
2009	3 837 000	100 000	48,0
2010	4 100 000	100 000	51,0
2011	4 230 000	104 055	51,0
2012	4 390 000	115 000	36,0
2013	4 500 000	116 000	48,0
2014	4 685 000	118 000	54,0
2015	4 885 000	120 000	56,0
2016	5 045 000	120 000	56,0

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de datos del MAG/DCEA, 2008; MAG/DCEA, s.f.; y IICA, 2017a

La caña de azúcar ha tenido además un leve incremento en la productividad por área cultivada, aunque con altibajos por efectos de eventos climáticos, especialmente de sequía en las zafra 2009 y 2012. Los rendimientos fluctúan entre 36 a 62 t/ha. En el total histórico de la producción primaria del país, la caña de azúcar se sitúa como un rubro agrícola de importancia, tal como se mencionara en el párrafo anterior, pues constituye el 2,13% del total de los cultivos agrícolas (anuales y permanentes¹⁹) en 2005 y el 2,38% en la zafra 2016 (**Cuadro 45**). Aunque la superficie cultivada de la caña de azúcar se ha duplicado en el periodo señalado, la proporción respecto al total agrícola ha experimentado un leve incremento, esto se explica principalmente por el boom de la soja en el país, que según datos del MAG/DCEA (2016) de 1 935 700 ha en la zafra 2005 pasó a 3 370 000 ha en la zafra 2016 que corresponde al 66,80% del total de cultivos anuales y permanentes. Si se compara la superficie cultivada de la caña de azúcar con la Superficie Total de Tierras Agrícolas (**Cuadro 48**), en 2005 la caña de azúcar correspondió al 0,37% y en el 2015 al 0,55%.

Desde el punto de vista de la dispersión territorial, las zonas productoras de caña de azúcar históricamente han sido los departamentos de Guairá, Paraguari y Caaguazú, en las zonas agroecológicas Centro Este y Centro del Paraguay, con una producción total de 89 090 ha en el año 2015, que corresponde al 74% (MAG/DCEA, 2016; IICA, 2017b) de la superficie cultivada a nivel nacional en el año de referencia (**Cuadro 46**) y observable gráficamente en la **Figura 50** del Indicador 7. Sin embargo, el cultivo de caña se extiende a todos los departamentos de la región oriental notándose que en todas ellas tiene una tendencia de crecimiento de la superficie cultivada y aumento con fluctuaciones en la producción total anual. Por ejemplo, la producción total en la zafra 2014 fue de 6 372 000 t con un rendimiento promedio de 54 t/ha (MAG/DCEA, 2014) que para las zafra siguientes se ha incrementado a 56 t/ha.

¹⁹ Se consideran cultivos “anuales” aquellos cuyos ciclos de vida son anuales entre la siembra y la cosecha y que en FAOSTAT menciona como tierras arables; mientras los cultivos “perennes” son aquellos cuyo ciclo de vida son más de un año (ejemplos: los cítricos, la yerba mate, etc.) y las cosechas se realizan por varios años mientras dure la vida útil del cultivo, en FAOSTAT recibe la misma denominación. El dato de cultivos anuales y permanentes difiere de la “Superficie Agrícola Total” señalada por FAOSTAT (2018) pues éste último incluye a las áreas de praderas y pasturas permanentes destinadas a la ganadería.

CUADRO 46
SUPERFICIE CULTIVADA (ha) DE CAÑA DE AZÚCAR POR DEPARTAMENTO

SUPERFICIE CULTIVADA POR DEPARTAMENTO (hectáreas)											
Departamento	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
REGION ORIENTAL	73 400	80 000	81 855	99 963	99 963	104 017	114 959	115 959	117 958	119 960	119 960
CONCEPCIÓN	1 300	1 600	221	270	272	283	313	316	321	350	350
SAN PEDRO	4 000	4 600	1 761	2 152	2 159	2 247	2 483	2 505	2 548	2 550	2 550
CORDILLERA	6 600	7 000	5 111	6 245	6 285	6 540	7 228	7 291	7 417	7 415	7 415
GUAIRÁ	30 000	30 000	31 525	38 525	38 517	40 079	44 295	44 680	45 450	45 450	45 450
CAAGUAZÚ	12 000	13 000	12 296	15 026	15 034	15 644	17 290	17 440	17 741	17 740	17 740
CAAZAPÁ	3 000	3 300	4 181	5 110	5 109	5 316	5 876	5 927	6 029	6 030	6 030
ITAPÚA	700	1 500	461	563	563	586	647	653	664	665	665
MISIONES	2 200	2 500	1 594	1 948	1 948	2 027	2 240	2 259	2 298	2 300	2 300
PARAGUARÍ	2 800	3 000	16 618	20 308	20 262	21 083	23 301	23 504	23 909	25 900	25 900
ALTO PARANÁ	1 800	2 000	228	279	279	290	321	324	330	330	330
CENTRAL	3 200	3 500	2 359	2 816	2 814	2 928	3 236	3 264	3 320	3 300	3 300
NEEMBUCÚ	700	1 000	76	93	93	97	107	108	110	110	110
AMAMBAY	600	6 000	1 041	1 272	1 272	1 323	1 462	1 475	1 500	1 500	1 500
CANINDEYÚ	4 500	2 000	4 383	5 386	5 356	5 574	6 160	6 214	6 321	6 320	6 320
REGION OCCIDENTAL	1 600	2 000	30	37	37	38	42	41	42	40	40
PRESIDENTE HAYES	1 600	2 000	29	36	36	37	41	40	41	40	40
ALTO PARAGUAY	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
BOQUERÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL PAÍS	75 000	82 000	81 885	100 000	100 000	104 055	115 001	116 000	118 000	120 000	120 000

Fuentes: elaboración propia sobre la base de Síntesis Estadísticas del MAG/DCEA 2016; IICA, 2017a.

Datos de USAID (2009) revelan que en el 2005 el 27% de la caña de azúcar se destinaba a la elaboración de alcohol, el IICA (2007) que en el 2006 el 33% de la producción de caña de azúcar (unas 760 000 t) fue destinada para alcohol, cuya cantidad total producida fue de 59 760 000 L (MIC, 2016). Se asume que es posible obtener 65 litros de etanol por tonelada de azúcar (subindicador 17.2), lo que resulta en 49 400 000 L de etanol producido en el año a partir de la caña de azúcar, que corresponde al 82,66% del total de etanol producido en el año en país (**Cuadro 48**). En este año, conforme el **Cuadro 45**, el rendimiento promedio de la caña fue de 43 t/ha, obteniendo así que la superficie de caña de azúcar destinada al etanol para el año 2006 fue de 17 674 ha, equivalente al 23,57% del total cultivado en el año.

Diez años después, se han observado sustanciales cambios en la estructura productiva

del etanol. Conforme los datos del MIC (2016), en la zafra agrícola 2016, del listado de empresas habilitadas por el MIC que operan en el rubro de biocombustibles en Paraguay, el 44,12% del etanol (anhidro e hidratado) declarado proviene de la caña de azúcar; mucho menor al 2006 en razón de que operan en el país empresas que comenzaron a obtener etanol a partir de cereales²⁰, especialmente de maíz entre zafra (denominado popularmente “maíz zafriña”). Según esta fuente, en el año agrícola 2016, Paraguay produjo un total de 277 750 000 L de etanol del cual unos 122 550 000 L provinieron de la caña de azúcar. Sabiendo que es posible obtener 65 litros de etanol por tonelada de caña de azúcar, en este año agrícola unas 1 885 385 toneladas de caña de azúcar se han destinado a la fabricación del etanol en el país. En el mismo año agrícola, conforme el **Cuadro 45**, el

²⁰ INPASA S. A. produce unos 450 000 litros/día de etanol, más del 80% proveniente de cereales (probablemente maíz zafriña), que con la nueva planta industrial prevista agregaría unos 600 000 litros más. Fuente: abc Color (2017)

rendimiento promedio de la caña de azúcar fue de 56 t/ha, obteniendo así que la superficie de caña de azúcar destinada al etanol para el año fue de 33 667,58 ha, que equivale al 28,056% del total cultivado en el año. Estos resultados corresponden al 0,083% del área total del país (Ind.8.1b) y al 0,154% del total de tierras agrícolas (Ind.8.2a – **Cuadro 48**).

Lo anterior, indica un Cambio de Uso de la Tierra gradual del cultivo de caña de azúcar para etanol, que en el año agrícola 2016 aumentó un total de 15 993 ha (+90,49%) a más de área de producción de caña de azúcar comparado con el 2006.

CUADRO 47

INDUSTRIAS ALCOHOLERAS HABILITADAS POR EL MIC PARA OPERAR EN EL RUBRO DE BIOCOMBUSTIBLES Y PRODUCCIÓN DE ALCOHOL DE CAÑA DE AZÚCAR Y CEREALES EN PARAGUAY

INDUSTRIAS	Caña de azúcar (1)		Cereales (2)	
	Alcohol anhidro (L/año)	Alcohol hidratado (L/año)	Alcohol anhidro (L/año)	Alcohol hidratado (L/año)
LUÍS G. MUSI GONZÁLEZ	0	1 000 000	0	0
EXPELLER S. R. L.	2 500 000	2 500 000	4 800 000	5 500 000
ALCOTEC	3 700 000	0	4 600 000	2 900 000
ALPASA (PARAGUARI)	15 000 000	500 000	13 700 000	500 000
ALPASA (AMAMBAY)	10 400 000	0	0	0
PETROPAR	23 600 000	0	0	0
AZPA S. A.	28 350 000	500 000	0	0
NEUALCO S. A.	2 500 000	2 500 000	4 800 000	5 500 000
INPASA S. A.	25 000 000	0	100 000 000	12 000 000
AZUCARERA GUARAMBARÉ	200 000	100 000	0	0
ALCOUSINAS ITURBE	0	3 000 000	0	0
USINA PARAGUAYA S. A.	0	1 200 000	0	0
GIVILSI S. A.	0	0	900 000	0
SUBTOTAL	111 250 000	11.300.000	128 800 000	26 400 000
TOTAL POR CULTIVO		122 550 000		155 200 000
RELACIÓN/TOTAL ETANOL	40,05	4,07	46,37	9,50
PORCENTUAL		44,12		55,88
TOTAL (1+2)				277 750 000

Fuente: MIC, 2016

La producción anual de etanol en el Paraguay sigue una curva ascendente que se ha incrementado unas cinco veces más desde 2005 al 2016, lo que le da el status de “industria emergente” según el MIC (2017). En la **Figura 53** se muestra la evolución a partir del 2005, año de promulgación de la Ley 2748/05 de incentivos a los biocombustibles, notándose un incremento radical y progresivo la producción de etanol

en el país, pues de 56 760 000 litros en el 2005 ha aumentado a 277 750 000 litros en el 2016. Este incentivo posibilitó la mezcla de alcohol con la gasolina para su comercialización a nivel nacional.

La política gubernamental no especificaba el tipo de materia prima a ser utilizada (hasta hace poco basada principalmente en granos y caña de azúcar), recién con la promulgación de la Ley

5444 de julio de 2015 establece que el consumo de etanol prioriza el alcohol obtenido a partir de la caña de azúcar y una vez terminada su disponibilidad en el mercado se podrá utilizar el alcohol proveniente de otras materias primas. Se espera que la demanda de E85 se expanda

como resultado de la Ley 5444/15 que promueve y fomenta su distribución y uso.

El Cuadro 48 sintetiza la evolución desde el año base 2005 al 2016 de la producción de caña de azúcar, producción de etanol y las relaciones múltiples observadas.

CUADRO 48
EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR Y ETANOL EN PERIODO 2005 A 2016

Año	Total cultivos anuales y permanentes (miles de ha)	Área total de tierras agrícola (miles de ha)	Total anual de producción de etanol (miles de litros)	Tasa anual de incremento de producción de etanol (%)	Tasa anual de producción de etanol de caña de azúcar (%) ¹	Etanol producido a partir de caña de azúcar (litros)	Caña de azúcar usada como materia prima para la producción de etanol (t) ²	Productividad de caña de azúcar (t/ha)	Área de cultivo de caña usada para producción de etanol (ha) Ind. 8.1a	Área de caña de azúcar para producción de etanol sobre el área total nacional (%) Ind. 8.1b ³	Área de caña de azúcar para producción de etanol sobre el área total de tierras agrícolas (%) Ind. 8.2a	Incremento en la producción de materia prima para etanol de 2006 a 2016 (ha)	Porcentaje sobre el total de área cultivada de caña en el país (%)
2005	3 470	19 940	56 760		82,66	46 920 086	721 847	41	17 606,04	0,0433	0,088		23,792
2006	3 560	20 235	59 760	5,29	82,66	49 400 006	760 000	43	17 674,42	0,0435	0,087	68,38	23,566
2007	3 650	20 530	78 000	30,52	78,81	61 471 488	945 715	50	18 914,30	0,0465	0,092	1 239,88	23,066
2008	3 740	20 837	108 000	38,46	74,96	80 951 616	1 245 409	62	20 087,25	0,0494	0,096	1 172,95	24,548
2009	3 837	21 100	144 000	33,33	71,10	102 385 152	1 575 156	48	32 815,75	0,0807	0,156	12 728,50	32,816
2010	4 100	21 230	156 000	8,33	67,25	104 904 384	1 613 914	51	31 645,36	0,0778	0,149	-1 170,39	31,645
2011	4 230	21 390	179 500	15,06	63,39	113 788 640	1 750 594	51	34 325,38	0,0844	0,160	2 680,02	32,988
2012	4 390	21 500	185 500	3,34	59,54	110 442 248	1 699 112	36	47 197,54	0,1160	0,220	12 872,16	41,041
2013	4 500	21 685	210 843	13,66	55,68	117 404 250	1 806 219	48	37 629,57	0,0925	0,174	-9 567,97	32,439
2014	4 685	21 885	217 885	3,34	51,83	112 927 127	1 737 340	54	32 172,97	0,0791	0,147	-5 456,60	27,265
2015	4 885	21 800	240 026	10,16	47,97	115 151 221	1 771 557	56	31 634,95	0,0778	0,145	-538,02	26,362
2016	5 045		277 750	15,72	44,12	122 550 000	1 885 385	56	33 667,58	0,0828	0,154	2 032,63	28,056

¹ Se asume una disminución anual constante de 3,854% en la tasa de producción de etanol a base de caña de azúcar debido al incremento anual de la producción de etanol de maíz entre zafra, otorgando a la caña de azúcar el 44,12% conforme el Cuadro 47

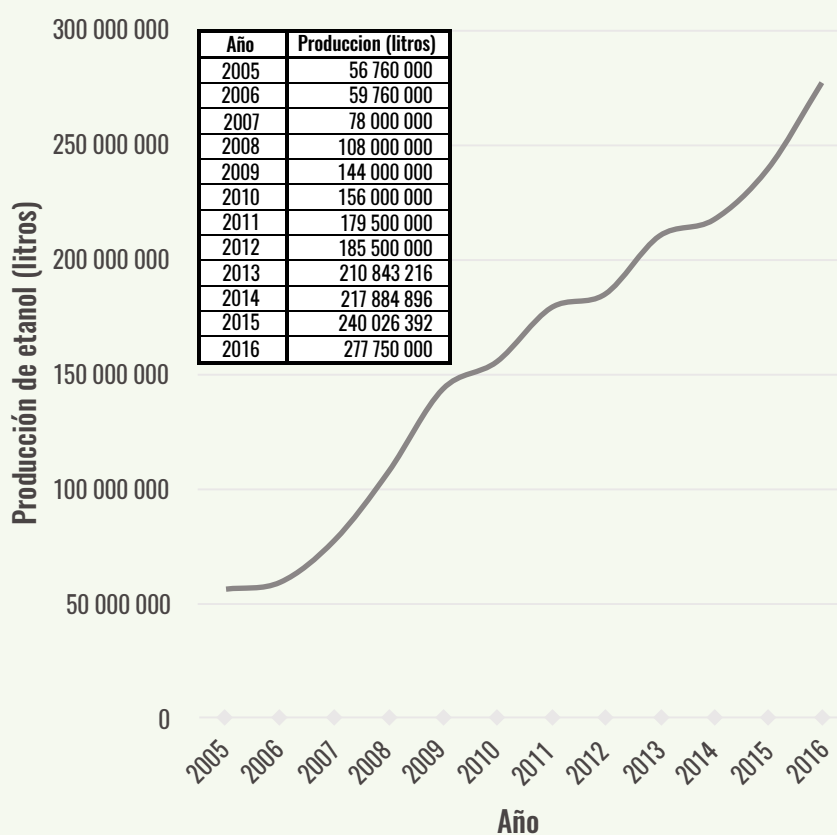
² Se asume que es posible obtener 65 litros de etanol por tonelada de caña de azúcar

³ Área Total Nacional= 40 675 200 ha

Fuente: elaboración propia

FIGURA 53

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL EN EL PARAGUAY



Fuente: elaboración propia a partir de datos proveídos por la FAO Paraguay (CEAMSO, 2017)

b. Maíz entre zafra

La superficie de cultivo del maíz entre zafra²¹ en el Paraguay ha venido demostrando un incremento significativo en los últimos años. En la serie histórica de superficie cultivada y rendimiento, los datos oficiales anuales son de maíz zafra normal y de zafriña, no hay una discriminación entre ambas. Sin embargo, a partir de los datos de CAPECO/INBIO (2014) y Cubilla (2016) se cuentan con datos específicos de maíz zafriña a partir de

la zafra 2009 (**Cuadro 49**). Los datos revelan que en la zafra 2008 se cultivó 858 101 ha y en el 2016 se cultivó 838 769 ha, con fluctuaciones anuales en media de $\pm 144\,088$ ha y superficie promedio de 752 302 ha. Los datos oficiales revelan que la productividad del maíz es variable, con incrementos sustanciales a través de los años, pues en el año 2008 fue de 2,88 t/ha y 5,37 t/ha en el año 2016 (86% de aumento; **Cuadro 49**).

²¹ Denominado así al maíz que se siembra entre los meses de Enero y Febrero, inmediatamente posterior a la cosecha de la soja (*Glycinemax*) en sistema rotativo, que en bastas zonas de la región oriental del país ya se extiende para fines bioenergéticos.

CUADRO 49
EVOLUCIÓN DE LAS ÁREAS DE CULTIVOS Y RENDIMIENTO DE MAÍZ ENTRE ZAFRA (ZEA MAYS)

Año	Total cultivos anuales y permanentes (ha) ¹	Superficie cultivada (ha) ²	Rendimiento (t/ha)
2008	3 740 000	858 101	2,88
2009	3 837 000	634 206	2,40
2010	4 100 000	545 899	3,92
2011	4 230 000	647 048	3,92
2012	4 390 000	736 691	3,10
2013	4 500 000	876 369	4,00
2014	4 685 000	983 899	4,00
2015	4 885 000	649 733	5,25
2016	5 045 000	838 769	5,37

¹FAO, 2018

²De 2010 a 2016 los datos son solo de maíz zafriña

Fuentes: elaboración propia en base a datos del MAG/DCEA, 2008; MAG/DCEA, 2016; IICA, 2017a; CAPECO/INBIO, 2014; CAPECO, 2017; y Cubilla, 2016

En el año 2016, la superficie cultivada de maíz fue de 838 769 ha (CAPECO, 2017) que ocupa el 16,6% del total de cultivos anuales y permanentes a nivel país²², observándose que las zonas de mayor área de cultivo son Alto

Paraná, Canindeyú, Caaguazú, San Pedro, Itapúa, y Caazapá, que en conjunto totalizan el 93% de toda la superficie cultivada del país (**Cuadro 50; Figura 54**).

CUADRO 50
SUPERFICIE (ha) CULTIVADA DE MAÍZ ENTRE ZAFRA POR DEPARTAMENTO DESDE LA ZAFRA 2009 A 2016

Departamento/Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CONCEPCIÓN	3 275	4 885	981	7 850	7 511	5 973	3 365	5 103
SAN PEDRO	63 862	51 097	40 183	83 206	46 969	91 532	51 923	83 388
GUAIRÁ	988	913	1 020	1 616	1 505	638	1 861	2 911
CAAGUAZÚ	86 913	55 612	73 609	109 142	120 142	135 533	105 010	136 140
CAAZAPÁ	27 206	24 212	33 648	25 992	18 993	21 661	20 988	53 873
ITAPÚA	26 969	59 901	109 303	70 605	69 393	63 454	26 313	56 869
MISIONES	4 850	5 740	5 925	6 975	2 542	10 241	16 894	3 123
ALTO PARANÁ	212 750	195 515	237 463	254 880	336 449	350 919	223 070	254 144
AMAMBAY	63 837	29 740	27 371	31 886	25 515	41 439	13 943	45 689
CANINDEYÚ	143 556	118 283	117 545	144 538	247 350	262 507	186 366	197 528
TOTAL (ha)	634 206	545 898	647 048	736 690	876 369	983 897	649 733	838 768

Fuente: elaboración propia a partir de datos de CAPECO/INBIO, 2014; CAPECO, 2017; MAG, 2016; y INBIO, 2016

²² Esta deducción se realiza considerando el total de tierras agrícolas (ha) del año 2016 (FAO 2018; MAG/DCEA, 2016).

El maíz es producido en la región oriental del país, especialmente en la zona agroecológica Este y Centro Este, muy vinculado a áreas productivas de soja, tal como se explica en la nota al pie. En los últimos años, algunos departamentos han incrementado el área de producción, especialmente el departamento de Itapúa que pasó de 26 969 ha a 56 869 ha con un incremento del 111% y Caazapá que ha crecido el 98% en el mismo periodo (**Cuadro 50**). Este hecho podría deberse al incremento de la demanda de etanol (mayor capacidad de procesamiento de las industrias) y en consecuencia más productores y más superficies de cultivo localizados en esos departamentos, tal como se observa en la **Figura 54**.

Conforme a los antecedentes que se tienen, a partir de la instalación de empresas que iniciaron el uso de maíz para fines bioenergéticos, tales como INPASA y San Luís SAECA (**Figura 55**), se empezó a contar con algunos datos.

En la planta industrial de INPASA²³, en el año 2009 la producción de etanol fue de 4 millones de litros (INPASA, 2018). Este año, de la caña provino el 82,66% del etanol (**Cuadro 4**), y que por tanto, del maíz se ha elaborado el resto (17,34%), un total de 10 359 994 litros (**Cuadro 7**). Conociendo que se obtiene 350 litros de etanol/t de maíz entre zafra (Subindicador 17.2), hubo una demanda de aproximadamente 29 600 t de maíz para la elaboración de etanol y con rendimiento promedio de 2,68 t/ha, corresponde a unas 11 032 ha de maíz entre zafra destinada a etanol, equivalente al 1,79% del total de superficie cultivada de maíz en ese año (**Cuadro 7**).

En el año 2016, a partir de los datos presentados por el MIC (2016-**Cuadro 3**), se puede estimar la participación del Maíz entre zafra del 55,88% en la producción del etanol en el país, asumiendo que es el único cereal usado para tal fin, porcentual que corresponde a un total de 155 200 000 litros de etanol. Al saber que se obtiene 350 litros de etanol/t de maíz entre zafra, se tuvo una demanda aproximada de 443 429 t de maíz para la elaboración de etanol y con rendimiento promedio de 5,37 t/ha, corresponde a unas 82 637 ha de maíz entre

zafra destinada a etanol, equivalente a 9,85% del total de superficie cultivada de maíz en ese año (**Cuadro 51**).

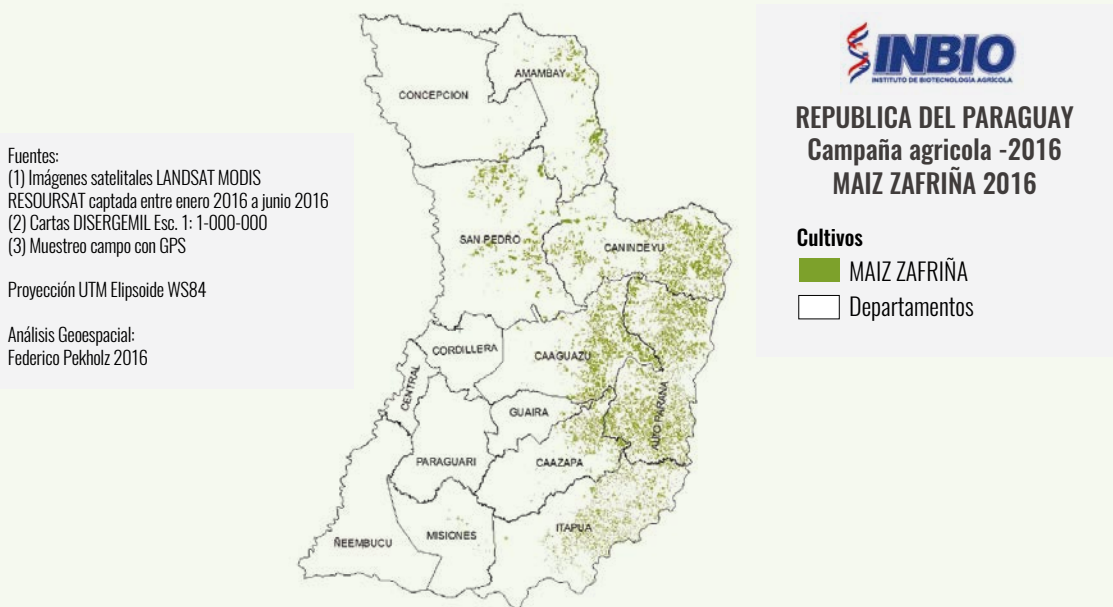
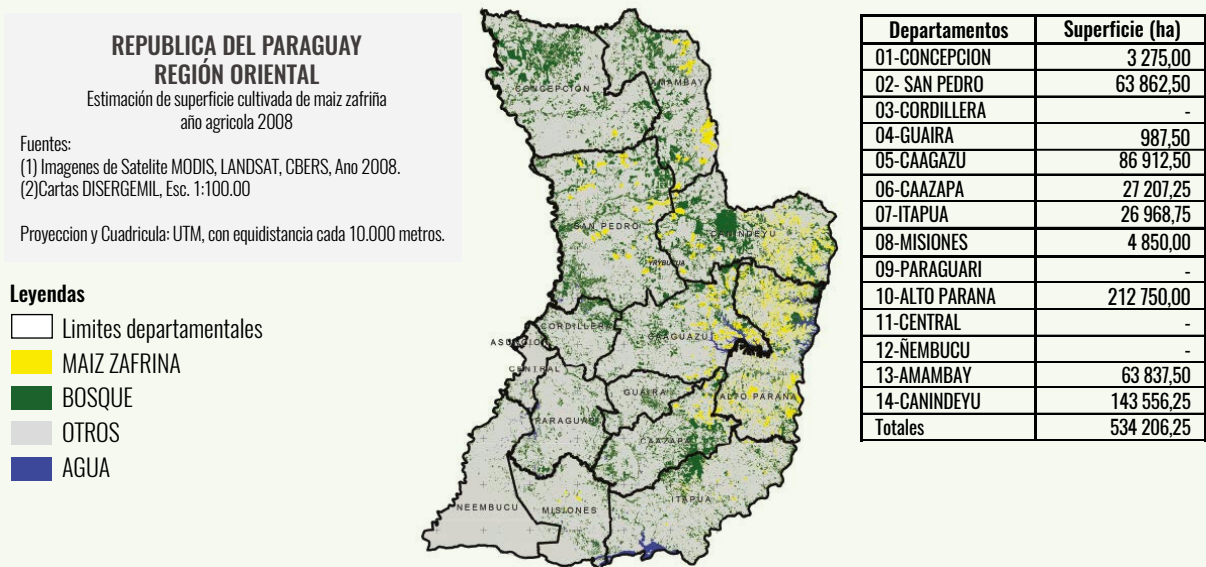
Lo anterior, indica un Cambio de Uso de la Tierra gradual debido al cultivo de maíz para etanol. Entre el 2008 y el 2016, hubo un aumento de alrededor de 3 veces más del área de producción destinada a la elaboración del etanol (**Cuadro 51**). En la **Figura 55** se observa visualmente la dispersión del cultivo de maíz entre zafra en el año 2016 en el área de influencia directa definida en 80 km alrededor de cada planta industrializadora de etanol, resaltándose la zona de influencia de INPASA en primer lugar, además de las industrias ALCOTEC, NEUALCO Y PETROPAR, éste último en menor medida. Según la gráfica, el área de cultivo de maíz entre zafra ejerce de alguna manera presión en las áreas protegidas públicas y privadas establecidas en la región, lo que señala la necesidad de implementar políticas adecuadas de salvaguardas de estas áreas de importancia para la conservación (en el Indicador 7 se presentan esta relación).

En el **Cuadro 51** se sintetiza la evolución de la producción de maíz entre zafra, producción de etanol y las relaciones múltiples observadas desde el año base 2005 al 2016.

²³ Industria Paraguaya de Alcoholes S.A. ubicada en la Ciudad de Nueva Esperanza, Departamento de Canindeyú, Paraguay. Inaugurada en el año 2006, inició sus actividades a finales del año 2008 y actualmente produce 12 000 000 de litros de etanol por mes, con capacidad instalada en la destilería para más de 450 000 litros de etanol por día (INPASA, 2018), uno de las primeras industrias en usar maíz para etanol.

FIGURA 54

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL COMPARATIVA DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DE MAÍZ ZAFRIÑA EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PARAGUAY, ENTRE EL AÑO 2008 Y EL AÑO 2016



Fuentes: INBIO, 2008 y INBIO, 2016

CUADRO 51

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ ENTRE ZAFRA Y ETANOL EN PARAGUAY. PERIODO 2008 A 2016

Año	Total cultivos anuales y permanentes (miles de ha)	Área total de tierras agrícolas (miles de ha)	Total anual de producción de etanol (miles de litros)	Tasa de etanol producido a partir de maíz (%)	Etanol producido a partir de maíz (miles de litros) ²	Maíz usado como materia prima para producción de etanol (t) ³	Rendimiento de maíz (t/ha)	Área de cultivo de maíz usada para producción de etanol (ha) Ind. 8.1a	Área de maíz para producción de etanol sobre el área total nacional (%) Ind. 8.1b ¹	Área de maíz para producción de etanol sobre área total de tierras agrícolas (%) Ind. 8.2a	Incremento en la producción de materia prima para etanol de 2006 a 2016 (ha)	Porcentaje sobre el total de área cultivada de maíz en el país (%)
2008	3 740	20 837	108 000	25,04	27 048	77 281	2,88	26 834	0,0660	0,1288	9 785	3,13
2009	3 837	21 100	144 000	28,90	41 615	118 900	2,40	49 541	0,1218	0,2348	22 708	7,81
2010	4 100	21 230	156 000	32,75	51 096	145 987	3,92	37 289	0,0917	0,1756	-12 252	6,83
2011	4 230	21 390	179 500	36,61	65 711	187 747	3,92	47 895	0,1177	0,2239	10 605	7,40
2012	4 390	21 500	185 500	40,46	75 058	214 451	3,10	69 289	0,1703	0,3223	21 395	9,41
2013	4 500	21 685	210 843	44,32	93 439	266 968	4,00	66 742	0,1641	0,3078	-2 547	7,62
2014	4 685	21 885	217 885	48,17	104 958	299 879	4,00	74 970	0,1843	0,3426	8 228	7,62
2015	4 885	21 885	240 026	52,03	124 875	356 786	5,25	67 985	0,1671	0,3106	-6 985	10,46
2016	5 045		277 750	55,88	155 200	443 429	5,37	82 637	0,2032	0,3776	14 652	9,85

¹Área Total Nacional= 40 675 200 ha

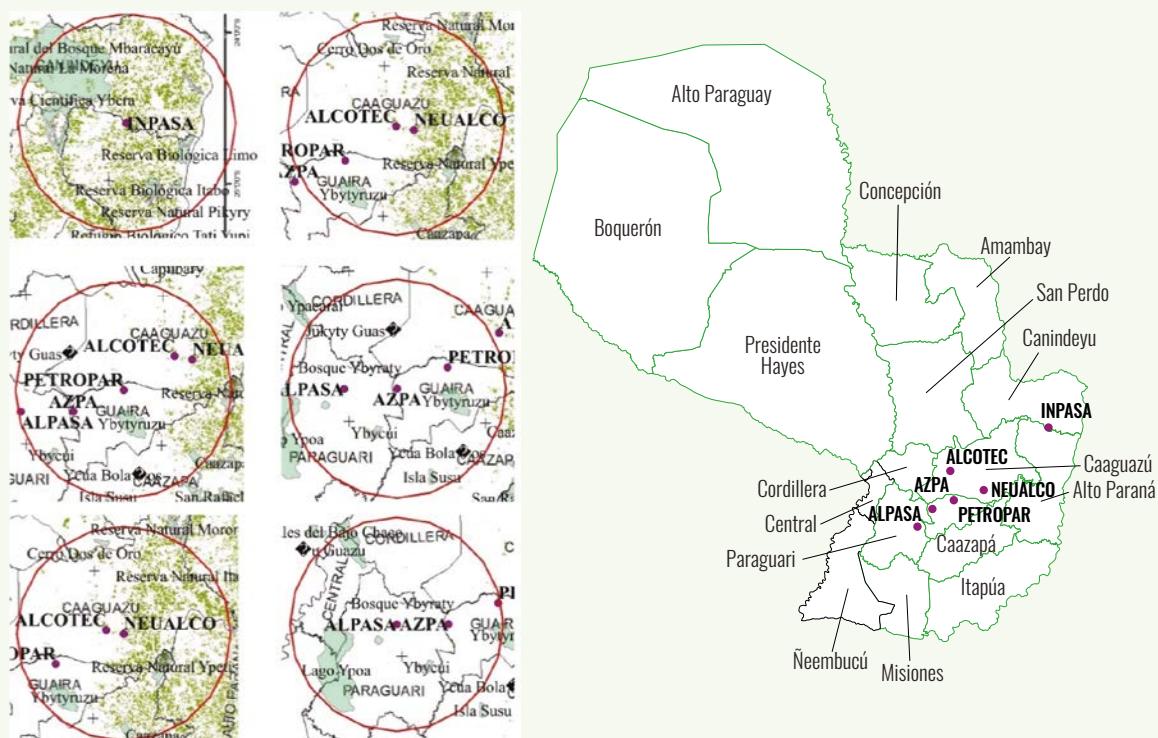
²Se asume una tasa de incremento anual constante de 3,854% de producción de etanol a base del maíz entre zafra desde el 2006, pues según el MIC (2016) en el 2016 la producción de etanol fue de 55,88% a base de cereales (mayormente maíz)

³Se asume que es posible obtener 350 litros de etanol por tonelada de maíz

Fuente: elaboración propia

FIGURA 55

VISUALIZACIÓN DE ÁREAS DE CULTIVO DE MAÍZ ENTRE ZAFRA EN ÁREAS DE INFLUENCIA DIRECTA DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS ALCOHOLERAS DEL PAÍS



Fuentes: INBIO, 2008 y INBIO, 2016

La obtención de etanol a partir del maíz entre zafra parece ser un complemento a la fuente principal que es la caña de azúcar. Así señala Heinrichs (2015), industrial de una de las compañías productoras de etanol de Caaguazú, que la idea de extraer alcohol de los cereales, permitiría lograr mayor valor agregado y aprovechar la capacidad instalada en planta, debido a que se podría aprovechar mejor las maquinarias dedicadas al proceso de destilería, dado que el cereal es un insumo utilizable en la planta en momentos en los cuales no hay caña dulce (cuatro meses del año), haciendo viable la producción mediante la utilización de maíz y hacer posible que la planta funcione durante los 12 meses del año.

Producción de biomasa forestal para la producción de energía

La superficie de bosques nativos productivos²⁴ en el Paraguay se estima en 700 000 ha en la región oriental y de 12 254 457 ha en la región occidental, excluyendo a las áreas silvestres protegidas (Indicador 3). De acuerdo al último informe de la Dirección General de Bosques del INFONA hasta el año 2016 en la región oriental del Paraguay se catastraron un total de 171 715 ha de bosques y/o tierras forestales bajo plan aprobado. Se estima que la productividad de un bosque secundario varía de 2 a 3 m³/ha/año (MOPC/GIZ, 2013). Para estimar la biomasa que podría utilizarse con fines energéticos se consideró la proporción de 34%, o sea que del total de volumen (incluyendo rollos y ramas), ese valor corresponde a ramas que podrían utilizarse como leña y/o carbón (Guillen y Ecurra, 2016).

En la región occidental del Paraguay la superficie de bosque nativo productivo sujeto a manejo forestal sostenible abarca unas 22 082 ha²⁵, y el incremento anual se estima entre 0,5 a 2 m³/ha/año en promedio 1,3 m³/ha/año (INFONA, 2016). Para estimar la biomasa que podría utilizarse con fines energéticos (ramas), en la región occidental, se utilizó un valor de 86% que corresponde a la proporción promedio

de biomasa obtenida de la investigación “Determinación de la biomasa aérea total y por especie del bosque nativo del Chaco Central” realizada en la Facultad de Ciencias Agrarias/UNA (Neufeld y Quinteros, 2007).

Según INFONA (2016), se tienen en total monitoreadas una cobertura de plantaciones forestales de 122 452 ha, (120 660 ha en la región oriental y 1 792 ha en la región occidental). En promedio, las plantaciones forestales tienen una productividad de entre 25–30 m³/ha/año (MOPC/GIZ, 2013). De acuerdo a estudios preliminares facilitados por el INFONA se estima que el 36% de la biomasa de plantaciones bajo manejo se destinan para energía.

Conforme este reporte, el total de superficie forestales manejada (ha) utilizada por fines energéticos y su relación a la superficie total del país derivó en 121 456 ha y 0,30%, respectivamente. El Indicador 8.2a arrojó que la superficie forestal manejada utilizada para fines energéticos ocupa el 0,55% en el contexto de la superficie agrícola total del país y el 38,41% del total de superficie forestal manejada en el país. Los bosques nativos gestionados como fuentes bioenergéticas ocupan el 0,60% del total bosques productivos del país (**Cuadro 52**).

Entre las líneas de acción en el marco de Plan Nacional de Desarrollo Paraguay 2030 y la Política Energética Nacional (PEN) 2040, se gestionan dos grandes proyectos de reforestación a nivel nacional, PROEZA con 92 millón de dólares estadounidenses (en adelante, dólares) y BIO-ENERGIA 1 con 160 millón de dólares (MOPC, 2017). Forma parte de los compromisos asumidos por Paraguay en la cumbre de Cambio Climático en París, cuyo fondo se gestiona ante Fondo Verde del Clima y en nombre del Paraguay lo hace la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) con el apoyo técnico del Banco Mundial (STP, 2017).

²⁴ La FAO (2011) hace una distinción entre los bosques gestionados y bosques naturales (p. 73). Para los fines de este Indicador, conforme a las referencias usadas, se denominan “bosques con manejo forestal sostenible” a los bosques gestionados y “bosques nativos productivos” a los bosques naturales.

²⁵ Existen 78 596 ha de bosques nativos que pueden estar sujetos a manejo forestal sostenible, toda vez que el propietario se interese por la actividad y presente un Plan cuya factibilidad deberá ser evaluada por el INFONA (INFONA, 2016).

CUADRO 52

RELACIÓN DE SUPERFICIES DE TIERRAS Y BOSQUES GESTIONADOS EN EL PARAGUAY, 2016

	Áreas consideradas	2016
A	SUPERFICIE TOTAL DEL PAÍS (ha)	40 675 200
B	SUPERFICIE TOTAL AGRÍCOLA – CULTIVOS ANUALES Y PERMANENTES + PRADERAS Y PASTURAS PERMANENTES (ha) ¹	21 885 000
C	TOTAL CULTIVOS AGRÍCOLAS – CULTIVOS ANUALES Y PERMANENTES (ha) ¹	5 045 000
D	SUPERFICIE DE BOSQUES NATIVOS PRODUCTIVOS BAJO PLAN APROBADO EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PARAGUAY (ha)	171 715
E	BIOMASA DEL BOSQUE NATIVOS PRODUCTIVOS EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PARAGUAY QUE PODRÍA UTILIZARSE CON FINES ENERGÉTICOS (%)	34
F	SUPERFICIE DE BOSQUE NATIVOS PRODUCTIVOS EN LA REGIÓN ORIENTAL DEL PARAGUAY DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA (ha)	58 383
G	SUPERFICIE DE BOSQUE NATIVOS PRODUCTIVOS SUJETO A MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DEL PARAGUAY³	22 082
H	BIOMASA DEL BOSQUE NATIVOS PRODUCTIVOS SUJETO A MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DEL PARAGUAY QUE PODRÍA UTILIZARSE CON FINES ENERGÉTICOS (%)	86
I	SUPERFICIE DE BOSQUE NATIVOS PRODUCTIVOS SUJETO A MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DEL PARAGUAY DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA (ha)	18 991
J	SUPERFICIE TOTAL DE PLANTACIONES FORESTALES (ha)^{2, 3}	122 452
K	PORCENTAJE DE LA BIOMASA DE PLANTACIONES FORESTALES QUE SE DESTINAN PARA ENERGÍA	36%
L	SUPERFICIE DE PLANTACIONES FORESTALES DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA (ha)	44 082
M	TOTAL DE SUPERFICIE DE BOSQUES PRODUCTIVOS – REGIÓN ORIENTAL Y OCCIDENTAL (ha) ³	12 954 457
N	TOTAL DE SUPERFICIES FORESTALES MANEJADAS (d+g+j)	316 249
O	8.1A TOTAL DE SUPERFICIES FORESTALES MANEJADAS (ha) UTILIZADA PARA FINES ENERGÉTICOS (f+i)	121 456
P	8.1B RELACIÓN o/a (%)	0,30
Q	8.2A RELACIÓN o/b (%)	0,55
Q	TOTAL DE SUPERFICIE (ha) DE BOSQUES MANEJADOS (GESTIONADOS) DESTINADOS A BIOENERGÍA (f+i)	77 374
R	8.2B RELACIÓN o/n (%)	38,41
S	RELACIÓN q/m (%)	0,60

¹Datos 2015 (FAO 2018); ² INFONA 2016; ³Indicador ³

* La Ley 2524/1994, conocida como “Ley de deforestación cero”, prohíbe todo tipo de conversión de bosques nativos, por lo cual se encuentran en régimen de protección que incluyen, entre otras: contra incendios, la prohibición de la caza (en caso de no ser derecho tradicional) y la identificación y eliminación de plantas de eucalipto en caso de invasión

Fuente: elaboración propia

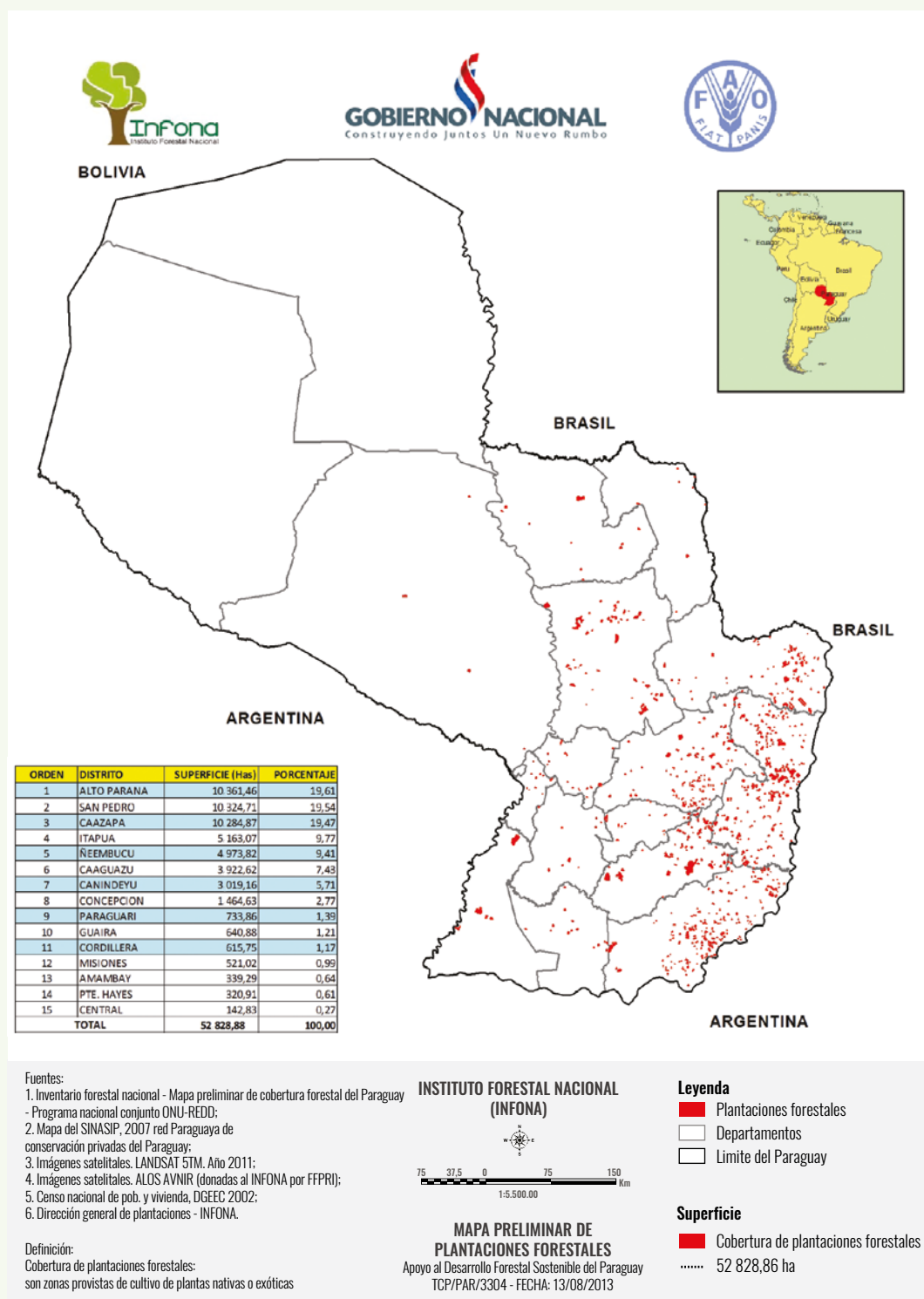
Fuente: elaboración propia con base al mapa de INFONA/FAO, 2013

En las áreas de influencia directa de 80 km alrededor de las principales industrias alcoholeras, se observa que en la mayoría de ellas hay plantaciones forestales, que aunque no tenga vinculación exclusiva para el uso de la biomasa para los procesos industriales, se presume que existe una relación importante (Figura 56 y Figura 57). La densidad de plantaciones forestales respecto de la distancia a las industrias alcoholeras, es variada; observándose mayores densidades en las cercanías de las industrias INPASA, ALCOTEC

y NEUALCO S.A. En el país existen incentivos para la reforestación a través de mecanismos financieros (estatales o de otro tipo) para inversión en plantaciones forestales. Con la implementación de la Ley 536/95 se logró dar un fuerte impulso a las superficies plantadas (INFONA/Facultad de Ciencias Agrarias-UNA/Asociación Rural del Paraguay, 2013). La dispersión geográfica es variable, aunque sensiblemente vinculada a la localización de las industrias alcoholes mapeadas (Figura 57).

FIGURA 56

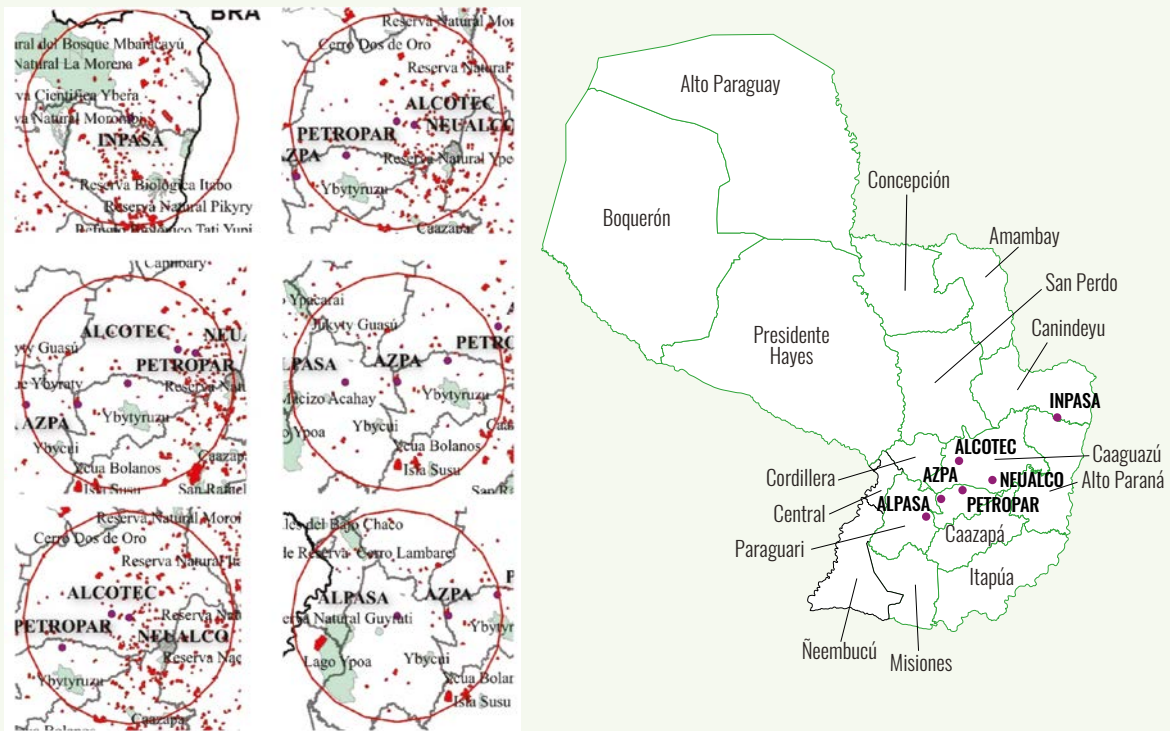
PLANTACIONES FORESTALES EN EL PARAGUAY Y SU RELACIÓN CON LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS ALCOHOLERAS DEL PAÍS



Fuente: elaboración propia con base al mapa de INFONA/FAO, 2013

FIGURA 57

VISUALIZACIÓN DE ÁREAS DE PLANTACIONES FORESTALES EN ÁREAS DE INFLUENCIA DIRECTA DE LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS ALCOHOLERAS DEL PAÍS



Fuente: elaboración propia con base a la Figura 54

Relación entre el aumento de la producción de etanol, el rendimiento y la superficie cultivada de caña de azúcar para la producción de materia prima.

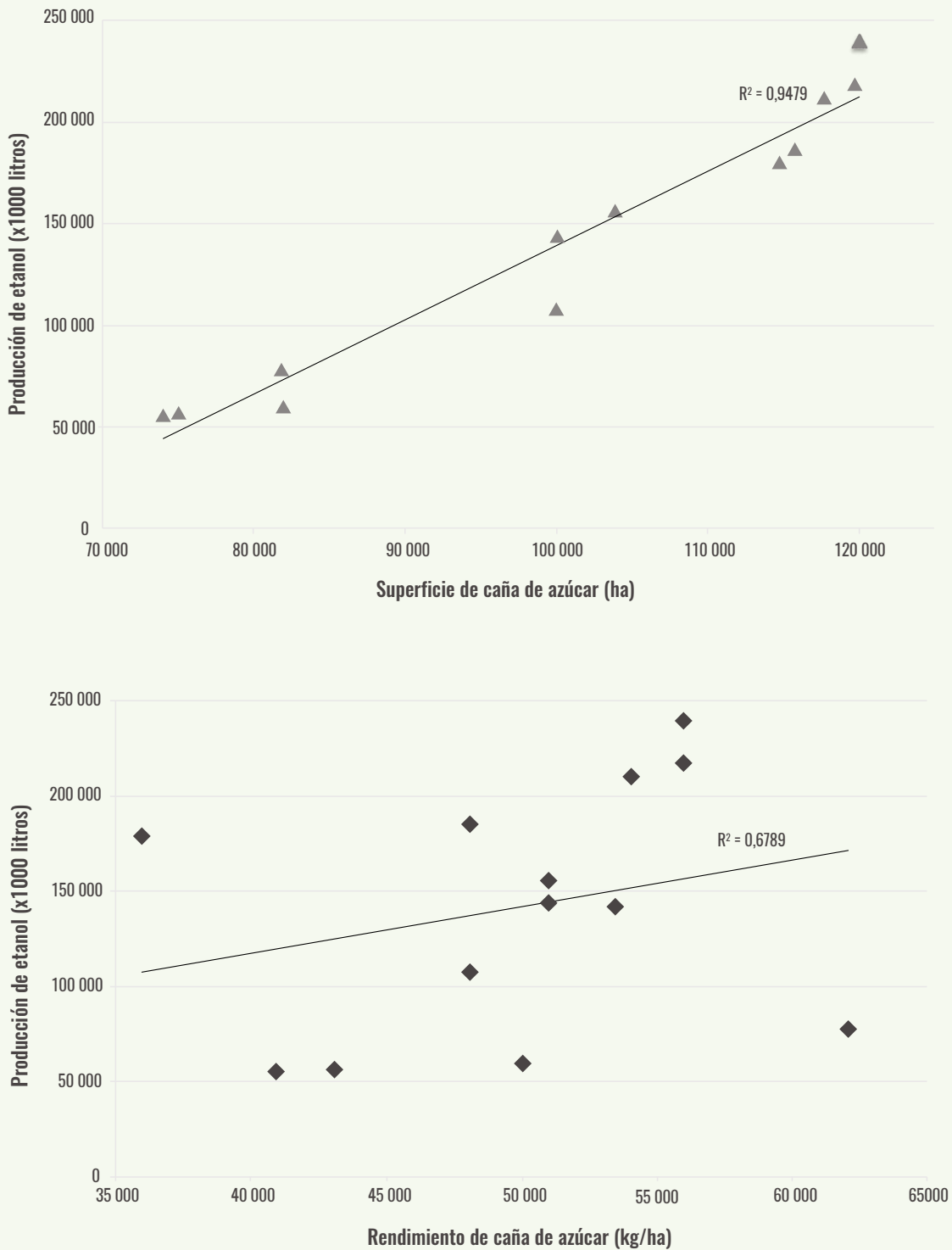
a. Caña de azúcar

Se ha observado que la producción de etanol en el Paraguay, ha tenido un crecimiento considerable desde la promulgación de la ley 2748/05 de incentivos a los biocombustibles. A partir de un ligero análisis de la posible relación que pudiera tener el incremento referido con la superficie cultivada de la caña de azúcar, la línea de tendencia muestra una fuerte relación ($R^2=0,9479$), que evidentemente responde a la política de incentivo al uso del etanol desde el

año de implementación de la Ley que según se observa produjo el aumento de la superficie cultivada de caña de azúcar en el Paraguay. Sin embargo, no es posible afirmar que el aumento de la producción de etanol tenga relación con el comportamiento de la productividad del cultivo ($R^2=0,0679$), al menos en el periodo 2005-2016 (Figura 58).

FIGURA 58

SUPERFICIE CULTIVADA (ha) Y RENDIMIENTO (kg/ha) DE CAÑA DE AZÚCAR Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE ETANOL EN EL PARAGUAY EN EL PERIODO 2005-2016



Fuente: Elaborado a partir de datos de MAG/DCEA, 2016; IICA, 2017a; y FAO, 2018

a. Maíz

En el año 2008 el Paraguay producía cerca 60 000 m³ de etanol anualmente; donde PETROPAR produce 120 m³/día, AZPA 120 m³/día, San Luis 120 m³/día y otros cerca de 60 m³/día (Arranz-Piera & Pulfer, 2008; BID, 2008). Se ha dicho que la producción de etanol en el Paraguay ha ido incrementándose sustancialmente desde la promulgación de la Ley referida. Si bien se presume que esta coyuntura haya tenido sus efectos positivos en el incremento de la superficie de producción de maíz entre zafra, que de hecho se ha incrementado en el periodo comprendido entre el 2005-2016, se observa una baja relación ($R^2=0,395$) con la producción de etanol. Sin embargo, el incremento de la producción de etanol en el país podría estar relacionado de forma moderada ($R^2=0,732$) con el aumento del rendimiento del maíz entre zafra (**Figura 59**) considerando la expresión en latín de “*Ceteris paribus*”.

Aquí se menciona además la producción de etanol a partir de melaza que en el 2016 registró unos 15 millones de litros (5,4% del total producido en el país).

Tasas anuales de conversión para cultivos (anuales y perennes)

El Paraguay está conformado por categorías de bosques nativos diferenciados conformes las características geoclimáticas. En los estudios de PNC ONU REDD+ (2015; 2016) se han identificado cuatro categorías: a) Bosque Húmedo de la región oriental (28,98%), b) Bosque Seco Chaqueño (42,40%), c) Bosque Subhúmedo del Cerrado (1,05%) y d) Bosque Subhúmedo Inundable del Río Paraguay (25,91%). El resto (1,66%) conforman los ríos, arroyos, lagos y otros espejos de agua (**Cuadro 53**).

CUADRO 53

CATEGORÍAS DE BOSQUES NATIVOS EN EL PARAGUAY

Categorías de bosques nativos del Paraguay	Superficie (ha)	Porcentaje
BOSQUE HÚMEDO DE LA REGIÓN ORIENTAL	11 788 037,4	28,98
BOSQUE SECO CHAQUEÑO	17 245 558,3	42,40
BOSQUE SUBHÚMEDO DEL CERRADO	425 601,6	1,05
BOSQUE SUBHÚMEDO INUNDABLE DEL RÍO PARAGUAY	*10 536 723,66	25,90
TOTAL DE BOSQUES	39 995 920,96	98,33

* Adaptado de PNC ONU-REDD+ Py/FAO/PNUD/SEAM/INFONA/FAPI (2016)

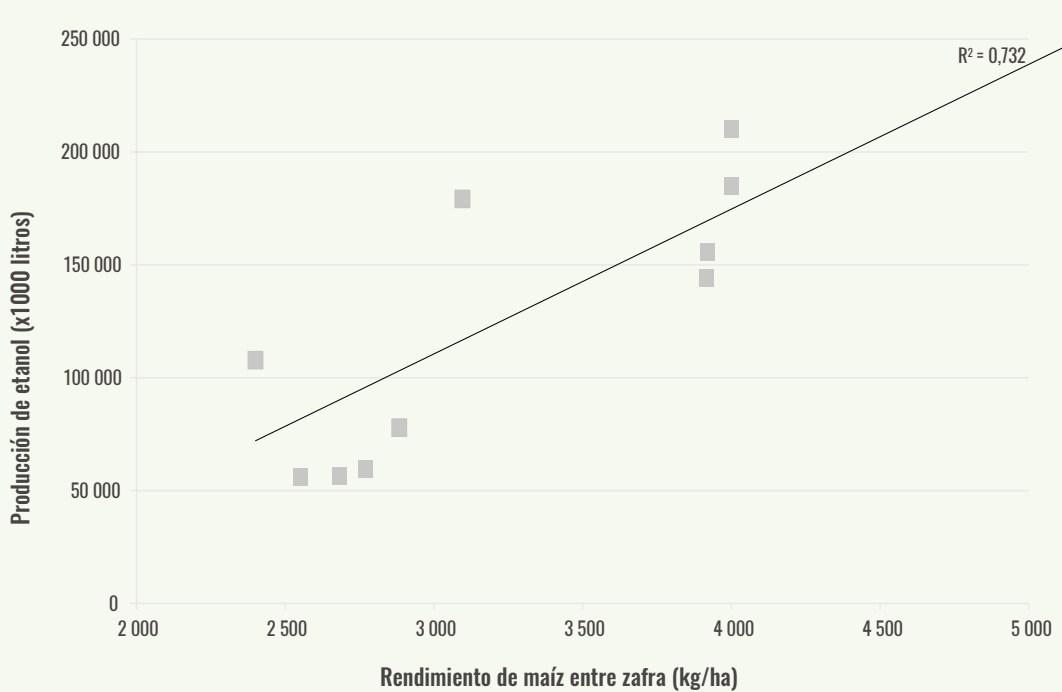
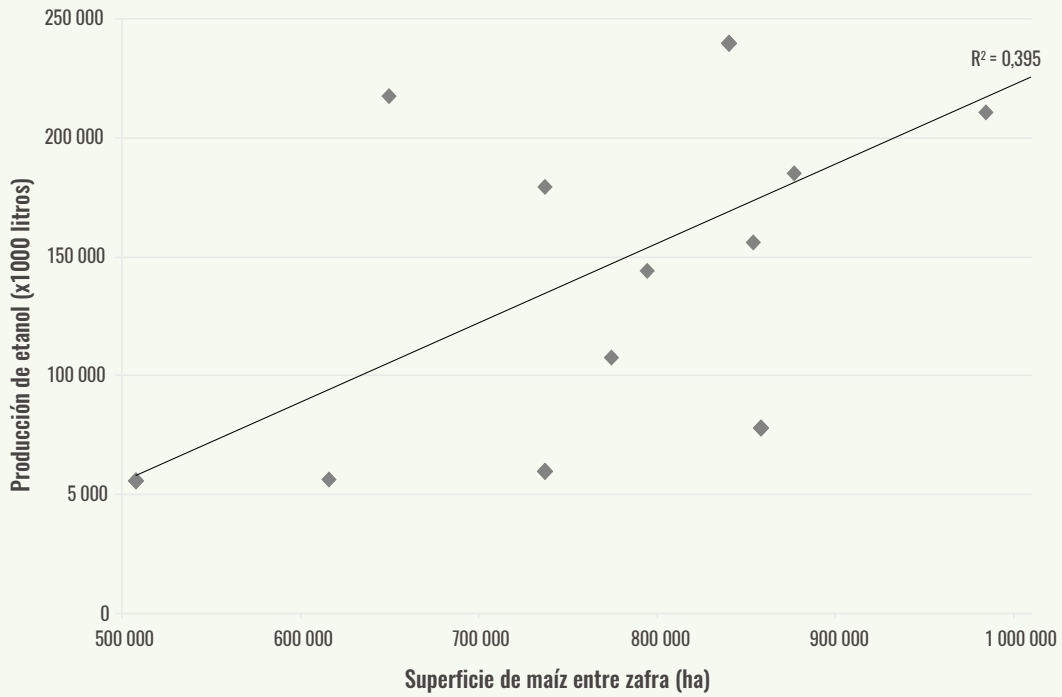
Fuente: PNC ONU REDD+, 2015

Con el cambio de uso de la tierra estas áreas naturales fueron reduciéndose con los años según las categorías de cobertura de la tierra identificadas en el análisis del PNC ONU REDD+ (2015) y FCA/FFPRI (2013) como Tierras forestales/reforestadas, Sabanas húmedas y subhúmedas/humedales, Cultivos agrícolas, Áreas urbanas y otras tierras. El estudio de PNC ONU REDD+ (2015) señala que en el año 2005, usando como línea base, se tenía un total de 20 922 421 ha de cobertura de bosque y la tasa simple promedio de deforestación fue de 415 531 ha/año. En el 2015 la cobertura de bosque se redujo a 16 706 263 ha con una tasa promedio de deforestación de 338 081 ha/año. En este periodo de 10 años, hubo una conversión de los bosques a otros usos de 4 216 158 ha.

En el periodo señalado, existen datos que reflejan la tasa anual de deforestación del país. Por ejemplo, entre los años 2005 a 2010 fue de 179 000 ha/año y de ese año a hoy, la deforestación media ha superado holgadamente este número y se encuentra entre los más altos de los países tropicales (PNC ONU-REDD+ Py/SEAM/INFONA/FAPI, 2016). En el 2013, Paraguay registró la segunda tasa de deforestación más alta del mundo de 236 869 ha y solo en el Chaco Paraguayo se perdieron más de 287 000 ha en el año 2014 (Guyra Paraguay, 2017). En término de impacto en la biodiversidad, la transformación y pérdida de hábitat representan la mayor amenaza para la conservación de las especies en el Paraguay (Weiler & Núñez, 2012).

FIGURA 59

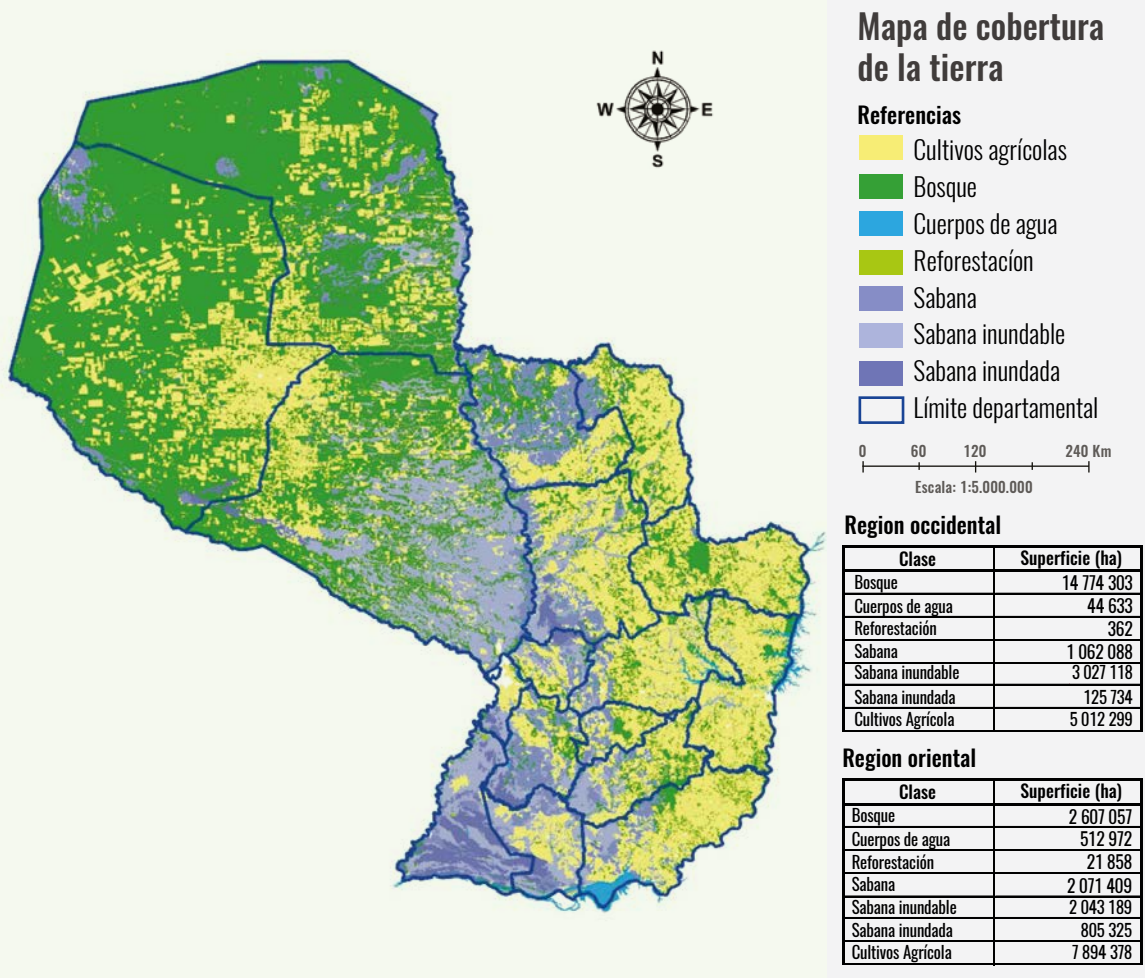
SUPERFICIE CULTIVADA (ha) Y RENDIMIENTO (kg/ha) DE MAÍZ ZAFRA NORMAL Y ZAFRIÑA Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE ETANOL (LITROS) EN EL PARAGUAY, EN EL PERIODO 2005-2016



Fuente: Elaborado a partir de datos de MAG/DCEA, 2016; IICA, 2017b; y FAO, 2018

FIGURA 60

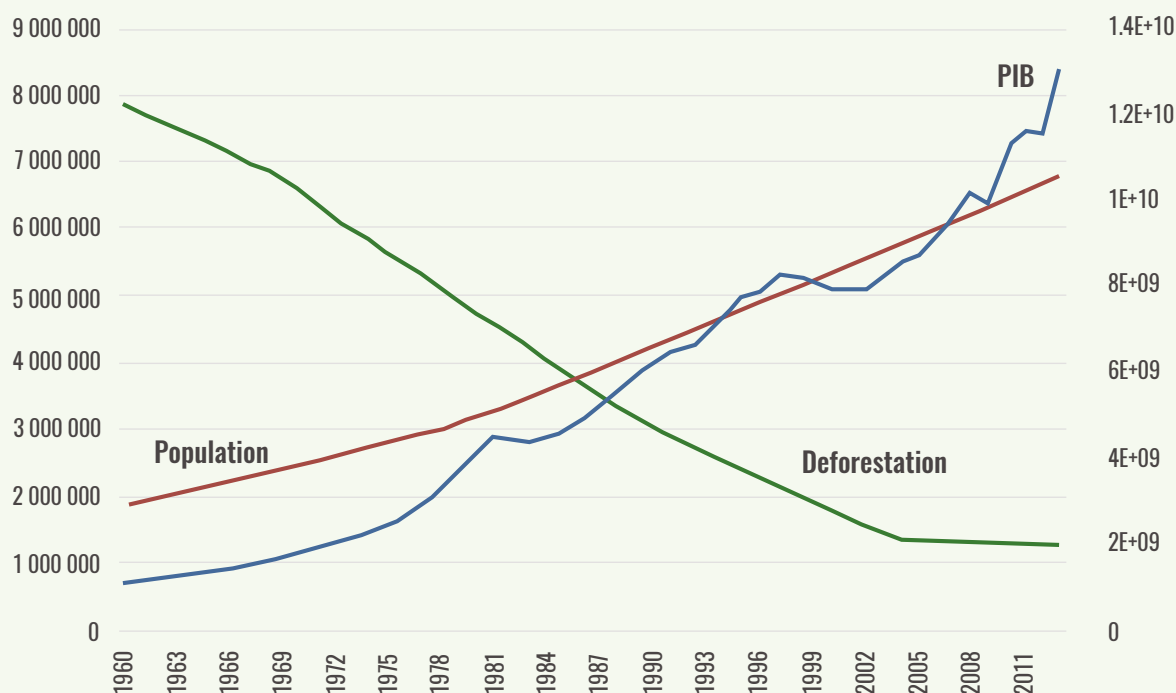
MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA EN PARAGUAY, 2011



Fuente: FCA-CIF-FFPRI 2011

Se observan altos niveles de deforestación desde la segunda mitad del siglo XX (Figura 61) que de 8 millones de ha boscosa en 1960 al 2004 se redujo a poco más de 1 millón de ha, año en que se promulgó la Ley 2524/04 de “De prohibición en la región oriental de las actividades de transformación y conversión de superficies con cobertura de bosques”, denominada comúnmente como la “Ley de deforestación cero”. A partir de entonces, se ha frenado la tendencia del avance de la deforestación en esta región.

Entre las causas directas más importantes de la deforestación a nivel país, se encuentra la expansión de la frontera agropecuaria sobre los bosques (Cuadro 54). En el periodo 2000–2015 se produjo la conversión de 5,4 millones de ha de bosques a tierras de cultivos, correspondiente a alrededor del 13,7% del territorio nacional (Figura 62).

FIGURA 61
AVANCE DE LA DEFORESTACIÓN COMPARADO CON EL CRECIMIENTO POBLACIONAL Y EL PIB


Fuente: Szulecka y Monges, 2017

CUADRO 54
CAUSAS DIRECTAS DE LA DEFORESTACIÓN DE LOS BOSQUES EN EL PARAGUAY

Motores de deforestación	Agentes relacionados	Acciones recomendadas
1. EXPANSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA	EMPRESAS AGRÍCOLAS	ELIMINAR INCENTIVOS PERVERSOS
2. EXPANSIÓN PLANTACIÓN DE PASTURAS	GANADERÍA	ELIMINAR INCENTIVOS PERVERSOS
3. HABILITACIÓN DE COLONIAS AGRÍCOLAS	CAMPESINOS	ORDENAMIENTO TERRITORIAL
4. TALA LEGAL E ILEGAL	MADEREROS Y OTROS ACTORES	CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS
5. PRODUCCIÓN DE LEÑA Y CARBÓN	DIVERSOS ACTORES	MAYOR CONTROL DE LICENCIAS
6. OCUPACIÓN ILEGAL DE BOSQUES	CAMPESINOS SIN TIERRAS	MEJOR CONTROL Y CATASTRO RURAL
7. CULTIVO ILEGAL	AGRICULTORES	MEJOR CONTROL
8. CRECIMIENTO URBANO	EMPRESAS INMOBILIARIAS	MEJOR ORDENAMIENTO TERRITORIAL
9. INCENDIOS FORESTALES	GANADERÍA	CONTROL DE QUEMA DE PASTIZALES
10. INCREMENTO PRECIO <i>COMMODITIES</i>	AGRICULTORES Y GANADEROS	INCENTIVOS ECONÓMICOS PARA BOSQUES
11. BAJO PRECIO DE MADERA EN PIE	MADEREROS	INCENTIVOS MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE
12. INFRAESTRUCTURAS (VIAL, ENERGÍA)	ACTORES VARIOS	ORDENAMIENTO TERRITORIAL

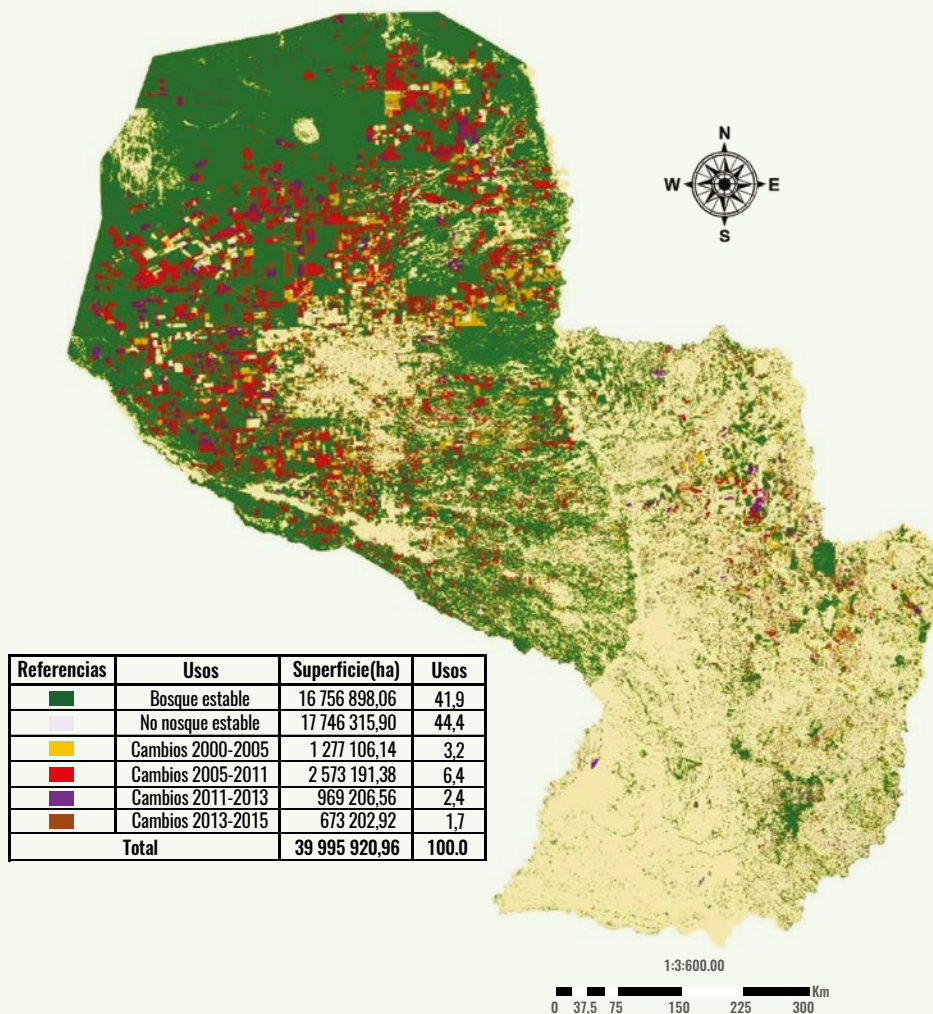
Fuente: adaptado de Vidal, 2014

En las determinantes de la deforestación y, consecuente degradación, de los bosques en el Paraguay, es necesario llevar a cabo estudios más detallados del comportamiento de los

diferentes motores de la deforestación (**Cuadro 54**) y sobre todo de sus “causas subyacentes”. Si bien se asume claramente que la expansión de la frontera agrícola, principalmente para el

FIGURA 62

AVANCE DE LA DEFORESTACIÓN EN LOS ÚLTIMOS 15 AÑOS EN DISTINTOS ECOSISTEMAS DEL PARAGUAY



Fuente: PNC ONU-REDD+ Py/FAO/PNUD/SEAM/INFONA/FAPI, 2016

cultivo de soja, la expansión de las plantaciones de pasturas para la producción de carne y productos lácteos y la apertura de nuevas áreas para asentamientos campesinos son las causas principales de la deforestación que presenta Vidal (2014) y degradación de bosques en el país, aún es necesario un mejor conocimiento de las causas más profundas que guían las tendencias en el cambio en el uso de la tierra en el país. Por tanto, es necesario indagar más detalladamente cuanto es el aporte de los cultivos de caña de azúcar y de maíz en el cambio de uso de la tierra, y muy

especialmente debido a la producción de etanol a partir de estos cultivos; tal como señalan MOPC, VMME y GIZ (2013) que las consecuencias de la producción de especies bioenergéticas sobre la tierra y el agua necesitan más investigación, especialmente a nivel de campo.

Frente a avance de la deforestación, las acciones de reforestación y las plantaciones de árboles ya no era sólo una opción, sino una necesidad. Paraguay siempre tuvo una superficie de plantación moderada en comparación con el rápido desarrollo de plantaciones forestales en

Argentina, Chile, Brasil, Perú o Uruguay, medidas en millones de hectáreas. Algunos registros como los de Vidal (2014) reportan unas 61 000 ha de plantaciones forestales (entre *Eucalyptus* y *Pinus*) realizadas entre el periodo de 1975 a 2011 y de Szulecka & Monges (2017) señalan que existen unas 81 125 ha en el año 2013. Datos más recientes indican que la superficie total de plantaciones forestales a nivel país hasta el año 2015 fue de 122 452 ha, correspondiendo a la región oriental 120 660 ha y a la región occidental 1 792 ha (INFONA, 2016).

Un punto de inflexión en el desarrollo de las plantaciones forestales fue la Ley de Promoción de la Forestación y Reforestación (Ley 536/95) que propició un aumento significativo en el área de plantación, especialmente de *Eucalyptus* (Szulecka & Monges, 2017; INFONA, 2012). La

investigación de Szulecka & Monges (2017) discutió la historia del uso de la tierra y las preferencias de los participantes del estudio con el fin de situar sus plantaciones de eucalipto en redes de decisiones de uso de la tierra realizadas y previstas, obteniéndose que la mayoría de los participantes reemplazaron los cultivos de subsistencia (36%), pastizales (23%) o cultivos comerciales (18%) para establecer sus plantaciones de *Eucalyptus*, aunque en algunos casos se produjeron otros patrones de conversión. Ningún participante en el estudio informó de la conversión de bosques naturales en *Eucalyptus* y sólo el 5% reportó la conversión de ecosistemas naturales (praderas húmedas) a plantaciones de *Eucalyptus*. Sin embargo, estos resultados podrían tener otras orientaciones si se consideran las tipologías de fincas y la escala.

CUADRO 55

HITOS CLAVE EN EL DESARROLLO DE LAS PLANTACIONES FORESTALES REALIZADAS HASTA EL 2013

Período	Paradigma de conducción	Desarrollos relevantes de la plantación maderera de Paraguay
DÉCADA DE 1940	NACIONAL	PRIMEROS ESFUERZOS DOCUMENTADOS DE PLANTACIÓN DE ÁRBOLES CON FINES ENERGÉTICOS
1955-1966	NACIONAL	INSTITUTO AGRONÓMICO NACIONAL COMIENZA A PRODUCIR PLÁNTULAS Y PARCELAS EXÓTICAS DE PRUEBA
DÉCADAS DE 1970/80	NACIONAL	PLAN NACIONAL BAJO LA LEY N. 422/73: 10 025 HECTÁREAS DE NUEVAS PLANTACIONES
DE 1980S EN ADELANTE	SOCIAL, POLÍTICO GLOBAL	ACUERDOS QUE ESTABLECEN UN PROGRAMA DE EXTENSIÓN FORESTAL ENTRE LAS AGENCIAS FORESTALES Y DE DESARROLLO GUBERNAMENTALES (SWISS TECHNICAL MISSION, PEACE CORPS, GTZ, UNIÓN EUROPEA, JAPÓN, OTROS)
1991-1994	NACIONAL, CORPORATIVO, SOCIAL	REFORESTACIÓN CON FINES ENERGÉTICOS: 1 763 HECTÁREAS DE NUEVAS PLANTACIONES
1992-1993	CORPORATIVO, SOCIAL	RÉGIMEN DE INDEMNIZACIÓN (DECRETO N 14047): 1 227 HECTÁREAS DE NUEVAS PLANTACIONES
1995	CORPORATIVO	LEY DE PROMOCIÓN DE PLANTACIONES N. 536/95
1997-1998	NACIONAL	BOSQUES MODELO: 115 HECTÁREAS DE NUEVAS PLANTACIONES
1996-2004	CORPORATIVO	PLANTACIONES BAJO LA LEY N 536/95: 34 023 HECTÁREAS DE NUEVAS PLANTACIONES
2006	CORPORATIVO	RED DE INVERSIÓN Y EXPORTACIÓN PARA PROMOVER PRODUCTOS FORESTALES Y PLANTACIONES DE MADERA (REDIEX)
DE 2010 EN ADELANTE	CORPORATIVO	CREACIÓN DE PRIMEROS FONDOS DE CRÉDITO PARA PLANTACIONES MADERERAS DE DIFERENTES INSTITUCIONES (FONDO GANADERO, AGENCIA FINANCIERA DE DESARROLLO)
2010-2013	CORPORATIVO, SOCIAL, CORPORATIVO MODIFICADO, GLOBAL-POLÍTICO	ÁREA DE PLANTACIÓN AGREGADA BAJO MONITOREO DE INFONA: 31 996 HECTÁREAS
2013	TODOS	SUPERFICIE DE PLANTACIÓN TOTAL 81 125 HECTÁREAS (0.2% DEL TERRITORIO DEL PAÍS)

Fuente: adaptado de Szulecka & Monges, 2017

En zonas específicas del país, actualmente la empresa KOFPI Paraguay S.A. implementa

proyectos de reforestación en los departamentos de Caaguazú (distritos de Mbutu'y y Caraya'o)

y Cordillera (distrito de Juan de Mena) de la región oriental; totalizando una superficie de 670 hectáreas reforestadas con *Eucalyptus* spp. mediante la implementación de sistemas silvopastoriles (FEPAMA, 2017).

En el contexto analizado, el Programa Nacional de Biocombustible (PNBIO) que impulsa la diversificación de la matriz energética, ofrece alternativas de producción para los pequeños y medianos agricultores. Es un marco de acción propicio para establecer políticas que apunten a la sustentabilidad de los ecosistemas conciliando el uso de la biomasa como fuente de energía y la producción agrícola. De esta forma contribuiría al aumento de la participación de los biocombustibles dentro de la matriz energética del país.

4.8.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

El Indicador 8 presenta datos de nivel nacional con especial atención en las zonas geográficas vinculadas a la producción de etanol a partir de caña de azúcar y de maíz entre zafra y el uso de biomasa como fuente de energía. Se dio énfasis en el uso y cambio de uso de la tierra relacionados a los dos cultivos bioenergéticos y a las plantaciones forestales de uso bioenergético. Se presentan datos que han sido elaborados a partir de una línea base que para la caña de azúcar abarcó el periodo 2005 a 2016 y en el caso del maíz zafriña el periodo 2008 a 2016.

Se accedió a informaciones oficiales vinculadas a instituciones públicas y privadas y de organismos internacionales disponibles en línea, considerando esencialmente estadísticas de cultivos con series históricas, informes institucionales, informes de consultorías, artículos científicos, documentos sobre Planes Nacionales, y fuentes electrónicas accesibles de diversos entes. Las mismas, fueron complementadas con datos provenientes de fuentes primarias obtenidos de algunas industrias alcoholeras del país que fueron seleccionadas de acuerdo a la predisposición de las empresas en brindar las informaciones solicitadas a través de un cuestionario

previamente estructurado cuyo instrumento fue utilizado como base para las entrevistas a los representantes de las empresas industriales.

Las informaciones disponibles sobre el indicador son variadas y en algunos casos han existido divergencias entre una fuente y otra; razón por la cual, se optó por considerar aquellas de fuentes oficiales consistentes. Así, algunos de los cuadros se presentan considerando variadas fuentes de literatura priorizando las más recientes.

Metodológicamente, la serie de datos históricos ha sido fundamental en la generación de nuevos datos para el análisis y ver la evolución y tendencia.

Resultados

En este Indicador, se ha podido derivar estimaciones de la evolución de la producción de caña de azúcar y maíz zafriña respecto del etanol en periodo 2005 a 2016, donde se obtuvieron datos muy relevantes, como por ejemplo, la tasa de etanol respecto a la producción de caña de azúcar y de maíz, el cambio de uso de la tierra atribuible a estos cultivos, entre otros. Así mismo, se pudo establecer líneas de tendencia de la relación (R^2) entre la superficie cultivada de caña de azúcar y maíz y sus respectivos rendimientos con la producción de etanol, generando una estimación del probable aporte de estos dos cultivos a la dinámica de la producción de etanol en el Paraguay. El **Cuadro 12** presenta un resumen de los principales valores obtenidos en el Indicador 8 para Paraguay.

CUADRO 56
RESUMEN DE RESULTADOS PARA EL INDICADOR 8 EN PARAGUAY

Concepto	Subindicador	Valor	Unidad de medida	Descripción	Año
INFORMACIÓN GENERAL		40 675 200	ha	ÁREA TOTAL NACIONAL	
		21 885 000	ha	ÁREA TOTAL DE TIERRAS AGRÍCOLAS	2015
		12 954 457	ha	ÁREA BOSQUE NATIVO PRODUCTIVO EN EL PAÍS	2015
CAÑA DE AZÚCAR	8.1A	33 668	ha	ÁREA CULTIVADA DE CAÑA DESTINADA PARA PRODUCCIÓN DE ETANOL	2016
	8.1B	0,0828	%	PORCENTAJE DEL ÁREA DE CAÑA PARA PRODUCCIÓN DE ETANOL SOBRE EL ÁREA TOTAL NACIONAL	2016
	8.2A	0,154	%	PORCENTAJE DEL ÁREA DE CAÑA PARA PRODUCCIÓN DE ETANOL SOBRE ÁREA TOTAL DE TIERRAS AGRÍCOLAS	2016
	8.3A	0,0679	R ²	RELACIÓN RENDIMIENTO CAÑA Y PRODUCCIÓN ETANOL	2005-2016
	8.3A	0,9479	R ²	RELACIÓN ÁREA CULTIVADA CAÑA Y PRODUCCIÓN ETANOL	2005-2016
MAÍZ	8.1A	82 637	ha	ÁREA DE MAÍZ PARA PRODUCCIÓN DE ETANOL	2016
	8.1B	0,2032	%	ÁREA DE MAÍZ PARA PRODUCCIÓN DE ETANOL SOBRE EL ÁREA TOTAL NACIONAL	2016
	8.2A	0,3776	%	ÁREA DE MAÍZ PARA PRODUCCIÓN DE ETANOL SOBRE ÁREA TOTAL DE TIERRAS AGRÍCOLAS	2016
	8.3A	0,732	R ²	RELACIÓN RENDIMIENTO MAÍZ Y PRODUCCIÓN ETANOL	2005-2016
	8.3A	0,395	R ²	RELACIÓN ÁREA CULTIVADA MAÍZ Y PRODUCCIÓN ETANOL	2005-2016
BIOMASA FORESTAL	8.1A	121 456	ha	SUPERFICIE FORESTAL MANEJADA UTILIZADA PARA FINES ENERGÉTICOS	2015
	8.1B	0,30	%	PORCENTAJE DE SUPERFICIE FORESTAL MANEJADA UTILIZADA PARA FINES ENERGÉTICOS SOBRE EL ÁREA TOTAL NACIONAL	2015
	8.2A	0,55	%	PORCENTAJE DE SUPERFICIE FORESTAL MANEJADA UTILIZADA PARA FINES ENERGÉTICOS SOBRE EL ÁREA TOTAL DE TIERRAS AGRÍCOLAS	2015
	8.2B	38,41	%	PORCENTAJE DE SUPERFICIE FORESTAL MANEJADA UTILIZADA PARA FINES ENERGÉTICOS SOBRE EL TOTAL DE SUPERFICIE FORESTAL MANEJADA EN EL PAÍS	2015
CONVERSIÓN CULTIVOS ANUALES		20 922 421	ha	ÁREA DE COBERTURA DE BOSQUES	2005
		16 706 263	ha	ÁREA DE COBERTURA DE BOSQUES	2015
		338 081	ha/año	TASA PROMEDIO DE CONVERSIÓN	2005-2015
		13,7	%	ÁREA DE BOSQUES CONVERTIDOS A TIERRAS DE CULTIVOS	2005-2015

Fuente: elaboración propia

Los datos estadísticos muestran que de 17 606 ha atribuibles a la elaboración de etanol en el 2005, pasó a un total de 33 668 ha en el 2016, una tasa de incremento del 91% del área de cultivo de caña de azúcar en ese periodo. En el caso del maíz entre zafra, de 26 834 ha destinadas a la producción de etanol en el 2008, para el 2016 se observó un área de 82 637 ha (una 3 veces más).

Con los resultados presentados, se ha visto que la producción de caña de azúcar ha tenido un aumento en la superficie cosechada en los años estudiados, mientras que los rendimientos se han demostrado escasa variabilidad en el incremento. Sin embargo, el caso del maíz zafriña se observa una correspondencia entre la superficie cultivada y los niveles de productividad que crecen sustancialmente a través de los años.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

El Plan Nacional de Reforestación que incorpore los principios fundamentales de la restauración ecológica liderado por el INFONA, el Plan Nacional de Eficiencia Energética de la República del Paraguay por el Comité Nacional de Eficiencia Energética (CNEE) y el Programa Nacional de Biocombustible impulsado por el MIC y el Programa Nacional de manejo, conservación y recuperación de suelos del MAG, son medidas de alta relevancia en este momento para que el sector de la bioenergía pueda tener un despegue. Sobre este punto, es crucial apuntar a la eficiencia de la productividad primaria neta (t/ha) y a la eficiencia energética a través de la intensificación de la producción en los procesos industriales, pues son los métodos para minimizar el cambio de uso del suelo y por ende la presión en los recursos naturales.

Es necesario además que en el marco de estos Planes y Programas Nacionales, se establezcan mecanismos eficientes de articulación de las instituciones responsables y que además de impulsar los planes y dinamizar la información, se puedan crear oportunidades de incorporación de la academia que en coordinación con otros organismos puedan coadyuvar en la generación sistemática de conocimientos.

El aporte de la biomasa a la generación de energía podría ser una estrategia para contribuir la dinamización socioeconómica de muchas zonas rurales, tal como ya sucede en países europeos, pues en las últimas décadas muestran una acelerada descapitalización productiva y humana. En consecuencia, la bioenergía puede ser un sector que genere efectos positivos en el desarrollo rural sostenible desde el punto de vista económico, social y ambiental. La existencia de un mercado organizado de oferta y demanda de biomasa, la formación de los agricultores y la promoción social de las empresas ligadas al sector bioenergético acerca de las posibilidades de producción bioenergética y una adecuada distribución territorial ambientalmente razonable que pueda aportar al mantenimiento de la biodiversidad y al mismo tiempo aumentar la resiliencia ecológica y humana, son las premisas más importantes. Se hace necesario entonces, un verdadero

compromiso público-privado en la búsqueda de la sustentabilidad del sector de la bioenergía en Paraguay.

En Paraguay, el uso de los bosques como fuente bioenergética constituye una práctica creciente. Sin embargo, es preciso resaltar que si el remanente de bosques se gestionara con los principios de sostenibilidad económica y sustentabilidad ambiental, podría garantizar la producción futura de una gran cantidad de energía. Así mismo, el uso de tecnología mejorada e innovada, en especial que apunte a la priorización de las plantaciones forestales destinadas a bioenergía, podría ayudar a salvar el remanente de bosque existente, y en conjunto, garantizar la provisión de bioenergía en el país.

Monitoreo del indicador en el futuro

La evolución de la producción de etanol en el país arroja un incremento anual y es previsible que el sector de la bioenergía continúe expandiéndose en Paraguay conforme se incremente la demanda de etanol, razón por la cual, es importante seguir monitoreando estas tendencias y poner en marcha medidas que estimulen el aumento de productividad, a fin de reducir la presión ejercida en el cambio de uso de la tierra.

Sin embargo, se resalta la dificultad de obtener información oficial sobre el avance de este indicador, pues la misma no se cuenta lo suficiente, si existen se encuentran en registros dispersos no sistematizados y algunas empresas privadas se niegan a proveer información. Por tanto, este estudio recomienda que a nivel país se implemente un sistema de monitoreo del indicador y un acceso seguro a la información.

REFERENCIAS

- Arranz-Piera, P. y Pulfer, J.C.**, 2008. Estudio de base y definición de proyectos piloto para un Programa Nacional de Electrificación Rural en Paraguay (Informe Final). BID, 51p.
- BID**, 2008. Herramientas para mejorar la efectividad del mercado de combustibles de madera en la economía rural. Informe Diagnóstico Paraguay. Proyecto ATN/AU-10038. RJ
- CAPECO**, 2017. Área de siembra, producción y rendimiento. Disponible en: <http://capeco.org.py/area-de-siembra-produccion-y-rendimiento/> (Acceso: julio 2017)
- CAPECO/INBIO**, 2014. Estimación por Análisis Geo-Espacial de Cobertura del Cultivo de: Soja zafra 2013-2014, Soja zafriña 2014, Maíz zafriña 2014 en la región oriental del Paraguay. CAPECO/INBIO.
- CEAMSO**, 2017. Entrevistas a empresas nacionales y multinacionales, alcoholeras y demandantes de biomasa en sus procesos tecnológicos. Cuestionario de preguntas sobre la cadena de biomasa, caña de azúcar y maíz entre zafra (zafriña). Asunción, Par. Centro de Estudios Ambientales y Sociales, junio de 2017.
- Cubilla, L.**, 2016. Historia y evolución de la agricultura mecanizada en el Paraguay. Asunción, Par, CAPECO, 88p.
- FAO**, 2011. The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy, First Edition. GBEP Global Bioenergy Partnership. Rome: Food and Agricultural Organization. ISBN 978-92-5-107249-3
- FAO**, 2018. FAOSTAT. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es> (Acceso: febrero 2018).
- FCA (Facultad de Ciencias Agrarias), FFPRI (Forestry and Forest Products Research Institute – Japón)**, 2013. Mapa de Cobertura de la Tierra Paraguay 2011. San Lorenzo, Paraguay.
- FEPAMA (Federación de Madereros del Paraguay)**, 2017. Llamado a concurso para raleo de 300 hectáreas de Eucalipto en Cordillera y Caaguazú. Disponible en: <http://www.fepama.org/raleo-en-cordillera-y-caaguazu/> (Acceso: octubre 2017)
- Guillen, G. y Escurra, V.**, 2016. Estudios de equivalencia de productos forestales. Instituto Forestal Nacional. Dirección de Comercio e Industrias Forestales. Primer Informe. Asunción.
- Guyra Paraguay**, 2017. Informe Deforestación. Disponible en: <http://guyra.org.py/informe-deforestacion/> (Acceso: agosto 2017)
- Heinrichs, J.**, 2015. Alcohol a partir de maíz. Abc color (18 de noviembre de 2015). Disponible en: <http://www.abc.com.py/edicion-impresasuplementos/abc-rural/alcohol-a-partir-de-maiz---johan-heinrichs--1427856.html> (Acceso: octubre 2017)
- IICA**, 2007. El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay. Documento de trabajo N° 2. IICA, 83p.
- IICA**, 2017a. Evolución y situación de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/cana.htm> (Acceso: junio 2017)
- IICA**, 2017b. El Observatorio: Maíz. Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/maiz.htm> (Acceso: junio 2017)
- INBIO**, 2008. Estimación de superficie cultivada de maíz zafriña. Año agrícola 2008. Disponible en: http://www.inbio.org.py/uploads/d1superficie_cultivada_maiz_zafri%C3%B1a_2008.pdf (Acceso: agosto 2017)
- INBIO**, 2016. Campaña agrícola. Maíz zafriña 2016. Disponible en: <http://www.inbio.org.py/uploads/d2Estimaci%C3%B3n%202015%202016.pdf> (Acceso: marzo 2017)
- INFONA**, 2012. Sistema Nacional de Monitoreo Forestal de Paraguay. Instituto Forestal Nacional, Paraguay.
- INFONA**, 2016. Balance Anual de Gestión Pública. Presupuesto por Resultado Año 2016. San Lorenzo, Paraguay. 48p
- INFONA/Facultad de Ciencias Agrarias-UNA/Asociación Rural del Paraguay**, 2013. Programa

- de Apoyo a las Exportaciones Paraguayas 1916/BL-PR; Proyecto Promoción de inversión plantaciones forestales. Informe Final. INFONA/FCA-UNA/ARP. San Lorenzo, 32p.
- INFONA/FAO**, 2013. Mapa preliminar de plantaciones forestales. INFONA En línea: <http://www.abc.com.py/edicion-impresion-suplementos/abc-rural/el-infona-presenta-mapas-preliminares-estrategicos-625856.html> (Acceso: agosto 2017)
- INPASA**, 2018. INPASA del Paraguay. En línea: <http://inpasa.com.py/empresa-es.html>. Consultado marzo 2018
- MAG/DCEA**, 2008. Censo Agropecuario Nacional 2008. MAG-DCEA. Asunción, PY.
- MAG/DCEA**, 2014. Síntesis Estadísticas. Producción agropecuaria año agrícola 2013/2014. San Lorenzo, Par. Ministerio de Agricultura y Ganadería/Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias, 48p.
- MAG/DCEA**, 2016. Síntesis Estadísticas. Producción agropecuaria año agrícola 2015/2016. San Lorenzo, Par. Ministerios de Agricultura y Ganadería/Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias, Informe Final Diciembre 2016. 51p.
- MAG/DCEA**, s.f. Caña de azúcar: superficie, producción y rendimiento por departamento. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/Censo/temporales/CANHA%20DE%20AZUCAR.pdf> (Acceso: marzo 2017).
- MIC**, 2016. Sector Industrial. Informe S.N° 337/2016.
- MIC**, 2017. Informe mensual Setiembre 2017. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/adjunt/InformeSetiemb_SSEI.pdf (Acceso: diciembre 2017)
- MOPC**, 2017. Política Energética 2040. Asunción, Par. Simposio Internacional sobre Objetivos de Desarrollo Sostenible y Economía de bajo Carbono, Julio de 2017. Disponible en: <https://www.mopc.gov.py/paraguay-se-mueve-en-un-43-con-bioenergia-n4755> (Acceso: agosto 2017).
- MOPC/VMME/GIZ**, 2013. Producción y consumo de biomasa sólida en el Paraguay. MOPC/GIZ. Disponible en: [http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20\(1\).pdf](http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20(1).pdf) (Acceso: julio 2016).
- Mora Mérida, J.L.**, 1973. Historia social del Paraguay, 1600-1650. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Escuela de Estudios Hispano-Americanos de Sevilla.
- Neufeld, F. y Quinteros, M.**, 2007. Determinación de la biomasa área total y por especie del bosque nativo del Chaco Central. Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. (Tesis de grado). Asunción.
- PNC ONU-REDD+Py/SEAM/INFONA/FAPI**, 2015. Sistema de Monitoreo Terrestre. Documento Técnico de elaboración de mapa de deforestación histórica del Paraguay. Periodo 2000-2015 FAO/PNUD/PNUMA. 52 p.
- PNC ONU-REDD+Py/SEAM/INFONA/FAPI**, 2016. Paraguay: cambio de uso de suelo y costos de oportunidad. Sinergias entre REDD+ y la Ley de Valoración y Retribución de Servicios Ambientales. FAO/PNUD/PNUMA. 40p.
- STP**, 2017. Environmental And Social Management (FAO) PROEZA. Poverty, Reforestation, Energy and Climate Change. Disponible en: <http://www.stp.gov.py/v1/wp-content/uploads/2017/01/Annex-G.-Environmental-and-Social-Standard-Management-Framework-Final.pdf> (Acceso: marzo 2018).
- Szulecka, J. y Monges, Z.E.**, 2017. Forest plantations in Paraguay: Historical developments and a critical diagnosis in a SWOT-AHP framework. *Land Use Policy* 60:384-394.
- USAID**, 2009. Biocombustibles: alternativa de negocios verdes. Asunción, Par. Paraguay Vende, promoviendo crecimiento económico. 41p. Disponible en: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/biocombustibles.pdf> (Acceso: junio de 2017)
- Vidal, V.C.**, 2014. Análisis de los principales drivers de deforestación y degradación de los bosques a nivel nacional Informe final. PNC ONU – REDD, 40p.
- Weiler, A. y Núñez, K.**, 2012. Desafíos para la Conservación del Tatú Carreta (*Priodontes maximus*) en el Chaco Paraguayo. *Rep. cient. FACEN* (3)1, San Lorenzo. ISSN 2222-145X.

4.9 INDICADOR 9: ASIGNACIÓN Y TENENCIA DE LA TIERRA PARA NUEVA PRODUCCIÓN DE BIOENERGÍA

Daniel Franchi Vazquez

Centro de Estudios Ambientales y Sociales (CEAMSO)

DESCRIPCIÓN:

Porcentaje de tierra usada para nueva producción de bioenergía donde:

(9.1) Un instrumento legal o una autoridad nacional establece la propiedad de la tierra y los procedimientos para el cambio de propiedad.

(9.2) El actual sistema legal nacional y/o las prácticas socialmente aceptadas proporcionan el trámite preceptivo y se siguen los procedimientos establecidos para determinar la propiedad legal.

UNIDAD(ES) DE MEDICIÓN:

Porcentajes

4.9.1 Implementación del indicador 9 en Paraguay

La información sobre antecedentes y evolución histórica de la tenencia y asignación de tierras por parte del estado, fue extraída de estudios publicados por OXFAM (Guereña y Rojas Villagra, 2016).

Los cuadros de “Tamaño de fincas y propiedad de las tierras destinadas a la producción de caña de azúcar y maíz zafriña” se elaboraron en base a los resultados del Censo Agropecuario 2008 (MAG, 2008). No existe información más actualizada. En el caso del maíz zafriña, se partió de dos supuestos, que todas las fincas de

50 hectáreas y más que plantan soja, también plantan maíz zafriña y que las fincas de menos de 50 hectáreas no venden el maíz zafriña cosechado para la producción de etanol.

Para analizar el marco legal de tenencia y explotación de tierras y bosques, se revisaron documentos oficiales como el Estatuto Agrario, del Instituto Nacional de Desarrollo Rural y de la Tierra (INDERT, 2002), Ley Forestal y publicaciones del Programa ONU-REDD+ Paraguay (Piera Valdés, 2014) y BASE-IS (Rojas Villagra, 2014).

Las estimaciones sobre la situación de las tierras dedicadas a la plantación de caña de azúcar, respecto a la titulación, fue obtenida en entrevistas a Asociaciones de Cañicultores de los departamentos de Caaguazú y Guairá y de empresas alcoholeras. También se realizaron entrevistas en empresas forestales y alcoholeras que producen a partir del maíz zafriña, para conocer la posesión de títulos legales de plantaciones forestales y cultivos medianos y grandes de soja (CEAMSO, 2017a).

Las estimaciones que pudieron hacerse sobre la evolución de los precios de las tierras que producen caña y maíz zafriña, se basaron en información obtenida de fuente primaria en entrevistas a productores de caña, alcoholeras y azucareras, así como de información inmobiliaria de sitios web.

Para calcular la variación real de los precios, ajustando por la inflación del período considerado, se tomó la variación acumulada del IPC y la cotización anual promedio del dólar, de los informes del Banco Central del Paraguay.

4.9.2 Resultados claves

Panorama general

En 1963 comenzó la ocupación de tierras fiscales de la región oriental, con este fin fue creado el Instituto de Bienestar Rural y promulgado el Estatuto Agrario. Este proceso implicó la creación en la década de 1960 de unas 300 colonias que abarcaban unos dos millones de hectáreas y donde se asentaron a miles de familias

campesinas. Pero las instituciones responsables de la reforma agraria en ese tiempo, regalaron tierras a militares, empresarios y funcionarios cercanos al poder casi unos 7 millones de hectáreas de tierra. Finalizada la dictadura se estima que también fueron adjudicadas en forma irregular aproximadamente 1 millón de hectáreas más.

La Comisión de Verdad y Justicia (CVJ) examinó las más de 200 000 adjudicaciones de tierra rural y los títulos de propiedad otorgados por los organismos estatales responsables de la reforma agraria entre 1954 y 2003, correspondientes a una superficie total de 12 229 594 hectáreas que equivalen al 50,1% del total de las tierras arables del país. De éstas, encontró que 4 241 lotes, correspondientes a 3 336 adjudicatarios, por un total de 7 851 295 hectáreas habían sido adjudicados con graves irregularidades a la legislación agraria, por lo que serían nulas, aunque difícilmente el otorgamiento de estos títulos pueda cambiarse.

Esto representa el 64,1% de las tierras adjudicadas, el 19,3% del territorio nacional y el 32,7% de las tierras arables. El 20% de la superficie corresponde a la región oriental y el 80% a la occidental. Las irregularidades encontradas fueron la adjudicación a personas no beneficiarias según el Estatuto Agrario, la adjudicación de más de un lote a la misma persona y la adjudicación de lotes superiores a los límites máximos establecidos en la ley (Guereña y Rojas Villagra, 2016).

Según el Estatuto Agrario, Ley 1863 y modificaciones posteriores, para poder ser beneficiario de tierras para asentamientos agrícolas, se debe cumplir con los siguientes requisitos: a) tener ciudadanía paraguaya sin distinción de sexo, mayoría de edad acreditada con la respectiva Cédula de Identidad Policial y observar buena conducta; b) dedicarse directa y habitualmente a la agricultura, como actividad económica principal; c) no ser propietario de inmuebles, salvo la de un lote urbano o suburbano, o ser propietario de un inmueble rural con superficie menor a una UBEF (Unidad Básica de Economía Familiar)²⁶; y d) no haber sido adjudicado anteriormente con tierras por

parte del Organismo de Aplicación, salvo la excepción del inciso “c”.

Las adjudicaciones serán realizadas tomando en consideración el siguiente orden de preferencia: a) a los que se encuentran en posesión pacífica y registrada de la tierra que cultivan; y b) a los demás beneficiarios de la presente ley que reúnan las calificaciones más altas, en consideración a los siguientes factores: 1. mujer, cabeza de familia; 2. técnicos egresados de escuelas agrícolas; y 3. calidad de repatriado, en cuanto acredite calidad y antecedentes de productor rural.

Bajo términos a ser reglamentados por el Organismo de Aplicación, podrán adquirir la calidad de beneficiarios del Estatuto Agrario, con las limitaciones que para cada caso se establezcan: a) las cooperativas de producción agropecuaria, forestal y agroindustrial y otras organizaciones de productores o productoras rurales, formalmente constituidas; b) las Comunidades Indígenas, que constituyen hábitat sobre tierras del patrimonio del Organismo de Aplicación; c) las organizaciones civiles no gubernamentales de bien público, sin fines de lucro, cuyos objetivos resulten congruentes con las finalidades de esta ley; y d) las instituciones oficiales del Estado para el cumplimiento de sus fines; y e) los excombatientes de la Guerra del Chaco, conforme a lo que establece la Ley 431/73.

La distribución de la tierra en Paraguay muestra un pequeño grupo latifundista con importante participación de extranjeros que poseen casi toda la superficie agrícola y ganadera, mientras la gran mayoría de las familias campesinas carecen de tierras. Según los datos más recientes (de 2008) el índice de Gini para la distribución de la tierra es de 0,94 en la región occidental y 0,89 en la Oriental, lo que indica un empeoramiento de la concentración respecto al censo anterior (en 1991 era de 0,93 y 0,87 respectivamente).

El censo agropecuario más reciente se realizó en 2008 en base a aproximadamente 290 000 fincas (MAG, 2008). El análisis de esos datos permite extraer importantes conclusiones acerca del reparto de la propiedad (**Cuadro 57**).

²⁶ Es la propiedad agraria que permite a una familia campesina obtener niveles de ingresos para su arraigo efectivo y cubrir sus necesidades básicas.

CUADRO 57
TAMAÑO DE FINCAS Y PROPIEDAD DE LAS TIERRAS

Tamaño de finca (ha)	Número de fincas	Porcentaje de propietarios (%)	Superficie total (ha)	Porcentaje de superficie (%)
>1 000	1 284	0,4	17 356 813	55,8
DE 200 A 1 000	11 431	3,9	12 211 725	34,1
DE 50 A 200	12 113	3,7	1 194 812	3,7
DE 10 A 50	80 600	27,8	1 305 367	4,2
<10	184 221	63,6	654 714	2,1

Fuente: Guereña y Rojas Villagra, 2016

El 90% de la tierra está en manos de 12 000 grandes propietarios, mientras que el restante 10% se reparte entre 280 000 pequeños y medianos productores.

Hay unos 600 latifundios de más de 10 000 ha (el 0,2% de las fincas) con más del 40% del territorio (12 654 779 hectáreas) y un promedio de más de 21 000 hectáreas. Por otra parte más de 180 000 fincas son inferiores a 10 hectáreas, el mínimo que establece el Estatuto Agrario como unidad básica de la economía familiar.

Según el Censo Agropecuario 2008, se amplió la superficie en fincas de más de 20 hectáreas hasta representar un 95,7% del total de tierras y aumentaron especialmente el número y la

superficie de fincas superiores a 500 hectáreas, pasando a ocupar el 90% del total de la superficie agropecuaria nacional.

Si nos enfocamos en la producción de caña de azúcar para industrialización, el **Cuadro 58** muestra como estas tierras se distribuían según el Censo Agropecuario 2008 (MAG, 2008). De el Cuadro se desprende que en el año 2008, más del 95% de las fincas eran menores de 50 hectáreas y representaban casi el 55% de la superficie de caña de azúcar cultivada, por lo que la producción de caña la realizan principalmente pequeños y medianos productores.

CUADRO 58
TAMAÑO DE FINCAS Y PROPIEDAD DE LAS TIERRAS DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR

Tamaño de finca (ha)	Número de fincas	Porcentaje de propietarios (%)	Superficie total (ha)	Porcentaje de superficie (%)
>1 000	71	0,30	25 902	31,7
DE 200 A 1 000	174	0,9	5 025	6,1
DE 50 A 200	521	2,5	6 040	7,4
DE 10 A 50	6 681	32,5	25 555	31,2
<10	13 103	63,8	19 309	23,6
TOTAL	20 550	100,0	81 831	100,0

Fuente: elaboración a partir de datos de MAG, 2008

Partiendo del supuesto que todos los productores de soja cultivan también maíz zafriña, como cultivo de rotación y que los productores de más de 50 hectáreas son quienes lo comercializan para la producción de etanol,

mientras que los de menos de 50 hectáreas utilizan el maíz zafriña para otros fines, se presenta el **Cuadro 59** en base a los datos del Censo Agropecuario 2008 del MAG.

CUADRO 59

TAMAÑO DE FINCAS Y PROPIEDAD DE LAS TIERRAS DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ ZAFRIÑA PARA ETANOL

Tamaño de finca (ha)	Número de fincas	Porcentaje de propietarios (%)	Superficie total (ha)	Porcentaje de superficie (%)
>1 000	703	9,2	1 176 400	51,0
DE 200 A 1 000	2 513	32,9	795 273	34,5
DE 50 A 200	4 414	57,9	334 748	14,5
TOTAL	7 630	100,0	2 306 421	100,0

Fuente: elaboración a partir de datos del MAG, 2008

Más de la mitad de la superficie de maíz zafriña cultivado, corresponde a un 9% de productores con tierras mayores a las 1 000 ha, y solamente un casi 15% de la superficie es cultivado por un 58% de productores poseedores de fincas medianas. La producción de maíz zafriña para etanol, está más concentrada en pocos grandes productores de soja.

Hay varios factores que contribuyen a la concentración de la tierra en pocas manos, que es la fuente principal de generación de conflictos. Estos factores son: expansión del cultivo de soja, falta e inadecuada distribución de las tierras por parte del Estado y registro catastral deficiente y poco confiable.

La expansión de la superficie de cultivo de soja en el país, se ha producido a costa de la agricultura familiar campesina e indígena y de los bosques. Los productores sojeros que se quedan con el control de las tierras apelan a diferentes mecanismos: la compra directa legal o ilegal en complicidad con las autoridades; el alquiler; el uso intensivo de agroquímicos que produce contaminación y la expulsión de los ocupantes de las tierras; y la quita de tierras por endeudamiento.

El cultivo de maíz zafriña por ser un cultivo de rotación de la soja contribuye indirectamente a esta concentración de la tierra.

La inadecuada distribución de tierras realizada por el Estado, se ha caracterizado por adjudicaciones a no beneficiarios de la reforma agraria. Además el Estado ha sido incapaz para poder revertir las entregas de tierras ilegales, pese a que estas están identificadas, así como para expropiar y redistribuir los latifundios improductivos y restituir tierras a poblaciones indígenas.

Las instituciones gubernamentales encargadas de dar respuestas a las demandas de tierras, el INDERT y el INDI (Instituto Paraguayo del Indígena), se han caracterizado por una gestión corrupta, burocrática y susceptible a presiones de grupos de poder económico, como son los ganaderos y sojeros.

La política pública de distribución de tierras puede valerse básicamente de tres mecanismos legales para acceder a ellas. La expropiación, la compra de tierras, y la recuperación de tierras fiscales. A estos mecanismos establecidos en el artículo 19 del Estatuto Agrario, se pueden agregar los inmuebles recibidos en donación y los que pertenecen al patrimonio del INDERT.

Según el Estatuto Agrario, las propiedades deben tener un aprovechamiento eficiente y un uso racional y cumplir las leyes ambientales vigentes. La reforma agraria establece como eje central la función económica y social de la tierra. Cuando la propiedad no cumple con esta función, debe ser expropiada y redistribuida.

En la práctica, el Estatuto Agrario establece que las propiedades que cumplen con su función económica y social como mínimo en el 30% de su superficie agrologicamente útil, no pueden ser declaradas por INDERT como expropiables. Este bajo nivel de exigencia de un aprovechamiento eficiente y racional de la tierra, dificulta la aplicación del mecanismo de expropiación.

Históricamente en el país se ha dado la práctica de apropiación de tierras aledañas fiscales a propiedades rurales privadas, extendiendo las fincas de hecho o cercando superficies mayores a las que correspondían. Posteriormente se fraguan títulos de propiedad incluyendo las tierras fiscales anexadas como parte de la propiedad. La recuperación de estas

tierras fiscales para su distribución se hace muy difícil porque Paraguay carece de un catastro de propiedades rurales confiable.

La falta de rigurosidad y confiabilidad del registro catastral de propiedades rurales, hace que sobre un mismo territorio puedan existir dos o más títulos de propiedad superpuestos y haya confusas delimitaciones de las parcelas. No existe además información pública sistematizada sobre superficie, ubicación y propietarios de las tierras, ni mecanismos públicos habilitados para el acceso a la información por parte de la ciudadanía, lo que dificulta conocer la situación real de la tenencia de tierras.

El INDERT tiene registrados oficialmente un total de 207 948 lotes en sus colonias, en diversas situaciones jurídicas. De éstos, 72 746 lotes no tienen número de finca ni padrón, lo cual significa que no tienen título. Son lotes cuyos ocupantes no son propietarios de los mismos, por lo cual se trata de una ocupación precaria e insegura.

Los trabajos de campo realizados en el marco del proyecto “Regularización jurídica de la tenencia de la tierra y diagnóstico de colonias”, ejecutado parcialmente por el INDERT y la Asociación Paraguaya de Estudios de Población (ADEPO) en el primer semestre de 2013, revelan que de un total de 2 180 viviendas visitadas en 20 colonias del INDERT, tan sólo 27% de las mismas tenía títulos de propiedad, mientras 73% no lo tenían. Esto muestra la no correspondencia existente entre los registros oficiales y la realidad en el campo, donde la precariedad en el acceso y tenencia de la tierra es muy grave.

Como resultado de la concentración de tierras en pocos propietarios, se genera una cantidad de población rural sin tierras, estimadas en unas 300 000 familias. Esto ha desencadenado procesos de ocupación de propiedades privadas por parte de campesinos como forma de reclamar al gobierno y reivindicar su derecho a la tierra. Las ocupaciones son consideradas por los miembros de las organizaciones campesinas como la herramienta más eficaz para que sean escuchados sus reclamos, pese al costo que conllevan, imputaciones, encarcelamientos, persecuciones e inclusive heridos y muertos.

Del otro lado, los propietarios argumentando

poseer títulos de propiedad de un predio, solicitan la desocupación por la fuerza, de familias que han estado habitando en el lugar por mucho tiempo.

En el país actualmente se dan de vez en cuando conflictos puntuales relativos a la propiedad de la tierra, principalmente en la región oriental, con ocupaciones o desalojos violentos.

De acuerdo con los resultados del Censo Agropecuario 2008 del MAG, el uso de la tierra a nivel nacional muestra que alrededor de un tercero son bosques, la mayor parte en manos de latifundistas. La superficie cubierta por bosques manejados de acuerdo con la reglamentación legal del INFONA (Instituto Forestal Nacional) representa solamente entre 1 y 2% de la superficie total de bosques, y solamente 2 000 hectáreas dentro de este porcentaje se encuentran certificadas bajo los Principios y Criterios del Consejo Forestal Mundial.

La política de distribución de tierras boscosas contó con poca asistencia técnica y se limitó a la tenencia de la tierra. Esto hizo que la única opción de los campesinos adjudicados, fuera la venta de la madera y luego de explotado el bosque, la venta del derecho de posesión a los propietarios de mayor poder económico.

Las poblaciones indígenas han sufrido desplazamientos forzosos y también fueron víctimas de una ausencia de políticas públicas que les permitiera desarrollo económico y social en el marco del respeto de sus culturas y sus territorios. En muchos casos también debieron degradar los bosques y arrendar sus tierras a grandes productores.

En el marco de la reforma agraria no se consideró la interrelación de los pueblos originarios con el bosque y las tierras distribuidas abarcaron sus tierras ancestrales.

No hay datos precisos sobre la superficie de tierras donde se encuentran las comunidades indígenas, el Censo Indígena 2002 identificó que 185 comunidades de un total de 412 no tienen resuelta su situación de tenencia de la tierra. Las tierras son propiedad de terceros y/o no están tituladas.

El aprovechamiento forestal tradicional tiene un carácter extractivo de los bosques para madera, leña y carbón, con la aplicación de pocas prácticas que favorezcan la regeneración del

bosque. La aplicación de la Ley 536/95 de “De Fomento a la Forestación y Reforestación” no ha tenido los resultados esperados.

Las instituciones públicas que más tienen que ver con la gobernanza forestal en Paraguay son INFONA y SEAM (Secretaría Nacional del Ambiente).

El INFONA fue creado por Ley 3464/2008, en reemplazo del Servicio Forestal Nacional y fue reglamentado por Decreto 3929/2010. Es una entidad con personería jurídica de derecho público, autárquica y descentralizada, con patrimonio propio y autonomía administrativa. Se vincula con el Poder Ejecutivo a través del MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). El objeto principal del INFONA es asumir la administración, la promoción y el desarrollo sostenible de los recursos forestales del Paraguay, en cuanto a su defensa, mejoramiento, ampliación y uso racional. Tiene a su cargo la formulación y ejecución de la política forestal nacional, la administración, conservación, ordenamiento y control de los recursos forestales del país. Además, es el órgano con jurisdicción administrativa sobre el patrimonio forestal del Estado, compuesto por tierras forestales fiscales, bosques fiscales y viveros fiscales. El INFONA es la autoridad de aplicación de las siguientes leyes: Ley 422/1973, Forestal, que regula la protección, conservación, mejoramiento y acrecentamiento de los recursos forestales; y Ley 536/1995, De Fomento de la Reforestación. De acuerdo con el Decreto 3929/2010 que reglamenta la Ley 3464/2008.

Regulación de los bosques

La Constitución Nacional otorga protección al medio ambiente y establece el derecho de las personas de vivir en un ambiente saludable. Paraguay ha ratificado una serie de tratados relacionados, directa o indirectamente, con la protección de los bosques.

Las tierras forestales y los bosques son sinónimos a efectos de su clasificación por la ley. La ley obliga a la protección, la conservación y el aumento de los recursos forestales, prohíbe las devastaciones y la utilización irracional de los bosques y restringe el ejercicio de los derechos sobre los mismos, sean de propiedad

privada o pública, a las disposiciones legales y reglamentarias.

Para el aprovechamiento de los bosques se requiere autorización previa del INFONA, debe realizarse cumpliendo un plan autorizado mientras que el transporte y comercialización de madera debe hacerse con guías otorgadas por este instituto. Las personas o empresas que realizan explotación de los bosques deben informar al INFONA sobre la superficie boscosa aprovechada. El marco legal establece la prohibición de aprovechamiento de recursos naturales renovables en los parques nacionales y establece para inmuebles rurales en zonas forestales con superficies mayores a 20 hectáreas una reserva legal mínima, 25% de su área de bosque natural. En caso de no haber tenido este mínimo cuando entró en vigencia esta ley, se debe reforestar un 5% de la superficie del inmueble.

El INFONA debe mantener un Registro Público Forestal con la información sobre la propiedad de bosques y terrenos forestales fiscales, municipales, comunales y privados y el registro de las plantaciones forestales que se acojan a los incentivos de la Ley Forestal. La Ley Forestal estableció incentivos buscando fomentar las actividades en tierras forestales. Por ejemplo la exención de impuesto inmobiliario para el área de bosques cultivados en tierras forestales. La ley 536/95 establece que cuando los estudios técnicos concluyen que la tierra tiene una aptitud productiva preferentemente forestal, estos suelos serán declarados de prioridad forestal y gozarán de una bonificación por una sola vez en un mismo territorio, del 75% de los costos directos de la implantación y una bonificación de 75% de los costos directos derivados de la conservación, durante los 3 primeros años, siempre que las actividades se ejecuten de conformidad con el Plan de Manejo Forestal aprobado.

La ley 1639/2000 que modifica y amplía la Ley 536/95, dispone la prohibición de cambiar el uso de la tierra beneficiada con los incentivos de forestación y reforestación y dispone que en caso de venta del inmueble, la obligación de conservación conforme al plan de manejo aprobado, recaerá sobre el nuevo adquirente. Con el Estatuto Agrario la actividad de “manejo y aprovechamiento de bosques naturales de

producción, de reforestación o forestación” pasa a ser considerada un “aprovechamiento productivo.”

Si en por lo menos el 30% de la superficie agrologicamente útil de un inmueble, se realiza forestación, reforestación o conservación de bosques, el inmueble no puede ser considerado latifundio improductivo, por lo que no está sujeto a expropiación. En el 2004, se ha promulgado la Ley 2524, que intenta frenar la deforestación. Esta ley prohíbe temporalmente la realización de cambio de uso de tierras con cobertura forestal en la región oriental del país. Esta prohibición temporal ha sido extendida y está vigente hasta el 31 de diciembre de 2018. Existe además regulación penal, la Ley 716/96 penaliza los actos que atentan contra el equilibrio del ecosistema, contra la sustentabilidad de los recursos naturales y contra la calidad de la vida humana.

Marco legal de la tenencia de la tierra

El régimen de tenencia de la tierra en Paraguay enfrenta numerosos desafíos. Un gran número de tierras no cuenta con la debida titulación. Existen títulos superpuestos. Cuando existe título de propiedad, muchas veces las dimensiones obrantes en el documento no coinciden con la extensión real del inmueble. Todos los inmuebles rurales sin dueños son propiedad del INDERT. Según el Estatuto Agrario, “los campos comunales serán inembargables, imprescriptibles, indivisibles e inalienables”. Forman parte de la propiedad privada, las tierras de las comunidades indígenas, los lotes adjudicados bajo el esquema de la reforma agraria, las propiedades de las colonias menonitas independientemente a la modalidad de dominio.

La Ley 352/1994 crea el régimen jurídico de las Áreas Silvestres Protegidas (ASP). Aunque no las considera expresamente como parte del dominio público del Estado, la ley concede ciertas características similares. Las ASP son inalienables e imprescriptibles. Una gran parte de las ASP, no posee títulos. Las ASP pueden estar bajo dominio privado o bajo dominio público. Las ASP que estén bajo el dominio público, son consideradas inalienables e intransferibles a perpetuidad. El marco legal de la ASP impone la

obligación para todos los ciudadanos y entidades, tanto públicas como privadas de Paraguay, de salvaguardar las ASP. En esta línea de tratamiento, la ley clasifica a la región adyacente a un ASP como “Zona de Amortiguamiento”, e involucra a las comunidades residentes en dicha zona en la responsabilidad de la conservación de la ASP, y en los beneficios que de la misma puedan surgir.

En el año 2013, a los efectos de proporcionar a los inversores en actividades forestales una herramienta que aporte mayor seguridad jurídica a largo plazo, se ha creado el “Derecho Real de Superficie Forestal” (DRSF), consistente en el derecho por el cual “el titular del dominio de un inmueble susceptible de contener plantaciones forestales o bosques naturales, constituye a favor de terceros o superficiarios, un derecho de aprovechamiento o disposición sobre los bienes forestales plantados sobre la superficie de su propiedad o sobre los bienes que se encuentren en el inmueble en forma de bosque natural”. En el marco de este derecho, el tratamiento que se dará a las plantaciones o masas arbóreas que surjan sobre el inmueble, serán consideradas “cosas muebles”, con los efectos legales pertinentes.

Tenencia de tierras que producen materias primas para etanol

Se visitaron 2 azucareras y la empresa Petropar en las zonas de Troche, Saltos del Guairá y Caaguazú, para obtener información primaria sobre el estado legal de las tierras que posee la empresa y la de los productores que le proveen la caña de azúcar. Hay que hacer notar que en muchos casos las empresas no disponían o eran reticentes a dar información. En base a información primaria obtenida de empresas productoras de etanol, estas manifiestan ser propietarias de casi todas las tierras donde se produce la materia prima y declaran tener los títulos de propiedad, solamente un porcentaje muy bajo de las tierras, tanto de maíz entre zafra – zafriña – como de caña de azúcar es arrendado. En muchos casos las tierras que hoy producen maíz entre zafra/zafriña y caña de azúcar, anteriormente estaban dedicadas a la ganadería.

Cabe destacar el caso excepcional de Petropar, donde el 100% de las tierras de cultivo de caña

de azúcar no pertenece a la empresa, sino a los proveedores. Estos productores según información suministrada por la empresa, tienen tituladas a su nombre el 50% de las tierras, un 15% es arrendado, un 20% son tierras fiscales y un 15% están en régimen de condominio. Los productores de caña de azúcar de la zona de Troche (departamento de Guairá) y de la zona de Blas Garay (departamento de Caaguazú), proveedoras de Petropar manejan otras cifras en cuanto a la tenencia y legalidad de las tierras. Para la Asociación de Productores de Troche un 25% de los productores posee título de propiedad, un 5% son arrendatarios y el resto son tierras fiscales o sin títulos. Por su parte para los productores de la zona de Blas Garay solamente un 5% de los productores no poseen título de propiedad.

Respecto a las tierras que producen maíz zafriña y que están en manos de pequeños productores, un 62% no tiene título de propiedad (UGP, 2016). La mayor parte de la producción de maíz zafriña de estos pequeños productores, no es utilizada para la producción de etanol, sino para autoconsumo. Dentro de los propietarios medianos y grandes un alto porcentaje tiene sus títulos de propiedad.

Los precios de la tierra donde se produce caña de azúcar han venido incrementándose en los últimos tiempos. Una variable que incide mucho en los precios es la ubicación cercana a las plantas de producción de etanol, lo que permite una mayor rentabilidad. De las entrevistas a los cañicultores de dos asociaciones, la de Blas Garay y la de Troche, se desprende que el precio promedio de la hectárea hace 5 años era de 1 050 USD/ha, lo que según la cotización promedio del dólares estadounidenses (USD) año 2012, equivale a 4 645 900 PYG/ha. En la actualidad el promedio es 1 625 USD/ha, lo que equivale a 9 123 148 PYG/ha, tomando la cotización promedio del USD 2017. Ajustando el precio en guaraníes paraguayos (PYG) del año 2012 por la inflación del período 2012-2017, tomando el Índice de Precios al Consumo, el precio de la hectárea 2012 ajustado es 5 844 803 PYG/ha. Comparado con el precio 2017, 9 123 148 PYG/ha, implica un aumento real promedio en PYG en 5 años, de las tierras para

cultivo de caña de azúcar de 3 278 345 PYG/ha. Esto es un 70,6% respecto al precio promedio del año 2012.

El precio promedio de comercialización de las tierras en la región oriental, según agentes inmobiliarios para producción de soja, donde se cultiva el maíz zafriña, era en el año 2008 2 200 USD/ha, estimándose en la actualidad 4 080 USD/ha promedio. Considerando la cotización del USD como promedio anual de los años 2008 y 2017, estos precios promedio por hectárea serían 9 566 333 PYG/ha y 22 906 120 PYG/ha, respectivamente. Realizando los ajustes por inflación del período 2008-2017, el precio promedio de la hectárea 2008 ajustado sería PYG 14 824 114, lo que implica un crecimiento real de los precios promedio de 8 082 006 PYG/ha en los últimos 9 años²⁷. Representando un incremento de porcentaje real respecto al precio promedio del año 2008 de 84,5%.

Tenencia de tierras de las empresas que producen biomasa

Se indagó sobre esto a las empresas alcoholeras y a algunas industrias forestales que producen leña para venta y su propio consumo. La mayoría de las alcoholeras visitadas utilizan biomasa como energía para su producción, principalmente utilizan eucalipto y algo de leña proveniente de bosques nativos. Varias de las empresas productoras de etanol, compran la leña a productores cercanos. En muchos casos los mismos cañicultores dejan algunas hectáreas para plantación de bosques, que suelen estar en tierras fiscales. Otras se abastecen de eucaliptos de proveedores de lugares más lejanos.

Se visitaron además empresas cooperativas consumidoras de biomasa, que se auto abastecen de eucaliptos, plantados por miembros de la cooperativa que reciben financiamiento para reforestar de la cooperativa y cuyos bosques están en zonas cercanas a la empresa.

Por último se buscó información de una empresa que vende biomasa de eucaliptus. Esta tiene producción de láminas y en ese proceso un 40% de residuo se utiliza como biomasa para uso propio y para vender. Son propietarios con títulos

²⁷ Cotización promedio dólar e IPC años 2008-2017. Banco Central del Paraguay.

de los bosques y cumplen con la Ley Forestal, dejando un 33% de las hectáreas de reserva legal. Manifiestan que reforestan con especies nativas también.

Los precios de la tierra para realizar forestación oscilan, dependiendo de la zona entre 1 500 y 2 500 USD/ha. El arrendamiento de la tierra cuesta entre 50 y 120 USD/ha por año (CEAMSO, 2017b).

4.9.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

La información sobre antecedentes y evolución histórica de la tenencia y asignación de tierras por parte del estado, fue extraída de estudios publicados por OXFAM (Guereña y Rojas Villagra, 2016). Los cuadros de “Tamaño de fincas y propiedad de las tierras destinadas a la producción de caña de azúcar y maíz zafriña” se elaboraron en base a los resultados del Censo Agropecuario 2008 (MAG).

Para analizar el marco legal de tenencia y explotación de tierras y bosques, se revisaron documentos oficiales como el Estatuto Agrario, del INDERT (2002), Ley Forestal y publicaciones del Programa ONU-REDD+ Paraguay (Piera Valdés, 2014) y BASE-IS (Rojas Villagra, 2014).

Las estimaciones sobre la situación de las tierras dedicadas a la plantación de caña de azúcar, respecto a la titulación, fue obtenida en entrevistas a Asociaciones de Cañicultores de los departamentos de Caaguazú y Guairá y de empresas alcoholeras. También se realizaron entrevistas en empresas forestales y alcoholeras que producen a partir del maíz zafriña (CEAMSO, 2017a; 2017b).

Las estimaciones que pudieron hacerse sobre la evolución de los precios de las tierras que producen caña y maíz zafriña, se basaron en información obtenida de fuente primaria en entrevistas a productores de caña, alcoholeras y azucareras, así como de información inmobiliaria de sitios web.

Resultados

Según información del Ministerio de Industria y Comercio, de 120 000 hectáreas de cultivo de caña de azúcar, año 2016, el 28% fue destinado a la producción de etanol. Las fábricas que producen etanol, en su mayoría son propietarias legales de extensiones grandes y/o arriendan tierras, que tienen títulos de propiedad.

El cultivo de caña de azúcar tiene también un componente minifundiar, en el que un porcentaje muy alto de las fincas familiares tienen un tamaño no mayor a las 10 has. Además según el Censo Agropecuario 2008 las fincas de menos de 50 hectáreas, representan casi el 55% de la superficie cultivada de caña de azúcar. Estas fincas son las que mayoritariamente tienen problemas de titulación, según las entrevistas realizadas a las Asociaciones de Cañicultores y a Petropar. Estos informantes difieren en sus estimaciones respecto al porcentaje de tierras tituladas, indicando 25%, 50% y 95% (CEAMSO, 2017a). La variabilidad de esta información dificulta poder hacer una estimación a nivel nacional.

Respecto al maíz zafriña, la producción que se utiliza para etanol proviene de productores medianos y grandes que no presentan problemas de titulación. Más de la mitad de la superficie plantada corresponde a fincas de más de 1 000 ha.

El país utiliza enormes cantidades de biomasa como combustible para el sector residencial e industrial (el 50% del total de las viviendas rurales utilizan leña o carbón vegetal para satisfacer sus necesidades básicas y cerca del 70% del consumo industrial de energía proviene de la leña o de los residuos vegetales) (OLADE, 2011).

Los grandes productores de biomasa, ya sea para comercializar o para consumo propio de sus empresas, tienen sus bosques plantados en tierras tituladas. Por su parte los pequeños productores que comercializan leña con hogares y pequeños comercios, mayoritariamente se abastecen de bosques nativos situados en tierras fiscales.

Las tierras utilizadas para la producción de caña de azúcar en las zonas de Troche y Blas Garay han experimentado un aumento real promedio de sus precios estimado del 56% en

los últimos 5 años, mientras que en los últimos 9 años las superficies en las que se cultiva soja y maíz zafriña, se estima que aumentaron promediamente su valor real un 54,5%.

No se pudo obtener información precisa para estimar la evolución de los precios de las hectáreas para reforestación. En la actualidad el rango de precios va entre 1 500 y 2 500 USD/ha.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Las prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad en relación a la asignación y tenencia de tierras para producción de bioenergía deben ser:

- ▶ Mejoramiento y actualización de los registros catastrales para evitar superposición de títulos de propiedad y delimitaciones de parcelas poco claras; y
- ▶ Promoción de la titulación de las tierras y posibilitar el acceso a información sobre la tenencia de tierras.

Respecto a las plantaciones forestales y los bosques nativos, se debe instar al cumplimiento de las reglamentaciones vigentes para el manejo de bosques, fundamentalmente de la Ley Forestal.

Monitoreo del indicador en el futuro

Las instituciones gubernamentales que deberían poseer la información sobre la situación legal de las tierras para producción de bioenergía,

como el Servicio Nacional de Catastro, INDERT, INFONA y MAG no la proporcionaron. Las razones por la que no se pudo obtener información de estas instituciones pueden ser falta de datos actualizados, confidencialidad de la información o considerar que a la institución no le corresponde dar esta información, porque es responsabilidad de otra.

La información de la titulación de tierras dedicadas al cultivo de caña, se obtuvo entonces a través de Petropar, y de Asociaciones de Cañicultores y se constataron diferencias significativas en las respuestas, por lo que se dificulta hacer estimaciones robustas a nivel nacional. En relación a la titulación de las tierras para maíz zafriña, y bosques la información la dieron algunas empresas alcoholeras y productoras de biomasa forestal, ya sea para venta o para consumo propio. Los valores de las tierras para ver su evolución, también se obtuvieron del sector privado. Respecto a los tamaños de fincas y propiedad de las tierras destinadas a la producción de caña de azúcar y maíz zafriña para etanol, la información se elaboró en base al Censo Agropecuario del año 2008 y el MAG no tiene información más actualizada.

Para el monitoreo de este indicador es necesario que las instituciones públicas mencionadas anteriormente, se comprometan a tener información actualizada, y que la compartan entre ellas para que sea consistente. Además debe existir el compromiso que permita el acceso a esta información.

REFERENCIAS

CEAMSO, 2017a. Entrevista a cañicultores de la zona de Troche (Dep. Guairá) y de la zona de Blas Garay (Dep. Caaguazú). Realizada en el contexto de este proyecto.

CEAMSO, 2017b. Entrevista a Director de Producción de la empresa EFISA. Realizada en el contexto de este proyecto.

FAO, 2011. Estado del Arte y Novedades de la Bioenergía en el Paraguay. Disponible en: <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/FAO/Estado%20del%20Arte%20y%20Novedades%20de%20la%20Bioenerg%C3%ADa%20en%20Paraguay.pdf>

Guereña, A. y Rojas Villagra, L., 2016. YVY JÁRA: Los dueños de la tierra en Paraguay. Informe de investigación. OXFAM, Asunción. Disponible en: https://d1tn3vj7xz9fdh.cloudfront.net/s3fs-public/file_attachments/yvy_jara_informe_oxfamenparaguay.pdf

Instituto Nacional de Desarrollo Rural y de la Tierra (INDERT), 2002. Estatuto Agrario 2002.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2008. Censo Agropecuario 2008.

OLADE, 2011. Observatorio de energías renovables en América Latina y el Caribe. Caso Paraguay.

Piera Valdés, A.J., 2014. Análisis del marco legal institucional vigente para la implementación de REDD+ en Paraguay. Programa ONU-REDD+ Paraguay, Asunción.

Rojas Villagra, L., 2014. Tras la tierra.

Demandas, políticas públicas y legislación en Paraguay. BASE-IS, Asunción. Disponible en: http://www.baseis.org.py/wp-content/uploads/2015/07/2014_Tras-la-tierra.pdf

Unión de Gremios de la Producción (UGP), 2016.

Maíz zafriña abrió refugio para pequeños productores. Publicado 24 de junio de 2016. Disponible en: <http://ugp.org.py/maiz-zafrina-abrio-refugio-para-pequenos-productores/>

4.10 INDICADOR 10: PRECIO Y OFERTA DE UNA CANASTA ALIMENTARIA NACIONAL

Sergio René Araujo Enciso

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

DESCRIPCIÓN:

Efectos de la producción y uso nacional de la bioenergía sobre el precio y oferta de una canasta alimentaria, que es un conjunto de alimentos representativos al nivel nacional, incluidos los principales cultivos básicos, medidos a nivel nacional, regional, y/o de hogar teniendo en cuenta:

- ▶ Los cambios en la demanda de productos alimenticios para alimentos de humanos y de animales y fibra;
- ▶ los cambios en la importación y exportación de productos alimenticios;
- ▶ los cambios en la producción agrícola debidos a las condiciones climáticas;
- ▶ los cambios en los costes agrícolas derivados de los precios del petróleo y otra energía; y
- ▶ el impacto de la volatilidad e inflación de los precios de los alimentos en el nivel de bienestar nacional, regional y/o doméstico, tal y como ha sido determinado en el país.

UNIDADES DE MEDICIÓN:

Toneladas; USD; moneda nacional; y porcentaje.

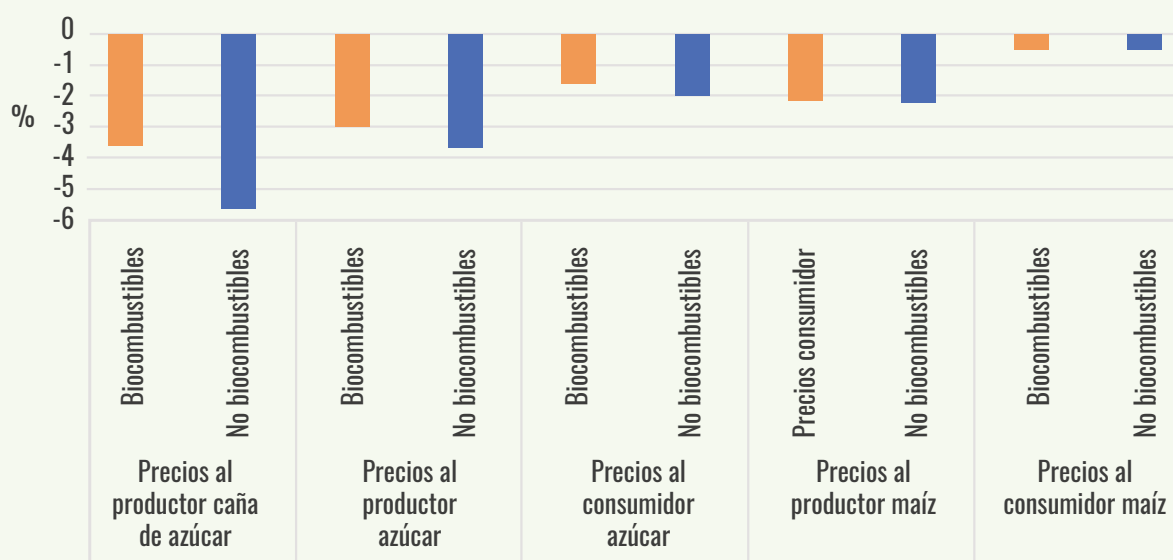
4.10.1 Implementación del indicador 10 en Paraguay

Durante la reunión principal, así como en las discusiones subsecuentes con las instituciones y expertos del Paraguay, se identificó la necesidad de desarrollar las capacidades técnicas para entender la metodología y los objetivos

relacionados al indicador 10 de la GBEP. Con base a esto, se tomó la decisión de organizar un curso básico con una duración de dos días, esto con la finalidad de introducir el modelo Aglink-Cosimo como la herramienta para medir el indicador 10 para el etanol proveniente de la caña de azúcar y el maíz.

El modelo Aglink-Cosimo es un modelo agrícola mundial de equilibrio parcial, recursivo y dinámico. El modelo, es administrado por los secretariados de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y de la FAO. Su uso principal es simular posibles desarrollos de los mercados agrícolas mundiales, es decir los precios, producción, demanda y comercio de los principales productos agrícolas a nivel mundial. Es un modelo de equilibrio parcial ya que los factores no relacionados a los mercados agrícolas no se modelan y son incluidos de manera exógena. Aglink-Cosimo sirve en la elaboración de OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas así como otros análisis. La producción y consumo de biocombustibles están incorporados en el modelo, y tanto el etanol como el biodiesel se modelan como actividades endógenas en el modelo. El ejercicio incorpora elementos como los mandatos de consumo que son exógenos, así como la relación de los precios de las materias primas y su uso en otros sectores como componentes endógenos. También se modela la cantidad de biocombustibles elaborada a partir de distintas materias primas, así como la parte de la demanda que se genera por los mandatos en el consumo y la que se genera por precios competitivos.

El curso introductorio del modelo Aglink-Cosimo en el Paraguay reunió alrededor de 25 expertos de los centros nacionales de excelencia que están involucrados en el proyecto, así como a los organismos nacionales que elaboran los análisis a futuro del sector agrícola. Los participantes se familiarizaron con la estructura y funcionalidad del modelo Aglink-Cosimo así como en su aplicación para poder evaluar el impacto de los biocombustibles en el sector agrícola. Para el curso se diseñó y discutió la implementación de escenarios que reflejasen los intereses e inquietudes en el desarrollo de los sectores agrícola y de la bioenergía. El modelo se preparó para reflejar las características locales

FIGURA 63
IMPACTO DE LA DEMANDA DE ETANOL EN CAMBIO PROMEDIO ANUAL EN PRECIOS REALES (A NIVEL DE PRODUCTORES Y CONSUMIDORES TAMBIÉN) DE CAÑA DE AZÚCAR/AZÚCAR Y MAÍZ, 2005-2016


y los datos oficiales, los cuales fueron provistos directamente por los participantes.

Se prepararon dos escenarios en específico para analizar la producción y consumo de etanol de caña de azúcar y de maíz:

- ▶ Un escenario histórico, para evaluar el impacto que tuvo el consumo de etanol en el periodo comprendido en los años 2005 y 2016; y
- ▶ Un escenario a futuro, para evaluar el impacto que supondría incrementar el consumo de etanol en la próxima década (2017-2026).

Los resultados principales de los dos escenarios se compararon con un escenario de referencia en el cual se supone no hay demanda para etanol como biocombustible, los resultados se presentan a continuación:

4.10.2 Resultados claves

Escenario histórico (2005-2016)

Este escenario se prepara con la finalidad de evaluar el impacto que tuvo el consumo de etanol en el Paraguay en la producción doméstica,

precios y uso de la caña de azúcar y del maíz, en el periodo 2005-2016.

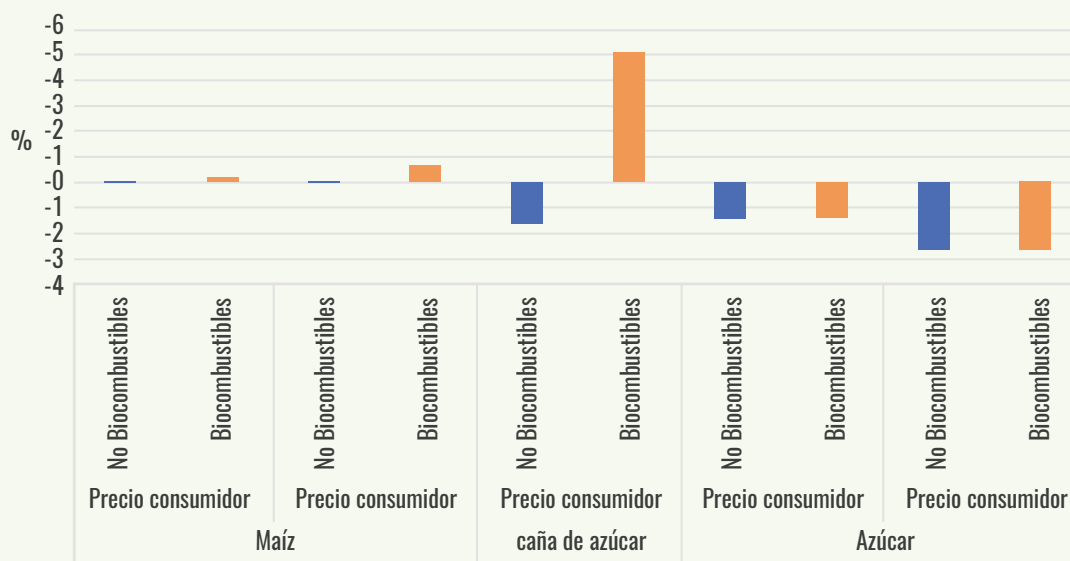
Los resultados sugieren que entre 2005 y 2016, la demanda de etanol (como biocombustible) no influyó en incrementar los niveles de producción, o disminuir el uso como alimento de caña de azúcar y maíz. Sin embargo, la producción de etanol contribuyó a que los precios de ambos productos fuesen más altos, en particular para la caña de azúcar. No obstante, la producción de etanol no revertió la decreciente tendencia de los precios reales (Figura 63). Cabe mencionar que este periodo del análisis 2005-2016 incluye dos de los más recientes máximos históricos en los precios de alimentos (crisis alimentaria).

Escenario a futuro (2017-2026)

Este escenario se diseñó con la finalidad de evaluar, para el periodo comprendido entre los años 2017 y 2026, el posible impacto en los mercados de caña de azúcar y maíz de un incremento en el consumo de etanol. La Agencia Internacional de Energía prevé que habrá un incremento en el consumo de gasolina de 2,4% anual, sin embargo, dicha cifra se consideró

FIGURA 64

IMPACTO DE LA DEMANDA DE ETANOL EN CAMBIO PROMEDIO ANUAL EN PRECIOS REALES (A NIVEL DE PRODUCTORES Y CONSUMIDORES TAMBIÉN) DE CAÑA DE AZÚCAR/AZÚCAR Y MAÍZ, 2017-2026



baja por los expertos nacionales ya que en los últimos años el incremento ha sido de más de un 10% anual.

El rápido incremento en la demanda de combustible y etanol que se prevé para los próximos diez años podría tener como consecuencia un incremento considerable en la producción de caña de azúcar, así como una disminución considerable en las exportaciones de maíz. Así mismo, podría causar que los precios al productor de caña de azúcar y maíz se incrementen. Sin embargo, los precios al consumidor aún seguirían con una tendencia a la baja (Figura 64). Finalmente, el consumo de maíz y azúcar no se verían afectados significativamente.

4.10.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

Para el Paraguay, el indicador 10 se midió usando como herramienta el modelo de equilibrio parcial Aglink-Cosimo. Para ello, se implementaron dos escenarios: el primer escenario o escenario

histórico que analiza el periodo entre los años 2005 y 2016; el segundo escenario o escenario a futuro que evalúa el impacto de un incremento en la demanda de etanol para el periodo 2017-2026.

Resultados

El rápido incremento en la demanda de combustible y etanol que se prevé para los próximos diez años, podría tener como consecuencia un incremento en la producción de caña de azúcar, así como una disminución considerable en las exportaciones de maíz. Si bien esto tendría como consecuencia un incremento en los precios al productor de caña de azúcar y maíz, los precios al consumidor no se verían afectados en la misma magnitud. Por el contrario, en términos reales el incremento no supondría un punto de quiebre en la tendencia a la baja que se ha venido observando. Más aún, dado que los precios en términos reales continuarían a la baja, aunque de manera más desacelerada, el consumo de maíz y azúcar no se verían afectados significativamente.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Como se discutió con anterioridad, en ninguno de los escenarios se encontró que la creciente demanda de etanol supone un impacto significativo en la demanda de azúcar y de maíz, dado que los precios reales decrecen. Sin embargo, para poder abastecer la creciente demanda de etanol, se incrementaría la cantidad de caña de azúcar y maíz que se usa en la elaboración de biocombustibles.

Para minimizar el riesgo de competir con otros usos, así como evaluar las compensaciones o pérdidas con respecto a las exportaciones, se necesitaría incrementar de manera sustentable la producción de caña de azúcar. De esta forma, la creciente demanda debida a los biocombustibles, se podría abastecer mediante incrementos en los rendimientos en la producción.

Monitoreo del indicador en el futuro

El modelo Aglink-Cosimo, así como los dos escenarios que se han presentado anteriormente, se basan en supuestos, de igual manera que otros modelos o análisis similares. El escenario a futuro no mostró que el incremento en la demanda de etanol pudiese tener un impacto significativo en el consumo de maíz y caña de azúcar. Más aún, pese a que la demanda de etanol crece, esto no significa un impedimento para que la decreciente tendencia de los precios al consumidor se revierta.

Sin embargo, debido a los supuestos y posibles limitaciones, se recomienda continuar monitoreando los efectos de la creciente demanda del etanol en los mercados nacionales; en especial la demanda, el abasto y los precios de la caña de azúcar y del maíz, de manera que se puedan validar los resultados mencionados anteriormente, así como ajustar los supuestos, en caso de ser necesario.

REFERENCIAS

FAO, 2011. The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy. First Edition. Versión en Español. ISBN 978-92-5-107249-3. Disponible en: <http://www>.

globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/GBEP_Report-traducci%C3%B3n_espa%C3%B1ol.pdf

4.11 INDICADOR 11: CAMBIO EN INGRESOS

Daniel Franchi Vazquez

Centro de Estudios Ambientales y Sociales (CEAMSO)

DESCRIPCIÓN:

Contribución de lo siguiente al cambio en ingresos debido a la producción de bioenergía: (11.1) Salarios pagados a empleados del sector bioenergético en relación con sectores comparables; y (11.2) Ingresos netos por venta, intercambio y/o autoconsumo de productos bioenergéticos, incluyendo materias primas realizadas por hogares o personas autoempleadas.

UNIDADES DE MEDICIÓN:

(11.1) unidades de moneda local por hogar o por persona por año, y porcentajes (por porción o cambio en el ingreso total y la comparación); y (11.2) moneda local por hogar o por persona por año, y porcentaje (por porción o cambio en el ingreso total).

4.11.1 Implementación del indicador 11 en Paraguay

La información de los promedios de los salarios en los sectores agrícolas, forestales y manufactureros se obtuvieron de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) del año 2015. Debe tenerse en cuenta que estos promedios engloban

los sectores primario, secundario y terciario en los casos que aplica y no solo las áreas agrícola, forestal y manufacturera.

La información para este indicador se obtuvo de las visitas que se hicieron a las principales empresas productoras de etanol, principalmente a la empresa Petropar, que es una empresa estatal, que tiene salarios por encima de las empresas privadas (CEAMSO, 2017a).

Las empresas realizan contrataciones de personal temporal durante el período de zafra 6 meses de producción de caña de azúcar y la zafra de maíz zafriña. No se pudo obtener información completa respecto a los salarios de las empresas que producen etanol a partir de maíz zafriña. La información respecto a los salarios y venta de caña de azúcar, no está desglosada por producción de azúcar y producción de etanol, sino que es global. Los ingresos netos por venta de productos bioenergéticos se calcularon a través de aproximaciones donde fue posible.

4.11.2 Resultados claves

Cuando se relevó la información de la EPH el salario mínimo vigente era de PYG 1 824 055, que tomando la cotización promedio del dólar estadounidense (en adelante, dólar) año 2015, equivale a USD 347,6. Para el año 2017 este salario mínimo es de PYG 2 041 123, equivalente a USD 364, tomando la cotización promedio del año 2017. Experimentando un crecimiento real en guaraníes paraguayos (en adelante, guaraníes) de 2.4% respecto al salario mínimo vigente 2015.

El **Cuadro 60** muestra los promedios de ingreso mensual en la ocupación principal de la población asalariada según la EPH del año 2015.

CUADRO 60

PROMEDIO MENSUAL DE INGRESO POR OCUPACIÓN EN EL PARAGUAY

Ocupación	Promedio mensual de ingreso (PYG)	Promedio mensual de ingreso (USD)*
AGRICULTORES Y TRABAJADORES AGROPECUARIOS	1 498 000	285
OFICIALES, OPERARIOS	1 952 000	372
OPERADORES DE INSTALACIONES Y MÁQUINAS Y MONTADORES	2 532 000	483
PROFESIONALES	3 665 000	698
TÉCNICOS Y PROFESIONALES DE NIVEL MEDIO	2 998 000	571
EMPLEADOS DE OFICINA	2 181 000	416
TRABAJADORES NO CALIFICADOS	1 251 000	238

*Cotización USD, promedio año 2015

Fuente: DGEEC, 201

Para poder comparar estos valores con los salarios de julio 2017, se ajustaron los promedios salariales del **Cuadro 60** por la inflación medida

a través del IPC de 2015, 2016 y el período enero a julio 2017. Resultando el **Cuadro 61**.

CUADRO 61

PROMEDIO MENSUAL DE INGRESO POR OCUPACIÓN EN EL PARAGUAY AJUSTADO AL 2017

Ocupación	Promedio mensual de ingreso ajustado al 2017 (PYG)
AGRICULTORES Y TRABAJADORES AGROPECUARIOS	1 639 974
OFICIALES, OPERARIOS	2 137 002
OPERADORES DE INSTALACIONES Y MÁQUINAS Y MONTADORES	2 771 972
PROFESIONALES	4 012 353
TÉCNICOS Y PROFESIONALES DE NIVEL MEDIO	3 282 137
EMPLEADOS DE OFICINA	2 387 706
TRABAJADORES NO CALIFICADOS	1 369 564

Fuente: Elaborado en base a DGEEC, 2016

Salarios pagados a empleados

El salario mínimo mensual bruto vigente en Paraguay a partir de julio 2017 es de PYG 2 041 123, USD 364, tomando la cotización promedio año 2017, mientras el jornal mínimo es PYG 78 505 (USD 14).

La información de los salarios que perciben los trabajadores de las alcoholeras fue obtenida por entrevistas en estas empresas, principalmente en Petropar, que produce aproximadamente un 20% del total de etanol proveniente de caña de azúcar (CEAMSO, 2017a). Aproximadamente un 35% del personal son temporales, contratados durante los 6 meses la zafra, mientras que el 65% son permanentes. El promedio de ingreso mensual percibido por los trabajadores permanentes es de PYG 5 500 000 contra PYG 2 750 000 de los temporales. Esto se debe a que los contratados zafrales mayoritariamente realizan trabajos no calificados. Sin embargo los operarios de la planta temporales perciben como remuneración el salario mínimo, al igual que los permanentes. La categoría operadores de el **Cuadro 62** incluye remuneraciones de operarios calificados y no

calificados permanentes, es un promedio. Del total del personal un 20% desempeña trabajos “No calificados” y el 80% “Calificados”.

A nivel de jefaturas el salario mensual promedio es de PYG 7 000 000 (USD 1 247) y a nivel de gerencias PYG 15 000 000 (USD 2 672). En base al listado de remuneraciones de funcionarios proporcionado por Petropar y asumiendo que esta información se refiere a todas las actividades que realiza la empresa y no solamente a las relacionadas con la producción de etanol, se calcularon los promedios de sueldos y remuneraciones percibidos por algunas de las categorías de funcionarios. Hay que hacer notar que las remuneraciones de los funcionarios tienen 2 componentes, el sueldo y los beneficios que igualan o superan al sueldo. Estos beneficios son por concepto de Antigüedad, Bonificación, Peligrosidad, Fondo vacacional, Asignación Familiar, Bonificación por grado académico, Remuneración adicional.

CUADRO 62

PROMEDIO MENSUAL DE INGRESO POR CATEGORÍA OCUPACIONAL EN PETROPAR²⁸

Categoría	Sueldo		Remuneración total	
	(PYG)	(USD)*	(PYG)	(USD)*
GERENTES	8 639 400	1 539	17 877 282	3 184
JEFES	6 288 550	1 120	12 632 213	2 250
ASISTENTES	5 049 700	900	9 982 569	1 778
OPERADORES	3 357 433	598	8 417 699	1 500
CHOFERES	3 245 750	578	7 397 908	1 318

* Cotización USD, promedio año 2017

Fuente: elaboración en base a Petropar, 2017

Las Asociaciones de Cañicultores informan que se contratan “peladores” en gran parte provenientes de comunidades indígenas por PYG 60 000 (USD 10,7) por tonelada, por día para la cosecha de caña de azúcar, aunque cada vez más la cosecha mecanizada está suplantando a la manual. En la zona de esta Asociación de Cañicultores se estima que un 15% de la cosecha es mecanizada. En los períodos que no son de cosecha también se contrata personal para distintas tareas de acondicionamiento del campo, a los que se les paga entre PYG 500 000 y PYG 600 000 por hectárea (USD 89,1 y USD 106,9).

En relación a las alcohólicas que trabajan con maíz zafriña, la información obtenida fue que los trabajos no calificados de planta, se remuneran con el salario mínimo o el jornal mínimo.

La información sobre los salarios que perciben los trabajadores en empresas dedicadas a la producción de leña, que se obtuvo de fuente primaria en la entrevista es poco detallada. Según la información proporcionada por la empresa consultada, en las tareas de plantación y cosecha se paga el sueldo mínimo o el jornal mínimo. Durante la zafra se contrata personal temporal en cantidad similar al personal que trabaja todo el año. Las tareas en la planta de procesamiento de la biomasa forestal también se remuneran con sueldo mínimo, pero se les da un plus salarial por producción. Los empleados categorizados como jefes, perciben sueldos de entre PYG 5 000 000 y PYG 6 000 000 (USD 891 a USD 1 069). El sueldo base de los choferes es de PYG 2 500 000 (USD 445,3), pero cobran

viáticos y beneficios por antigüedad y según la distancia y el peso que transportan. Esto hace que en promedio los choferes perciban una remuneración mensual de PYG 6 000 000 (USD 1 069) aproximadamente (CEAMSO 2017c).

Ingresos netos por venta

Los productores de caña de azúcar que venden a las empresas alcohólicas perciben 190 000 PYG/tonelada, más el Impuesto al Valor Agregado 5%. Esto es aproximadamente 35,5 USD/tonelada IVA incluido. Los gastos de producción por tonelada alcanzan PYG 60 000 por contratación de personal, PYG 40 000 de flete, y unos PYG 40 000 en otros insumos, por lo que la ganancia por cada tonelada sería PYG 50 000. Esto representa un 26% de ganancia (CEAMSO, 2017b).

Si consideramos que un alto porcentaje de las plantaciones de caña de azúcar son de hasta 10 hectáreas y que el rendimiento de la caña de azúcar es de 56,1 toneladas por hectárea, podemos estimar que un pequeño productor (8 has.) estaría recibiendo PYG 85 272 000 (USD 15 189) por cosecha, quedándole como ganancia PYG 22 170 720 (USD 3 949).

El área cosechada de maíz zafriña en el año 2016 alcanzó 838 769 hectáreas. Tomando las cosechas desde el 2013 al 2016, el rendimiento promedio es de 4,65 t/ha. El precio promedio que han pagado las alcohólicas al productor en los últimos años es 90 USD/tonelada.

La producción de maíz zafriña para producción de etanol proviene de productores medianos y

²⁸ Es información relacionada a todas las actividades de la empresa, no solamente al área de producción de etanol.

grandes. Si consideramos un productor de 50 hectáreas, teniendo en cuenta los parámetros mencionados anteriormente, recibiría por su producción de maíz zafriña USD 20 799. No se ha obtenido información sobre los costos de producción del maíz zafriña, semillas, mano de obra, insumos varios, fletes etc. en la actualidad. En base a publicaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), haciendo un proxy con los costos de la producción del rubro maíz, la rentabilidad para el productor se estima está en el entorno del 23% (MAG/DGP/UEA, 2013).

El costo de producción del etanol a partir de caña de azúcar varía entre 3 088 y 4 167 PYG/litro (0,55 a 0,74 USD/litro) y la nafta de 90 octanos que debe contener un mínimo de 25% de etanol, se vende al público a PYG 4 890 (USD 0,87) en las estaciones de Petropar (CEAMSO, 2017a).

La importancia de la leña como combustible de las familias rurales, en detrimento de otras fuentes de energía, se debe a que esta es la fuente de energía de menor precio, debido a que es común la colecta o apropiación directa de los bosques, aunque últimamente ha comenzado a escasear en algunas zonas, y debe comprarse a terceros. Esto hace que estén apareciendo en las comunidades rurales personas que tienen como actividad económica, la venta de leña a hogares.

Si consideramos el gasto en leña para cocinar, suponiendo que no se recolecte leña sino que toda sea comprada; el precio de una carga “carreta” de leña es de PYG 70 000 (USD 12,5) y alcanza para entre 20 días y un mes dependiendo el tamaño de la familia. Se estima que la carga de leña de una carreta es en promedio unos 450 a 500 kg de leña, dependiendo si es de bosque nativo o plantación.

Esta información fue obtenida a través de una muestra de comunidades rurales del Departamento Cordillera, a las que se aplicó una encuesta.

Las empresas que venden leña a las diferentes industrias reciben USD 19,9 por tonelada, mientras que los precios de chips de madera puesto en fábrica actualmente rondan entre 70 a 110 USD/t, siendo su costo de producción 45-65 USD/t (Indicador 19). A pesar de los precios altos, la leña o chips sigue siendo más barata que la energía eléctrica o el *fuel-oil*.

4.11.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

Las informaciones referentes a este indicador son sensibles y en general hay resistencia por parte de las empresas y los vendedores de productos bioenergéticos a brindarlas.

No se encontró información sobre salarios en sectores similares, (por ejemplo Aceiteras), por lo que se tomó información de la Encuesta Permanente de Hogares 2015 de la DGEEC, para tener alguna referencia, aunque las categorías utilizadas en el informe EPH, son más amplias.

Para los ingresos que reciben las personas encargadas de cultivo, mantenimiento y cosecha de la caña de azúcar, se obtuvo la información de las Asociaciones de Cañicultores de Troche y Blas Garay (CEAMSO, 2017b) y para los salarios de personal de plantas alcohólicas, Petropar fue la empresa que dio la información (CEAMSO, 2017a).

Se debe considerar que esta empresa tiene remuneraciones más altas que las de otras alcohólicas, ya que reciben además del sueldo, remuneraciones por otros conceptos.

Si comparamos los ingresos promedio de la categoría Operadores de instalaciones y máquinas de la EPH 2015, con solamente el sueldo promedio de los Operadores de Petropar 2017, medidos es Salarios Mínimos vigentes en 2015 y 2017 respectivamente, tendríamos 1,39 Salarios Mínimos contra 1,65.

No se pudo obtener información por parte de las alcohólicas sobre los salarios que se pagan al personal que planta y cosecha el maíz zafriña, aunque se puede asumir que perciben el salario o jornal mínimo vigente.

Las alcohólicas que trabajan con maíz zafriña tampoco proporcionaron los salarios percibidos por los trabajadores en las distintas etapas de la cadena de producción, pero indicaron que el personal no calificado de planta percibe el salario o el jornal mínimo en caso que sea temporal.

Para la biomasa forestal solo una empresa proporcionó información general, no muy precisa, sobre los salarios de su plantilla de trabajadores.

En relación a los ingresos por venta de bioenergía, en el caso de la venta de caña de

azúcar a las alcoholeras, las Asociaciones de Cañicultores informaron sus costos de producción y márgenes de ganancia, mientras que de fuentes primarias se pudo conocer el costo de producción del litro de etanol de caña (CEAMSO, 2017b).

La alcoholeras informaron los precios promedio que pagan por tonelada de maíz zafriña a los productores, pero no se tiene información precisa sobre los márgenes de ganancia de estos, los cuáles se han estimado en base a informes del MAG (MAG/DGP/UEA, 2013).

Respecto a la producción de biomasa forestal para industrias, mediante entrevistas a empresas forestales se obtuvieron los precios de venta de leña y los precios de venta y costos de la producción de chips.

Para obtener información sobre los precios de venta de leña a los hogares, se realizó una encuesta a 50 hogares de comunidades rurales que utilizan como combustible principal la leña y donde se ejecutaron proyectos de construcción de fogones (CEAMSO, 2017d).

El sector que se dedica a la venta de leña a hogares es altamente informal y no se pudo encontrar datos sobre costos de producción ni utilidades de esta actividad.

Resultados

En la empresa Petropar, que produce aproximadamente un 20% del total de etanol proveniente de caña de azúcar, alrededor del 35% del personal son temporales, contratados durante los 6 meses la zafra, mientras que el 65% son permanentes. El promedio de ingreso mensual percibido por los trabajadores permanentes es de PYG 5 500 000 contra PYG 2 750 000 de los temporales. Sin embargo los operarios de la planta temporales perciben como remuneración el salario mínimo, al igual que los permanentes. Del total del personal un 20% desempeña trabajos “No calificados” y el 80% “Calificados”. A nivel de jefaturas el salario mensual promedio es de PYG 7 000 000 (USD 1 247) y a nivel de gerencias PYG 15 000 000 (USD 2 672).

Las Asociaciones de Cañicultores informan que se contratan “peladores” en gran parte provenientes de comunidades indígenas por PYG 60 000 (USD 10,7) por tonelada, por día. En los períodos que no son de cosecha también

se contrata personal para distintas tareas de acondicionamiento del campo, a los que se les paga entre PYG 500 000 y PYG 600 000 por hectárea (USD 89,1 y USD 106,9).

En relación a las alcoholeras que trabajan con maíz zafriña, la información obtenida fue que los trabajos no calificados de planta, se remuneran con el salario mínimo o el jornal mínimo.

Con respecto a la biomasa forestal, según la información proporcionada por la empresa consultada, en las tareas de plantación y cosecha se paga el sueldo mínimo o el jornal mínimo. Durante la zafra se contrata personal temporal en cantidad similar al personal que trabaja todo el año. Las tareas en la planta de procesamiento de la biomasa forestal también se remuneran con sueldo mínimo, pero se les da un plus salarial por producción. Los empleados categorizados como jefes, perciben sueldos de entre PYG 5 000 000 y PYG 6 000 000 (USD 891 a USD 1.069). En promedio los choferes perciben una remuneración mensual de PYG 6 000 000 (USD 1 069) aproximadamente (CEAMSO, 2017c).

En lo que concierne a los ingresos por venta, los productores de caña de azúcar que venden a las empresas alcoholeras perciben 190 000 PYG/t, más el Impuesto al Valor Agregado 5% (que corresponde a 35,5 USD/tonelada IVA incluido), con una ganancia de PYG 50 000 por cada tonelada (26%) (CEAMSO, 2017b). Se estima que un pequeño productor (8 hectáreas) estaría recibiendo PYG 85 272 000 (USD 15 189) por cosecha, quedándole como ganancia PYG 22 170 720 (USD 3 949).

Con respecto al maíz zafriña, el precio promedio que han pagado las alcoholeras al productor en los últimos años es 90 USD/t. La producción de maíz zafriña para producción de etanol proviene de productores medianos y grandes. Si consideramos un productor de 50 hectáreas, recibiría por su producción de maíz zafriña USD 20 799. La rentabilidad para el productor se estima está en el entorno del 23% (MAG/DGP/UEA, 2013).

El costo de producción del etanol a partir de caña de azúcar varía entre 3 088 y 4 167 PYG/litro (0,55 a 0,74 USD/litro) y la nafta de 90 octanos que debe contener un mínimo de 25% de etanol, se vende al público a PYG 4 890 (USD 0,87) en las estaciones de Petropar.

En la relación a la biomasa forestal, debido a la deforestación y la creciente escasez de leña, están apareciendo en las comunidades rurales personas que tienen como actividad económica, la venta de leña a hogares. El precio de una carga “carreta” de leña –con una carga de 450 a 500 kg– es de PYG 70 000 (USD 12,5) y alcanza para entre 20 días y un mes dependiendo el tamaño de la familia.

Las empresas que venden leña a las diferentes industrias reciben USD 19,9 por tonelada, mientras que los precios de chips de madera puesto en fábrica actualmente rondan entre 70 a 110 USD/t, siendo su costo de producción 45-65 USD/t.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Para aumentar las ganancias y productividad de las empresas y mejorar los ingresos de los asalariados involucrados en la producción de bioenergía, se debe continuar con las políticas de estímulo a la producción de etanol para uso como combustible, manteniendo altos porcentajes de alcohol en la mezcla con las naftas.

Asegurar que los expendedores de combustibles dispongan en sus locales de combustible “Flex” e incentivar la importación de vehículos que utilicen este tipo de combustible.

Fomentar los cultivos de caña de azúcar y maíz zafriña destinados a la producción de etanol.

En relación al desarrollo de la producción de biomasa forestal, es necesario mantener los costos comparativos por debajo de los de otras fuentes de energía.

Se deben aumentar las hectáreas de bosques productivos gestionados como fuentes bioenergéticas y fortalecer a los productores medianos y grandes, así como aplicar el plan de certificación de biomasa sólida y ejecutar programas de reforestación para pequeños productores.

Además las actividades de los pequeños productores que generalmente venden a hogares, deben formalizarse y monitorearse.

Las industrias de diferentes rubros, deben ser estimuladas para que produzcan biomasa forestal para su propio consumo.

Monitoreo del indicador en el futuro

Los datos de la Encuesta Permanente de Hogares 2015 de la DGEEC para comparar los salarios de la producción de bioenergía con otros de sectores comparables, son muy generales. Un sector comparable podría ser el de la producción de aceites vegetales. Las instituciones estatales consultadas, como el Ministerio de Trabajo y el Ministerio de Industria y Comercio, no nos dio información estadística sobre los salarios pagados en la industria bioenergética ni en las aceiteras.

Las principales fuentes de información para este indicador son los productores de la materia prima para la bioenergía y las empresas que la producen. Por lo que es necesario que una muestra lo más grande posible de empresas y productores puedan aportar información relativa a salarios e ingresos por venta de las distintas clases de bioenergía. De esta manera podremos tener un indicador a nivel nacional

También es importante visibilizar a las personas que comercializan leña en los hogares rurales, para tener información sobre sus ingresos netos en esta actividad.

Para llegar a recabar la información necesaria para este indicador se debe concienciar a las empresas, sobre la importancia de poder monitorear el crecimiento de la utilización de las bioenergías en el país y asegurar a los informantes la confidencialidad de la información.

La metodología para recabar esta información sería una entrevista anual estandarizada a las empresas productoras de etanol y biomasa forestal para la venta, así como a industrias que producen biomasa forestal para su propio consumo.

REFERENCIAS

- CEAMSO**, 2017a. Entrevistas a encargados de plantas de producción de etanol y a gerentes de empresas productoras de biomasa. Realizadas en el contexto de este proyecto.
- CEAMSO**, 2017b. Entrevista a cañicultores de la zona de Troche (Dep. Guairá) y de la zona de Blas Garay (Dep. Caaguazú). Realizada en el contexto de este proyecto.
- CEAMSO**, 2017c. Entrevista a Director de Producción de la empresa EFISA. Realizada en el contexto de este proyecto.
- CEAMSO**, 2017d. Entrevistas realizadas a hogares de las comunidades Costa Alegre, Santa Rosai, Ensenada, Isla Florida Loma Verde, Tercera Compañía Guayaity la Primera Compañía Minas, Compañía Lote Nuevo, Asentamiento 15 de agosto y Tacuaty. Realizadas en el contexto de este proyecto.
- DGEEC**, 2016. Encuesta permanente de hogares, 2015. DGEEC, Fernando de la Mora.
- MAG/DGP/UEA**, 2013. Costos de producción de principales rubros agrícolas: Período 2012.
- Petropar**, 2017. Informe Funcionarios Petropar, julio 2017.

4.12 INDICADOR 12: EMPLEOS EN EL SECTOR DE LA BIOENERGÍA

Daniel Franchi Vazquez

Centro de Estudios Ambientales y
Sociales (CEAMSO)

DESCRIPCIÓN:

Creación de empleo neto como resultado de la producción y el uso de la bioenergía, total (12.1) y desagregada (si es posible) de la siguiente manera:

(12.2) calificado/no calificado

(12.3) temporal / indefinido

(12.4) Número total de empleos en el sector de la bioenergía y porcentaje que cumple con las normas laborales reconocidas nacionalmente, congruentes con los principios enumerados en la Declaración de la OIT sobre los Principios y Derechos Fundamentales en el Trabajo, con sectores comparables (12.5).

UNIDAD(ES) DE MEDICIÓN:

(12.1) número, y número por MJ o MW

(12.2) número, número por MJ o MW, y porcentaje

(12.3) número, número por MJ o MW, y porcentaje

(12.4) número, y como porcentaje de la población (en edad laboral)

(12.5) porcentajes

4.12.1 Implementación del indicador 12 en Paraguay

Además de datos primarios obtenidos directamente de empresas, se utilizaron también datos secundarios provenientes de varios informes.

En lo que concierne al etanol, se obtuvieron datos de generación de empleo relacionados con la producción de este biocombustible a partir de la caña de azúcar. Se consideró como personal no calificado el que está dedicado a la cosecha manual, y el resto como calificado. Los datos

relacionados al empleo en la producción de etanol a partir de maíz zafriña no se pudieron obtener debido a que las empresas visitadas no dieron la información.

Con respecto a la biomasa forestal, basados en datos proporcionados por una de las más importantes empresas forestales, se intentó una estimación gruesa de la ocupación relacionada a la producción de biomasa a partir de plantaciones forestales (casi en su totalidad de eucalipto). Para obtener una estimación total, se debería sumar además las personas que trabajan en la producción y venta de leña procedente de bosques nativos. No se pudo cuantificar los puestos de trabajo que implica esta actividad, enfocada principalmente al consumo en los hogares.

El cumplimiento con las normas laborales reconocidas nacionalmente comparado con sectores comparables, es de difícil verificación. En las plantas de procesamiento visitadas afirman que cumplen con las normativas del país, tanto en los aportes al seguro social como en el cumplimiento de las normas de seguridad.

4.12.2 Resultados claves

Etanol de caña de azúcar y maíz

El cultivo de caña de azúcar es uno de los más importantes del país desde el punto de vista social, ya que moviliza a unas 250 000 personas. Este fenómeno se explica por el componente minifundario o de agricultura familiar (hasta 10 ha), cuya predominancia supera al 80% del total de las fincas (Rodríguez Alcalá, 2008).

Las estimaciones de la Dirección General de Combustibles, respecto a la generación de empleos por la producción de etanol a partir de la caña de azúcar, en el año 2008 era de 18 000 empleos en la producción de materia prima y 1 500 empleos industriales, en áreas rurales (FAO, 2011).

Si se estima que por cada puesto de trabajo de los 1 500 directos, se generan 32 indirectos, deberíamos sumar 48 000 puestos más de trabajo, lo que nos daría 67 500 puestos de trabajo para el etanol producido por caña de azúcar en áreas rurales, considerando todos los puestos de la cadena productiva.

En el año 2016, debido al aumento de la producción de etanol y de las hectáreas de caña de azúcar destinadas al mismo, se puede estimar unos 20 000 empleos en la producción de materia prima y unos 3 500 empleos industriales (23 500 empleos totales), por lo que considerando los empleos indirectos, unos 112 000, habrían unas 135 500 personas vinculadas directa o indirectamente a la producción de etanol. De los 3 500 empleos en plantas industriales, según estimaciones basadas en información recogida en entrevistas, se estima, un 65% son permanentes y el resto contratados para los meses de zafra (**Cuadro 64**).

Respecto a la calificación del empleo, la producción de materia prima se considera trabajo no calificado, siempre que no sea mecanizado. Se estima que más de un 35% de las hectáreas sembradas de caña de azúcar utilizan máquinas para preparar los suelos y cosechar. Los propietarios de las maquinarias son los ingenios azucareros y la utilizan en sus propios

cultivos o en los de sus proveedores (Rodríguez Alcalá, 2008). En cuanto a los trabajadores de planta en las empresas visitadas se nos informó que un 20% pueden considerarse no calificados (**Cuadro 63**).

Estimando que un 28% de las hectáreas cosechadas de caña de azúcar en el 2016 se utilizaron para la producción de etanol, lo que representa unas 33 668 hectáreas, y que el rendimiento promedio fue 56 t/ha, la producción de caña de azúcar destinada a etanol 2016 fue 1 885 400 t. El promedio de producción de etanol a partir de caña de azúcar es de 65 litros/t, como el litro de etanol equivale a 0,789 kg de etanol, una tonelada de caña de azúcar producirá 51,29 kg de etanol, de donde las 1 885 400 toneladas de la cosecha producen 96 693 toneladas de etanol. Como el contenido energético del etanol es de 26 700 MJ/t, por lo que la producción de energía proveniente del etanol derivado de la caña de azúcar es 2 581 696 000 MJ.

CUADRO 63

PUESTOS DE TRABAJO GENERADOS POR MJ Y POR HECTÁREA SEGÚN CALIFICACIÓN

	Puestos de trabajo directos estimados	Puestos de trabajos/ MJ	Puestos de trabajo/ hectárea	%
TOTAL	23 500	$9,10 \times 10^{-6}$	0,7	100
CALIFICADOS	2 800	$1,08 \times 10^{-6}$	0,08	11,9
NO CALIFICADOS*	20 700	$8,02 \times 10^{-6}$	0,62	88

*Todos los plantadores y cosechadores de caña de azúcar se consideraron 'no calificados'.

CUADRO 64

PUESTOS DE TRABAJO GENERADOS POR MJ Y POR HECTÁREA SEGÚN PERMANENCIA

	Puestos de trabajo directos estimados	Puestos de trabajos/ MJ	Puestos de trabajo/ hectárea	%
TOTAL	23 500	$9,10 \times 10^{-6}$	0,7	100
PERMANENTES	2 275	$8,8 \times 10^{-7}$	0,07	9,7
TEMPORALES*	21 225	$8,2 \times 10^{-6}$	0,63	90,3

*Todos los plantadores y cosechadores de caña de azúcar se consideraron 'temporales'.

Las Asociaciones de Cañicultores estiman que en la producción de caña de azúcar se necesitan entre 6 y 8 puestos de trabajo cada 10 hectáreas durante la zafra, si se trabaja

manualmente. En la zona de Troche y Blas Garay, la producción mecanizada se da solamente en el 15% de las parcelas. En la medida que avanza la mecanización se van perdiendo

puestos de trabajo temporales y no calificados (CEAMSO, 2017b).

Hay diferencias entre la ocupación generada por la producción mecanizada de caña de azúcar y la semi-mecanizada con cosecha manual. La mecanizada precisa 53 jornales/hombre/hectárea de cultivo, mientras que la manual o semi-mecanizada necesita 80 jornales/hombre/hectárea de cultivo. La mecanización de la producción de caña de azúcar genera una disminución en los puestos de trabajo de aproximadamente un 33,7% (FAO, 2011).

El maíz zafriña es producido por propietarios medianos y grandes y su producción está más mecanizada que la de la caña de azúcar, por lo que emplea menos mano de obra. Cada tonelada de maíz zafriña produce 350 litros de etanol, que equivale a 276,15 kg de etanol, por lo que para producir una tonelada de etanol que genera 26 700 MJ, se necesitan 3,6 toneladas de maíz. Por lo tanto en la zafra 2016 donde se produjeron 443 429 toneladas de maíz zafriña para etanol, se obtuvieron 122 453 toneladas de etanol que generan 3 269 492 920 MJ, superior a la estimación de energía generada por la caña de azúcar. En base a los rendimientos por hectárea (5,37 t/ha), en el año 2016 se estima que se destinaron 82 637 hectáreas para la siembra de maíz zafriña para producción de etanol.

No se obtuvieron datos ni se pudieron hacer estimaciones sobre los puestos de trabajo generados por la producción de etanol a partir de maíz. En la etapa de cosecha al estar más mecanizada que la de caña de azúcar, emplea menos mano de obra. En el procesamiento, almacenamiento y transporte se estima que los niveles de empleo son similares a los de la caña de azúcar.

Biomasa forestal para energía

La industria forestal genera más de 100 000 empleos directos, según FEPAMA (Federación Paraguaya de Madereros) no hay información de cuántos de estos empleos son generados exclusivamente por la producción de biomasa para la industria, el comercio y el consumo en los hogares, y cuántos son generados por la producción de otros productos forestales.

Los industriales del sector hablan de unas

600 industrias instaladas, que se dedican al procesamiento primario de la madera (aserradero y laminadoras), la mayoría de ellas como producto secundario venden leña para combustible en distintas formas. A estos hay que sumarles a los recolectores de leña de monte nativo que venden principalmente a hogares y que son de difícil cuantificación.

La empresa EFISA, considerada de las más grandes en el sector forestal nos proveyó información respecto a la creación de empleo (CEAMSO, 2017c). Tienen unas 1 500 hectáreas de bosque plantado (eucalipto) de las cuales un 66,7%, 1 000 hectáreas están destinadas a la producción de biomasa y el resto a la producción de otros productos forestales. Aunque estos valores varían sensiblemente según los requerimientos del mercado.

Emplea en forma permanente unas 250 personas, además en determinadas épocas del año contrata temporalmente unas 200 personas más. En base a esta empresa podríamos estimar que la cantidad de puestos de trabajo por hectárea de bosque plantado destinado a biomasa, va desde 0,25 a 0,45 si consideramos los puestos temporales.

Se tienen en total monitoreadas una cobertura de plantaciones forestales de 122 451 ha. De las cuales el 90% de las especies utilizadas corresponden a *Eucalyptus* spp., mientras que el 10% se distribuyen entre otras especies exóticas y nativas y no están discriminadas por los objetivos de plantación.

De acuerdo a estudios preliminares inéditos proveído por el INFONA se estima que el 36% de la biomasa forestal proveniente de plantaciones forestales se destina para energía. Por lo que si tomamos las 122 452 hectáreas de dichas plantaciones año 2015, 44 082 estarían destinadas a producción de energía.

Una estimación gruesa, en base a información de la empresa forestal relevada nos da 0,45 puestos de trabajo por hectárea de bosque plantado. Tomando la estimación de hectáreas dedicadas a la producción de energía del total de hectáreas con plantaciones forestales del año 2015, la producción de biomasa forestal proveniente de plantaciones forestales, habría generado en el año 2015 casi unos 20 000 puestos de trabajo.

No se obtuvo información sobre la ocupación generada por la producción y venta de biomasa proveniente de monte nativo, que debería sumarse.

Cumplimiento de las normas laborales

Según la Encuesta Permanente de Hogares 2015 (DGEEC, 2016), solamente un 43,7% de la población ocupada asalariada aporta a un sistema jubilatorio, bajando a un 28,9% en el área rural. Al desglosar por rama de actividad, en el sector primario es el que menos aportantes tiene, mientras que en el terciario, aproximadamente un 80% aporta a un sistema jubilatorio. Los empleos directos relacionados con la producción de bioenergía caen dentro el sector primario y secundario, e incluye productores que trabajan por cuenta propia, que no aportan al sistema jubilatorio.

En el país la presencia de sindicatos en el sector privado es muy débil. Esta debilidad se acentúa en el sector rural y por lo tanto en las empresas alcoholeras y forestales.

El Código laboral en su Capítulo V establece los derechos de los trabajadores en el sector agrícola y forestal. La duración de la jornada laboral está regulada, en ningún caso el trabajador podrá trabajar más de 12 horas diarias. Los trabajadores que residan permanentemente en el establecimiento tienen derecho a una vivienda con servicios de agua potable y luz. El empleador tiene obligación de proveer de alimentos suficientes para el trabajador del establecimiento y su familia. Deben tener el equipamiento necesario para trabajar a la intemperie: sombrero, impermeable, botas y será proveído por el empleador una vez al año gratuitamente.

Los artículos 179 y 180 establecen restricciones para el trabajo de menores de edad. Según el Artículo 179, los trabajadores menores de dieciocho años no podrán realizar labores vinculadas al manejo de tractores, motores a vapor, cosechadoras y otras máquinas, cuando estas tareas significan peligro para su integridad física. Además, según el Artículo 180, el trabajo de los menores en las actividades agrícolas, ganaderas, forestales, tambos y explotaciones similares podrá realizarse con las limitaciones establecidas en la Sección I, Capítulo II, Título

III, del Libro I de este Código. Cualquier actividad económica o trabajo realizado por el grupo de 5 a 13 años, es considerado trabajo infantil. Mientras que el trabajo adolescente, 14 a 17 años, está compuesto por una parte de trabajo permitido (aquel que no se considera peligroso) y por el peligroso, este último forma parte del trabajo infantil.

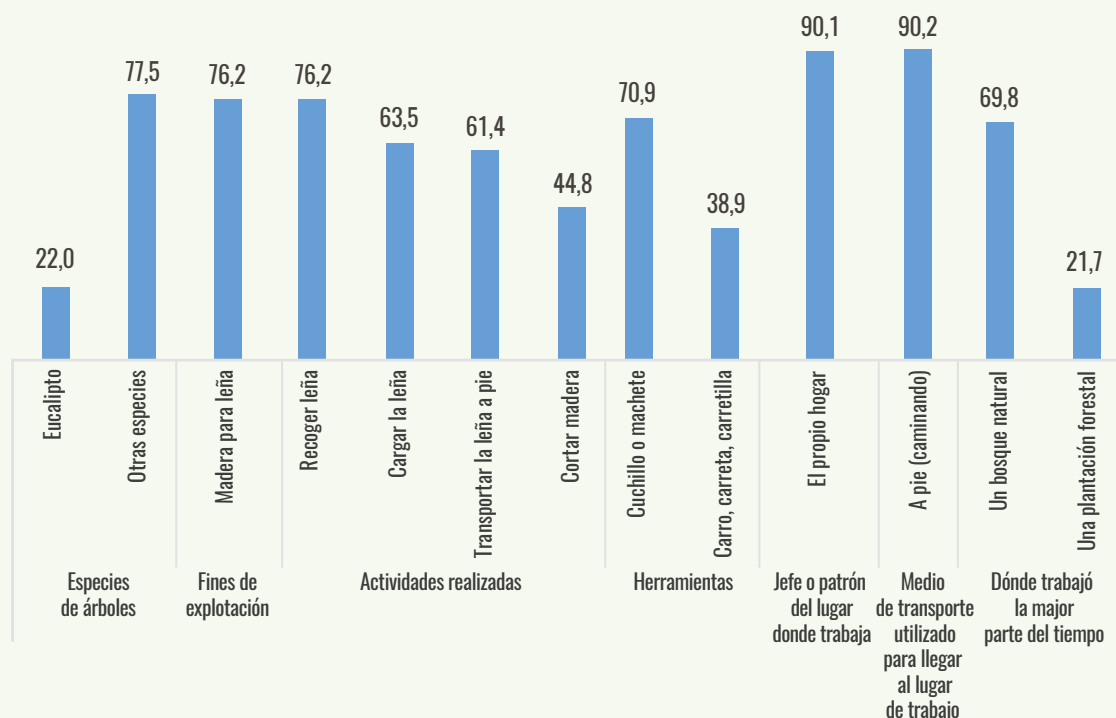
Según la encuesta EANA Rural, Encuesta de Actividades de Niños, niñas y Adolescentes 2015 (DGEEC, 2015), el grupo de niños, niñas y adolescentes en situación de trabajo infantil representa el 47,5% del total de niños, niñas y adolescentes del área rural (42,6% del grupo de 5 a 13 años y 58% del grupo de 14 a 17 años). Esto es 384 330 niños, niñas y adolescentes. Dentro del grupo de niños, niñas y adolescentes de entre 5 y 17 años del área rural en trabajo infantil, un 54% está dentro de actividades agrícolas y un 4,4% en actividades forestales.

El 54% de niños que realizan trabajo infantil en actividades agrícolas, son aproximadamente 207 538 niños, niñas y adolescentes. Dentro de esta población un 6,5% trabajó en cultivos de caña de azúcar y un 44,4% en maíz. Esto representa 13 490 niños, niñas y adolescentes, trabajando en la producción de caña de azúcar y 92 147 en la de maíz. Estos números no pueden adjudicarse directamente a la producción de bioenergía, debido a que en la estimación, el maíz incluye el que se utiliza para consumo familiar y no solamente el zafriña y no toda la caña de azúcar cosechada se utiliza para producir etanol. De todas maneras, aunque no se puede hacer una estimación precisa de la cantidad de niños, niñas y adolescentes relacionados a la producción de maíz y caña para bioenergía, es una cifra importante en relación a la población infantil que trabaja.

Respecto al trabajo infantil en actividades forestales del 4,4%, equivale a 16 910 niños niñas y adolescentes. La mayor parte del tiempo un 69,8% trabajó en bosques naturales y uno de cada 5 aproximadamente está relacionado con las plantaciones forestales de eucaliptos. El 90% de los niños, niñas y adolescentes que realizan actividades forestales tienen como jefe o patrón a miembros de su hogar, y realizan sus actividades en zonas cercanas a sus hogares. Un 76,2% trabaja con la finalidad

FIGURA 65

PORCENTAJE DE OCUPACIÓN DE NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES EN ACTIVIDADES FORESTALES EN LOS ÚLTIMOS 12 MESES



Fuente: DGEEC, 2015

de obtener madera para leña, ya sea para venta y/o consumo del hogar. Las tareas que realizan son recoger, cargar, transportar y cortar, aunque esta última actividad la realizan menos de la mitad (44,8%) de los niños y niñas, seguramente los mayores. Según la encuesta, un 61,4% de los niños, niñas y adolescentes transportan la leña a pie, este porcentaje equivale a 10 382 niños de entre 5 y 17 años. Si consideramos que solamente un 38,9%, 6 578 utilizan carro, carreta o carretilla para el transporte, se puede inferir que unos 3 804 niños, niñas y adolescentes acarrean madera solamente con su fuerza corporal (Figura 65).

La Ley 5115/2013 crea el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, y dentro de su competencia se establece la elaboración, aplicación y fiscalización de los regímenes de trabajo de niños, niñas y adolescentes, dando facultad a la Dirección General de la Niñez y Adolescencia para el monitoreo. Sin embargo los niños, niñas y adolescentes del sector rural agropecuario son poco visualizados y se insertan en trabajos no apropiados para su edad.

4.12.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

Además de datos primarios obtenidos directamente de empresas, se utilizaron también datos secundarios provenientes de varios informes.

Se obtuvieron datos de generación de empleo relacionados con la producción de etanol a partir de la caña de azúcar. Se consideró como personal no calificado el que está dedicado a la cosecha manual, y el resto como calificado. No se encontró información desagregada para el etanol producido por maíz zafriña.

Con respecto a la biomasa forestal, basados en datos proporcionados por una de las más importantes empresas forestales, se intentó una estimación gruesa de la ocupación relacionada a la producción de biomasa a partir de plantaciones forestales. No se pudo cuantificar los puestos de trabajo relacionados con la producción y venta de leña procedente de bosques nativos.

El cumplimiento con las normas laborales reconocidas nacionalmente comparado con sectores comparables, es de difícil verificación.

Resultados

Los empleos en el sector bioenergía son en un alto porcentaje zafrales y no calificados, ya sea para la producción de etanol o para biomasa forestal. Se está dando además un proceso de mecanización de la cosecha de caña de azúcar, que si bien mejora la producción, disminuiría la mano de obra requerida. Para el maíz zafriña esta mecanización está más extendida todavía y necesita menos mano de obra para su cosecha.

Para que los niveles de empleo permanente y calificado en el sector aumenten deberá haber un crecimiento de la producción tanto de etanol como de biomasa forestal.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Según un informe de IICA (2017) “El azúcar constituye un producto de exportación tradicional del Paraguay, siendo el país líder a nivel mundial en las exportaciones de azúcar orgánica y de Comercio Justo, lo cual implica la certificación de los procesos productivos por certificadoras orgánicas y que avala las condiciones sociales y laborales de los productores”. Sin embargo esto no implica necesariamente que la producción de caña de azúcar para etanol esté también certificada. Para garantizar la sostenibilidad del etanol en su ciclo de vida, se recomienda además establecer una política de incentivos a aquellas industrias que cuenten con certificación de sostenibilidad. Con ello se fomentaría la certificación sostenible desde el inicio, minimizando así los principales riesgos ambientales y sociales, y el mercado global se encontraría más abierto a comprar los excedentes de etanol a futuro.

Con respecto a la biomasa forestal, el sector de productores que mayoritariamente explotan los bosques naturales, y venden leña a los hogares, debería formalizarse para que pueda crecer en forma ordenada y generar más ingresos y empleos.

Monitoreo del indicador 12 en el futuro

Debido a las pocas empresas que fueron fuentes primarias de información, las estimaciones basadas en estos datos son débiles para considerarlas a nivel nacional.

Las instituciones estatales que deberían manejar y brindar la información estadística para este indicador, como el Ministerio de Industria y Comercio, Ministerio de Trabajo, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Viceministerio de Minas y Energía e INFONA, manifestaron no poseerla e indicaban que en otras instituciones si sería posible obtenerla.

Para obtener datos del sector estatal es necesario un fortalecimiento y coordinación del sistema de información estadística a nivel nacional. El sector bioenergía debería presentarse desagregado en los relevamientos de datos relacionados con empleo y economía que están a cargo de Dirección General de Estadísticas Encuestas y Censos.

Al no poderse obtener estadísticas oficiales, las empresas del sector deben ser las fuentes primarias de información a través de relevamientos semestrales o anuales a una muestra que incluya forzosamente las más grandes. Además la muestra debería incluir las industrias grandes que producen biomasa forestal para consumo propio. Las empresas alcohólicas en muchos casos tienen hectáreas destinadas a la forestación de donde obtienen biomasa forestal para su propio consumo, y generan puestos de trabajo en la producción de leña. Otras organizaciones que podrían proveer información serían FEPAMA, Federación de madereros de Paraguay y UGP, Unión de Gremios de la Producción y las Asociaciones de Cañicultores. Los gaps más grandes se dieron en la producción de etanol a partir de maíz zafriña, tanto en información primaria como secundaria.

Tanto las actividades agrícolas, como las forestales están reguladas por el capítulo V Del trabajo rural, del Código Laboral. La verificación del cumplimiento de las normas laborales es de difícil concreción, por lo que los subindicadores (12.4) y (12.5) son de difícil obtención.

REFERENCIAS

- CEAMSO**, 2017a. Entrevistas a encargados de empresas azucareras y alcoholeras. Realizadas en el contexto de este proyecto.
- CEAMSO**, 2017b. Entrevista a Asociaciones de Cañicultores de Troche y Blas Garay. Realizada en el contexto de este proyecto.
- CEAMSO**, 2017c. Entrevista a la empresa forestal EFISA. Realizada en el contexto de este proyecto.
- DGEEC**, 2015. Encuesta de Actividades de Niños, Niñas y Adolescentes Rural 2015.
- DGEEC**, 2016. Encuesta permanente de hogares, 2015. DGEEC, Fernando de la Mora.
- FAO**, 2011. Estado del Arte y Novedades de la Bioenergía en el Paraguay. Disponible en: <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/FAO/Estado%20del%20Arte%20y%20Novedades%20de%20la%20Bioenerg%C3%ADa%20en%20Paraguay.pdf>
- IICA**, 2017. Evolución y situación de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/cana.htm> (Acceso: junio 2017)
- Rodríguez Alcalá, R.**, 2008. Biocombustibles en el Paraguay como cadenas de valor industrial. Centro de Análisis y Difusión de la Economía Paraguaya (CADEP).

4.13 INDICADOR 13: CAMBIO EN TIEMPO NO PAGADO INVERTIDO POR MUJERES Y NIÑOS, EN LA RECOLECCIÓN DE BIOMASA

Daniel Franchi Vazquez

Centro de Estudios Ambientales y Sociales (CEAMSO)

DESCRIPCIÓN:

Cambio en el tiempo promedio no pagado invertido por mujeres y niños en la recolección de biomasa, como resultado de cambiar del uso tradicional de la biomasa a los servicios modernos de bioenergía.

UNIDAD(ES) DE MEDICIÓN:

Horas por semana por hogar, porcentaje

4.13.1 Implementación del indicador 13 en Paraguay

Para poder obtener datos para este indicador, se decidió obtener información primaria. Se aplicaron 50 encuestas en una muestra de comunidades rurales de los distritos de Atyra, Tobati, Emboscada, Loma Grande y Nueva Colombia, Departamento de Cordillera, región oriental, que fueron beneficiarios en algún momento de proyectos de construcción de fogones eficientes. Se indagó sobre el ahorro de tiempo y de dinero que resultó del uso de los nuevos fogones. El promedio de miembros de los hogares que integraron la muestra es 6,5 personas (CEAMSO, 2017).

Se consultaron y utilizaron también fuentes de datos secundarios.

4.13.2 Resultados claves

El consumo per cápita de leña (a nivel de hogares) en el Paraguay es casi una tonelada anual, el más alto en América Latina. La leña es, sobre todo, utilizada para hacer fuego en cocinas para preparar los alimentos en los hogares rurales (FAO, 2011).

Según la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) 2015 de la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos (DGEEC, 2016), el 50,1% de las viviendas rurales utiliza la leña y el 6,9% el carbón como principal combustible para cocinar. En el área urbana el porcentaje de viviendas que tienen a la leña como combustible principal se reducen a 4,5% y las que utilizan carbón llegan al 8,6%.

Debido a la pérdida de los bosques, la leña comienza a escasear (en especial en la parte este de la región oriental) y la población debe comprarla o invertir más tiempo en obtenerla.

Según los resultados de las encuestas realizadas en el Departamento de Cordillera (región oriental), los lugares de donde se extrae la leña están entre 600 metros a 1 km de distancia de los hogares e insume a las mujeres, niños y adolescentes que generalmente realizan esta tarea, unas 4 horas semanales en promedio.

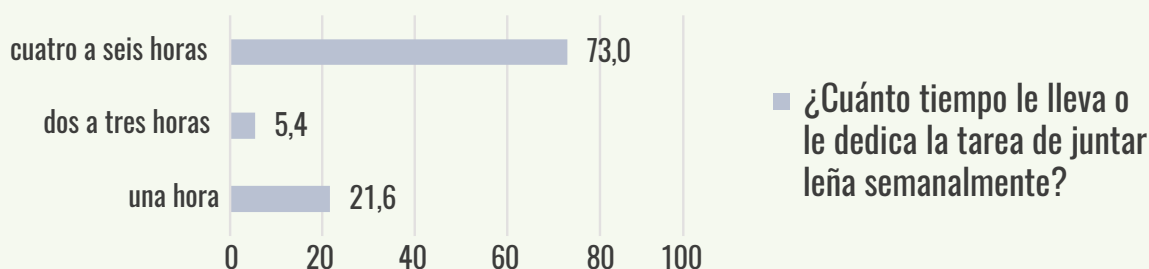
Un 74% de los entrevistados recibió un fogón y capacitaciones de ONG en temas ambientales. De estos, un 30,6% manifiesta que antes de los fogones gastaban más en leña, mientras que el 69,4% no sabe si los nuevos fogones significaron un ahorro. Sin embargo si bien antes consumían más leña, muchos de ellos la extraían de bosques cercanos que ahora escasean, por lo que tienen que comprar a un proveedor, lo que implica un gasto mayor.

En las comunidades hay proveedores de leña que tienen un stock y entregan la leña a domicilio. El precio que se paga por una carga de leña, una carreta, va desde PYG 50 000 a PYG 90 000 (USD 8,9-16,0). Esta carga de leña les dura a los hogares unos 20 días promedio, dependiendo del tamaño del hogar. Hay que tener en cuenta que si bien en muchos de estos hogares la leña y el carbón son los combustibles principales, también se utilizan otros combustibles.

Se estima que la carga de leña de una carreta

FIGURA 66

TIEMPO SEMANAL DEDICADO A JUNTAR LEÑA



Fuente: elaboración propia en base a CEAMSO, 2017

es en promedio unos 450 a 500 kg de leña, dependiendo si es de bosque nativo o plantación. Estas cantidades implicarían un consumo de entre 8 y 9,5 t/familia por año, inferior a las estimaciones de consumo de leña en los hogares de estudios recientes, 10 a 15 t/familia por año (MOPC, VMME y GIZ, 2013).

Se utiliza también carbón como combustible para cocinar, ya sea producido en el hogar a partir de la leña o comprado. Los precios del kg de carbón van desde PYG 2 500 a PYG 6 000 (USD 0,45-1,1). Muchos de los hogares compran carbón y leña y se estima un gasto promedio de los hogares que combinan los dos combustibles de PYG 71 800 (USD 12,8) que les alcanza para unos 20 días.

Respecto al tiempo empleado para recoger leña, los entrevistados manifestaron que se dieron cambios en los últimos tiempos. Al principio la desaparición de los bosques cercanos hizo que se debiera ir más lejos a recolectar la leña, lo que insumía más tiempo. Sin embargo posteriormente, comenzó a hacerse cada vez más frecuente la compra de leña a terceros, por lo que el tiempo invertido en la recolección disminuyó.

El promedio de horas semanales dedicadas a recolectar leña es de 4 horas. Generalmente la recolección de leña es realizada más frecuentemente por las mujeres y los niños, niñas y adolescentes de los hogares rurales.

La Encuesta de Uso del Tiempo (EUT) 2016, midió para la población de 14 y más años de edad que realiza actividades agropecuarias para autoconsumo, las horas semanales

dedicadas a recolectar, acarrear o almacenar leña o agua para uso del hogar. Se obtuvieron los siguientes resultados: La participación de los hombres es 13,6%, con un tiempo semanal promedio invertido de 2,4 horas. Mientras que las mujeres tienen una participación de 10,0% en estas actividades con una carga horaria semanal promedio de 2,5 horas. Se debe hacer notar que estos resultados son a nivel país, por lo que si consideramos solamente las zonas rurales la carga horaria promedio sería mayor (DGEEC, 2017).

4.13.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

La información sobre el tiempo invertido en la recolección de biomasa forestal, se obtuvo de una muestra de 50 hogares de 10 comunidades rurales del departamento de Cordillera. Para su selección se trabajó con un listado de comunidades rurales que fueron beneficiadas en algún momento por proyectos de construcción de fogones para cocinar.

Por el tamaño muestral, así como por las características de la selección de la misma, los resultados de este sondeo no pueden inferirse a nivel rural país y son solo una referencia que se debe contrastar con otros datos para su validación. Al hacer la comparación con la Encuesta de Uso del Tiempo, se observa una consistencia en los resultados.

Resultados

Según los resultados de las encuestas realizadas en el departamento de Cordillera (región oriental), los lugares de donde se extrae la leña están entre 600 metros a 1 km de distancia de los hogares e insume a las mujeres, niños y adolescentes que generalmente realizan esta tarea, unas 4 horas semanales en promedio (CEAMSO, 2017).

Respecto al tiempo empleado para recoger leña, los entrevistados manifestaron que se dieron cambios en los últimos tiempos, debido a la creciente escasez de bosques que se está dando en varias comunidades. Al principio la desaparición de los bosques cercanos hizo que se debiera ir más lejos a recolectar la leña, lo que insumía más tiempo. Sin embargo posteriormente, comenzó a hacerse cada vez más frecuente la compra de leña a terceros, por lo que el tiempo invertido en la recolección disminuyó.

Pese al incremento de las compras de leña a proveedores, la biomasa forestal continúa siendo la energía más económica para los hogares rurales.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Como mencionado anteriormente, debido a la pérdida de los bosques, la leña comienza a escasear (en especial en la parte este de la región oriental) y la población debe comprarla o invertir más tiempo en obtenerla.

Por lo que se debería apuntar a convertir la explotación de leña en una práctica sostenible (forestación y reforestación), mediante la implementación de tecnologías acorde a las condiciones socioeconómicas existentes.

En ese sentido el decreto 6092 de Política Energética de octubre 2016, establece 2 líneas estratégicas relacionadas a la producción de biomasa. La formalización del mercado de biomasa sólida, a través del Plan de Certificación de biomasa sólida y el fortalecimiento de productores, teniendo como instrumentos el Plan de fortalecimiento de productores medianos y grandes de biomasa sólida y el Programa de reforestación para pequeños productores con participación de gobiernos departamentales y municipales.

Aunque el Ministerio de Salud reconoce que la utilización de combustibles sólidos constituye un riesgo ambiental, no se está aplicando en la práctica, ninguna política o plan tendiente a cambiar el uso tradicional de la biomasa, sustituyéndolo por servicios modernos de bioenergía. Por lo que estos cambios en caso de producirse serán muy lentos.

La aparición de proveedores que recolectan y comercializan leña con los hogares, ha sido la razón principal para la disminución de los tiempos empleados en la provisión de leña para el hogar. Esta actividad debería ser formalizada y promovida con programas de reforestación para pequeños productores, para que pueda hacerse más sostenible.

Es necesario también hacer más eficiente y seguro el uso de la leña como combustible de los hogares, mediante la construcción de fogones en las comunidades rurales para evitar que se cocine en el suelo, como se hizo en las comunidades del departamento de Cordillera en la región oriental donde se realizaron las encuestas descritas en este indicador.

Monitoreo del indicador en el futuro

Este indicador se debe monitorear relevando información primaria de una muestra de hogares rurales suficientemente grande y seleccionada de manera que se puedan hacer inferencias de sus resultados a nivel del área rural del país, que es donde predomina el uso de biomasa forestal.

Los resultados de esta encuesta deben vincularse a los de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH), de la DGEEC (2016), para ir monitoreando la utilización de leña y carbón como combustible principal en los hogares rurales. Un descenso del uso de estos combustibles podría significar un menor tiempo semanal ocupado en la recolección de leña, por el cambio a servicios modernos de bioenergía.

Otras encuestas que pueden aportar datos para este indicador son la EANA, Encuesta Nacional de Actividades de Niños, niñas y Adolescentes y la Encuesta de Uso del Tiempo, en caso que se realicen en forma periódica por parte de la Dirección General de Estadísticas Encuestas y Censos.

REFERENCIAS

- CEAMSO**, 2017. Entrevistas realizadas a hogares de las comunidades Costa Alegre, Santa Rosa`i, Ensenada, Isla Florida Loma Verde, Tercera Compañía Guayaity, Primera Compañía Minas, Compañía Lote Nuevo, Asentamiento 15 de agosto y Tacuaty.
- DGEEC**, 2016. Encuesta permanente de hogares, 2015. DGEEC, Fernando de la Mora.
- DGEEC**, 2017. Encuesta sobre Uso del Tiempo, 2016. Encuesta sobre actividades remuneradas y no remuneradas. DGEEC, Fernando de la Mora.
- FAO**, 2011. Estado del Arte y Novedades de la Bioenergía en el Paraguay. Disponible en: <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/FAO/Estado%20del%20Arte%20y%20Novedades%20de%20la%20Bioenerg%C3%ADa%20en%20Paraguay.pdf>
- GIZ**, 2011. Situación de energías renovables en el Paraguay.
- MOPC, VMME y GIZ**, 2013. Producción y consumo de biomasa sólida en Paraguay. Proyecto de mejoramiento de la base de datos para una política energética más sustentable en Paraguay. Asunción. Disponible en: [https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20\(1\).pdf](https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20(1).pdf)

4.14 INDICADOR 14: BIOENERGÍA USADA PARA AMPLIAR EL ACCESO A SERVICIOS MODERNOS DE ENERGÍA

Giannina Causarano Benegas, Sebastián Denis Camp

Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” (UCA)

DESCRIPCIÓN:

(14.1) Cantidad total y porcentaje de mayor acceso a servicios energéticos modernos conseguidos por medio de bioenergía, medidos en términos de (14.1a) energía y (14.1b) números de hogares y negocios.

(14.2) Número total y porcentaje de hogares y negocios que utilizan bioenergía, desagregados en bioenergía moderna y uso tradicional de la biomasa.

UNIDAD(ES) DE MEDICIÓN:

(14.1a) Los servicios energéticos modernos estarán dado por los combustibles sólidos, en concreto por la biomasa forestal. Determinando la siguiente posible unidad para este indicador: toneladas/año o MJ/año y porcentaje (%)

(14.1b) Número y porcentaje (%)

(14.2) Número y porcentaje (%)

4.14.1 Implementación del indicador 14 en Paraguay

En Paraguay el consumo de leña y carbón vegetal se identifica con un sector informal de la economía y con el poblador rural o urbano marginal, dificultando cuantificar

estas actividades (FAO, 2002). Así también las bioenergías no poseen un rol relevante en facilitar y/o incrementar el acceso a servicios energéticos modernos por el desconocimiento de la importancia como fuente económica. La falta de datos y desactualización de los mismos, reflejó la ausencia de información presente en el sector de la biomasa, debido principalmente a la explotación dispersa e informal.

4.14.2 Resultados claves

Datos obtenidos por la FCA UNA y el FFPRI (2013), revela que la cobertura forestal a nivel país en el año 2011 registraba 17 364 215 ha, donde 2 615 102 ha corresponde a la región oriental y 14 749 113 ha a la región occidental. Con los datos relevados en el indicador 3 se estima una cobertura boscosa para la región occidental de 13 384 457 ha para el año 2016 de los cuales se estimó una superficie de bosque productivo de 12 254 457 ha (sin incluir las áreas protegidas).

La biomasa sólida tradicional, compuesta por leña, carbón vegetal y residuos vegetales, es utilizada en la mayoría de los sectores (CEPAL, 2009) señalando a continuación los principales:

Industrial: consume el 35,5% de la leña y la totalidad de los residuos vegetales y un 39,8% de carbón vegetal;

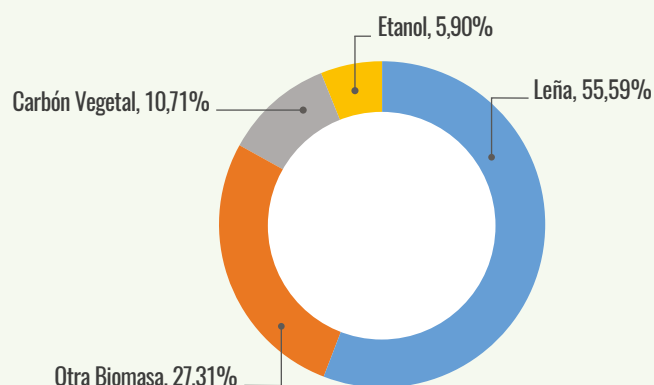
Residencial y comercial: consumen 64,2% de leña y 60,2% de carbón vegetal;

Público: consume el 0,3% de leña.

En la región oriental, el consumo de leña en los hogares toma valores mínimos y máximos de 4 100 000 y 6 100 000 toneladas por año respectivamente, en tanto las industrias oscilan desde 4 415 000 hasta 6 047 000 toneladas por año aproximadamente (**Cuadro 27** y **Cuadro 28** de este reporte – MOPC, VMME y GIZ, 2013).

Determinar con exactitud estos valores de consumo es una tarea difícil, pues existe un gran sector de la población sobre todo en las zonas sub urbanas que combinan los tres combustibles de cocina (leña, GLP y carbón vegetal), según sea el caso (FAO, 2002).

El Balance Energético Nacional 2015 proveído por el Viceministerio de Minas y Energía (VMME, 2016) señala que los consumos registrados en productos de la biomasa en ese mismo año crecen en 1,04%, respecto al año anterior. El 55,59%

FIGURA 67
ESTRUCTURA DEL CONSUMO FINAL DE PRODUCTOS DE LA BIOMASA, 2015


Fuente: elaboración propia en base de VMME, 2016

del consumo total de productos de la biomasa corresponden a la leña (**Figura 67**), siendo el consumo final de energía en el año 2015 igual a 4 955,51 ktep, donde 1 977,61 ktep corresponde a la biomasa sólida.

De acuerdo a los datos obtenidos en la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) (DGEEC, 2016), una muestra efectiva de 8 229 hogares en la que se entrevistaron todos los departamentos de la región oriental incluyendo Presidente Hayes reveló que decreció la cantidad de hogares paraguayos que consumen leña como energía para la cocción de alimentos de 25,6% en el año 2014 a 22,6% en el 2015, donde 1 799 936 fue el total país de ese año (**Cuadro 65**). La parte más importante del consumo energético de biomasa corresponde a los hogares rurales con el 88% de los consumidores. El decrecimiento

en la cantidad de hogares que consumen leña como energía se fundamenta en la disminución de las familias que lo utilizan como combustible principal en la cocción de alimentos y calefacción de sus alrededores, sustituyendo esta fuente por otras de mayor calidad como la electricidad y GLP, y a la vez el importante potencial de ahorro al introducir artefactos más eficientes. Por otro lado, las industrias registran una demanda de biomasa por año de 4 415 000 a 6 047 000 t, clasificando toda esa fuente como bioenergía moderna, en base a la definición de la GBEP.

Los principales combustibles utilizados para la cocción de alimentos se muestran a continuación, en base a lo publicado en la EPH 2015, segregando en área urbana y rural (DGEEC, 2016).

CUADRO 65
HOGARES POR ÁREA DE RESIDENCIA

Combustible principal para cocinar	Total país	Área de residencia urbana	Área de residencia rural
TOTAL (FAMILIA)	1 799 936	1 086 839	713 097
LEÑA (%)	22,56	4,48	50,13
GAS (%)	58,19	73,29	35,16
CARBÓN VEGETAL (%)	7,92	8,61	6,87
ELECTRICIDAD (%)	9,46	11,57	6,24

Fuente: DGEEC, 2016

El grado de electrificación del Paraguay es muy alto, en promedio 99,33% de 1 799 936 hogares encuestados, según lo expone la EPH 2015 (DGEEC, 2016). Todos los hogares tienen acceso a la electricidad, excepto en el módulo rural de bajos ingresos, donde el grado de electrificación de este grupo es del 98,59% (estimados en 10 055 hogares sin acceso a la electricidad). El consumo de leña en la industria le sigue al sector residencial atendiendo su peso en la estructura del consumo final con el 42% del total. El consumo de leña en el sector de la industria (incluyendo agropecuario y forestal) en 2015 crece en un 2% respecto al registrado en el año 2014 (VMME, 2016). La biomasa satisface casi toda la demanda de energía térmica de las industrias (Cazal, 2011). El calor para procesos industriales conforma la necesidad energética cubierta por la biomasa forestal, así también existe una alta incidencia del consumo del bagazo en fuerza motriz en la industria azucarera.

No existen registros por parte de los organismos estatales y privados de la ubicación e identificación de las principales industrias que emplean biomasa en sus procesos productivos.

Por otro lado, las bibliografías consultadas

indicaron que las agroindustrias, las industrias madereras, alcohólicas y azucarera, industria de acero y las aceiteras son los mayores consumidores de biomasa para energía en forma de leña y carbón vegetal. La utilización posible de este tipo de combustible se da de la siguiente manera (Rubira, s.f.):

- ▶ Ingenios azucareros y destilerías de alcohol: queman el bagazo generado en el proceso de vapor y a través de esta la electricidad;
- ▶ Cerámicas y olerías: utilizan leña para el secado y cocimiento de los productos;
- ▶ Tabacaleras: utilizan leña como principal generador de energía para el secado de la hoja de tabaco;
- ▶ Yerbateras: utilizan leña como combustible para el secado de hojas y ramas;
- ▶ Siderúrgicas: utilizan el carbón vegetal producido en el proceso llamada pirólisis de la leña;
- ▶ Recicladoras de papel: utilizan leña como combustible para el cocinado del papel reciclado para su desdoblamiento en masa virgen reciclada; y
- ▶ Fábricas de jugos naturales: utilizan leña como fuente generadora de vapor de agua.

CUADRO 66

DEMANDA DE BIOMASA EN EL SECTOR INDUSTRIAL POR AÑO

Sector	Cantidad (t) desde	Cantidad (t) hasta
AGRO INDUSTRIA	1 600 000	3 000 000
CARBÓN VEGETAL	1 480 000	1 480 000
ACEITERAS	350 000	400 000
CERÁMICAS	200 000	230 000
ALCOHOLERA Y AZUCARERA	132 000	253 000
CHIPAS	60 000	80 000
FRIGORÍFICOS Y LÁCTEOS	56 000	64 000
ALMIDÓN DE MANDIOCA	32 000	35 000
TABACO	37 000	37 000
OTRAS INDUSTRIAS	468 000	468 000
TOTAL	4 415 000	6 047 000

Fuente: MOPC, VMME y GIZ, 2013 en base a BID, 2008 y DGEEC, 2011

Las industrias de producción de ladrillo y artesanías, están concentradas en Cordillera y Central, principalmente en las ciudades de Tobati, Ita, Itagua y Aregua. Las principales destilerías se hallan en la cuenca del río Tebycuari, departamento del Guaira. Por otro lado consumidores más grandes de madera como combustible en sus procesamientos son las yerbateras, industrias textiles, de alimentos, ingenios azucareros, siderurgias y los silos, la mayoría ubicadas en los departamentos Central y Alto Parana, Guaira y Cordillera.

Una mejor gestión en el otorgamiento y registro de la leña y residuos de aserradero y el crecimiento en la demanda del sector industrial constituyen los dos factores que inciden el crecimiento en el movimiento de guías forestales. Por otra parte, el tipo de combustible que reemplaza a la energía proveniente de la biomasa sólida es la eléctrica, fundamentalmente por la abundancia de la electricidad superando los 45 000 GWh/año, al igual que los hidrocarburos, esté último 100% importando en el país, el cual incluye principalmente el diésel, gasolina de motor y gas licuado de petróleo, para uso en los sectores de transporte, residencial e industrial.

La industria del carbón vegetal está abastecida desde el monte nativo, situación que no es sostenible en el tiempo, básicamente por limitaciones de mercado hacia este tipo de recursos (DGPF INFONA, 2012). El mercado de carbón es altamente informal con cifras no confiables. La producción de esta fuente está en manos de pequeños productores agrícolas.

Con respecto al 2014, en el 2015 el consumo de carbón vegetal crece en 1,7% debido a las grandes actividades de limpieza en el Chaco. De acuerdo a la EPH 2015, el número de hogares a nivel residencial que utiliza carbón vegetal como fuente de energía principal en la cocción de alimentos se incrementó a 7,9% en el 2015 del 7,2% registrado en el 2014 (**Cuadro 65**). El consumo del carbón vegetal está vinculado a las áreas urbanas y sub urbanas. En la mayoría de los casos se utiliza por falta de leña o GLP (DGEEC, 2016). El **Cuadro 67** muestra los datos de consumo del carbón vegetal en Paraguay, según se indica, la mayor participación de consumo del carbón vegetal se registra en la exportación. El consumo de 370 000 t de carbón vegetal equivale a 1 480 000 t de leña para la producción de carbón.

CUADRO 67

DATOS DE CONSUMO DE CARBÓN VEGETAL EN t/año EN PARAGUAY

Fuente	BID, 2008 (t/año)	REDIEX, 2011 (t/año)
EXPORTACIÓN	580 000	200 000
CONSUMO DE ACEPAR	120 000	120 000
CONSUMO DE OTRAS INDUSTRIAS Y RESIDENCIAS	50 000	50 000
CANTIDAD TOTAL	750 000	370 000

Fuentes: en base a datos del BID, 2008 y REDIEX, 2011

Informes y estadísticas proporcionados por la Dirección General Del Sistema Ventanilla Única de Exportación (UCA, 2017), indican que Paraguay exportó carbón vegetal por poco menos de 205 millones de dólares estadounidenses (en adelante, dólares) desde el 2010 hasta diciembre del 2016. Se trata de unas 884 000 toneladas. Este producto se exporta a países de América, Europa, Asia y Medio Oriente. El negocio reportó en el año 2016 ganancias de 23 122 671 dólares,

por la exportación de un total de 61 774 toneladas de este producto. Seguidamente se expone en el **Cuadro 68** valores en dólares y toneladas que datan desde el 2010.

CUADRO 68

EXPORTACIONES PARAGUAYAS DE CARBÓN VEGETAL

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
VALOR (USD)	33 003 556	34 322 153	32 954 791	27 634 227	29 910 770	23 977 027	23 122 671
PESO (T)	200 872	187 834	147 796	106 049	110 340	69 614	61 774

Fuente: Dirección General del Sistema de Ventanilla Única de Exportación (UCA, 2017)

Uno de los principales países de salida ilegal del carbón vegetal paraguayo es el Brasil. No se dispone del valor real exportado de contrabando pero el Informe Diagnóstico Paraguay “Herramientas para mejorar la efectividad del mercado de combustible de madera en la economía rural” supone un valor de 100 000 t/año (BID, 2008).

Si bien en las literaturas consultadas no se encontró información relevante de hogares que utilicen alguna forma moderna de energía ni utilización de cocinas mejoradas, el indicador 13 mencionó la aplicación de encuestas a comunidades rurales beneficiadas con la construcción de fogones eficientes, sin embargo los datos obtenidos no se consideraron relevantes para el contexto actual del Paraguay. Por otro lado, el indicador 22 adoptando la definición de la GBEP mencionó que toda biomasa utilizada en su carácter industrial es considerada fuente moderna.

El proyecto PROEZA, presentado en el 2017, prevé generar beneficios globales y nacionales de adaptación y mitigación al cambio climático combinado con la generación de servicios ambientales, bioenergía y reducción de pobreza. El mismo pretende proporcionar asistencia social y técnica para introducir/construir 7 500 cocinas mejoradas para eliminar el humo en la casa, reducir el tiempo de recolección de leña y presión sobre la base de los recursos en un área que abarca 64 distritos municipales ubicados en 8 departamentos de la región oriental: Concepción, San Pedro, Canindeyú, Caaguazú, Guairá, Alto Paraná, Caazapá e Itapúa. Al presente se desconocen el número de hogares que utilizan estufas mejoradas para la cocina (STP, 2017).

En la actualidad, si bien no se cuentan con cifras, un elevado número de consumidores industriales de leña han cambiado a chips de madera picada de eucalipto de reforestación,

ya que este producto les permite alimentar directamente los hornos comparado con el trabajo manual de alimentar hornos con la leña. Industrias como Cervecería Paraguaya, Pechugón, Bebidas del Paraguay, lácteos Doña Ángela, Cartones Yaguarete, Cargill, ADM, cerámicas en el Chaco y otras multinacionales utilizan la energía que proveen los chips de madera principalmente para los procesos de secados y cocidos de productos.

4.14.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

Los datos utilizados para la medición del indicador se obtuvieron de visitas hechas al Ministerio de Industria y Comercio, así también se utilizaron datos obtenidos de encuestas nacionales como el del Balance Energético Nacional y el Balance Energético Nacional en Energía Útil elaborado por la Sub Secretaria de VMME, Encuesta Permanente de Hogares (EPH) elaborado por la Dirección General de Estadísticas y Censos (DGEEC, 2016), además de estudios sobre la producción y consumo de biomasa en Paraguay expuestos en el indicador 3.

Resultados

La medición de este indicador no pudo realizarse de forma completa por precisión en los datos, por el desconocimiento en la importancia económica de la biomasa sólida como fuente de bioenergía moderna y por la ausencia de registros por parte de los organismos estatales y privados en cuanto a la ubicación e identificación de las principales industrias que emplean biomasa en sus procesos productivos. Pese a eso, se recopilaron datos e informaciones de fuentes secundarias,

mostrando en la estructura de consumo final de productos de la biomasa que casi el 56% corresponde a leña, 27,7% a residuos, 10,7% a carbón vegetal y finalmente 5,9% a alcoholes.

La Encuesta Permanente de Hogares (EPH), en su edición 2015 reveló que la cantidad de hogares paraguayos que consumen leña como energía para la cocción de alimentos y calefacción de sus alrededores decreció de 25,6% en el año 2014 a 22,6% (de 460.783 a 406.786 hogares) en el año 2015 (Subindicador 14.2) argumentando en que menos familias lo utilizan como combustible principal, sustituyéndolo por otras fuentes de mayor calidad como la electricidad y GLP. Debido a la ausencia de datos sobre la utilización de la biomasa en los hogares en sus formas más eficientes (por ejemplo cocinas mejoradas), se supuso que esta es utilizada en su totalidad de manera tradicional. La electricidad y los hidrocarburos forman parte de las fuentes que sustituye a la biomasa, alrededor del 99% de la población tiene acceso a la electricidad por la abundancia existente en el país obstaculizando de esa forma la medición referida al acceso de servicios energéticos modernos en términos de hogares (Subindicador 14.1).

En el caso de las industrias, partiendo de la definición de la GBEP, estas tienen acceso a servicios modernos de energía, afirmando que el 100% de la biomasa es utilizada en su forma moderna, sin embargo no se disponen de datos cuantificando el número de negocios y energía producida, imposibilitando de esa forma la medición del sub-indicador 14.2.

El calor para procesos industriales conforma la necesidad energética cubierta por la biomasa forestal. La agroindustrias, alcohólicas y azucarera, industria de acero y las aceiteras son los mayores consumidores de biomasa para energía, en forma de leña y carbón vegetal, cuyo valor máximo es 6 047 000 toneladas. Numerosas industrias van optando utilizar los chips de eucalipto en sus procesos de transformación por la facilidad que brindan en alimentar los hornos. Sin embargo el consumo publicado de leña y carbón vegetal podría ser mucho mayor, debido a que no toda la información es registrada oficialmente en las fuentes de estadísticas. Por ejemplo, el tráfico de carbón vegetal se torna incontrolable ingresando

de contrabando principalmente al Brasil, se estima que 100 000 toneladas/año corresponde al volumen de carbón que se ha vendido de esta manera.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Sistematizar la información con relación a datos históricos, unificar la información entre las instituciones y elaborar los mapeos necesarios para el seguimiento de este y otros indicadores.

Favorecer la transformación del uso de biomasa hacia prácticas más sostenibles, mediante la adopción de tecnologías más eficientes a nivel de hogares e industrias, mejorando principalmente los sistemas de cocción de alimentos de forma a disminuir la pérdida de calor a cielo abierto.

De forma aumentar la trazabilidad del carbón vegetal desde la producción hasta el consumo, es necesario potenciar las capacidades de las instituciones involucradas y fortalecer los controles de las guías que avalen que esta se realiza de manera socialmente beneficiosa, ambientalmente respetuosa y económicamente viables. Así también lograr un mayor seguimiento y sanciones al uso informal de la biomasa y sus derivados por parte de las instituciones competentes.

Finalmente, promover el desarrollo y la implementación de proyectos relacionados a la utilización de la biomasa forestal en la producción de energía moderna, como por ejemplo el proyecto Proeza, el cual tiene por objetivo aumentar la resiliencia, mejorar la calidad de vida de familias vulnerables y reducir la pérdida de cobertura forestal en áreas ambientalmente vulnerables de la región oriental. El proyecto PROEZA prevé intervenir en 64 distritos de 8 departamentos brindando asistencia social y técnica para introducir y construir 7 500 cocinas mejoradas que proyectan eliminar el humo en la casa, reducir el tiempo de recolección de leña y presión sobre la base de los recursos.

Monitoreo del indicador en el futuro

Para futuras mediciones del indicador 14 surge la necesidad de contar con encuestas regulares y estadísticas más puntuales del acceso a los servicios modernos conseguidos por la bioenergía, sugiriendo que las instituciones encargadas generen estas informaciones de

manera sistemática con el propósito de realizar el correcto monitoreo de este indicador de gran relevancia social para el Paraguay.

Asimismo, fomentar la aplicación de políticas o planes tendientes a cambiar el uso tradicional de la biomasa sólida, sustituyéndolos por servicios modernos de bioenergía.

REFERENCIAS

- BID**, 2008. Herramientas para mejorar la efectividad del mercado de combustible de madera en la economía rural. Disponible en: <http://www.silvapar.com/politica-forestal/1.%20Forestal%20general/6.%20BID%20-%20Estudio%20Combustible%20LE%20C3%91A%202008.pdf> (Acceso: 2 de julio de 2017)
- CEPAL**, 2009. “Tablero de Comando” para la promoción de los biocombustibles en Paraguay. Santiago de Chile. Chile. 19p.
- DGEEC**, 2016. Dirección Nacional de Estadísticas y censo. Encuesta Permanente de Hogares. Octubre 2015
- DGPF INFONA**, 2012. Boletín no. 1 (en línea). San Lorenzo, PY. Disponible en: http://www.infona.gov.py/documentos/BOLETIN_PLANTACIONES_1_2012.pdf
- FAO**, 2002. Estado actual de la información sobre madera para energía. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/ad390s/AD390s07.htm> (Acceso: 2 de julio de 2017)
- FCA UNA** (Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Asunción) **y FFPRI** (Forestry and Forest Products Research Institute), 2013. Mapa de Cobertura de la Tierra Paraguay 2011. San Lorenzo (Paraguay).
- Cazal, G.**, 2011. Observatorio de energías renovables para América Latina y el Caribe. Disponible en: http://www.renenergyobservatory.org/uploads/media/presentation_gustavo_cazal_02.pdf (Acceso: 28 de junio del 2017)
- Rubira, G.**, Sin Fecha. Energía y Subproductos a partir de residuos forestales. Disponible en: http://www.portalguarani.com/3192_gustavo_rubira/24353_energia_y_subproductos_a_partir_de_residuos_forestales__ing_forestal_gustavo_rubira_.html (Acceso: 4 de agosto de 2017)
- MOPC, VMME y GIZ**, 2013. Producción y consumo de biomasa sólida en Paraguay. Proyecto de mejoramiento de la base de datos para una política energética más sustentable en Paraguay. Asunción. Disponible en: [https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20\(1\).pdf](https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20(1).pdf) (Acceso: 28 de junio de 2017)
- STP**, 2017. Gestión Social y Ambiental del Proyecto PROEZA. Disponible en: <http://www.stp.gov.py/v1/wp-content/uploads/2017/01/PROEZA-ESMF-TRAD-Espa%C3%B1ol-22-setiembre-2017.pdf> (Acceso: 12 de diciembre de 2017)
- UCA**, 2017. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Entrevistas al Ministerio de Industria y Comercio. Dirección General Del Sistema Ventanilla Única de Exportación. Fecha de aplicación de la entrevista: octubre 2017.
- VMME**, 2012. Balance Energético Nacional en Energía Útil de la República de Paraguay. Balance Energético Nacional 2011. Asunción. Disponible en: <https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/BNEU/BNEU%20Consolidado%202011-02-14.pdf> (Acceso: 3 de agosto de 2017)
- VMME**, 2016. Balance Energético Nacional 2015. En términos de energía final. Septiembre 2016. Disponible en: <https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/balance2015/Balance%20Energetico%20Nacional%202015.pdf> (Acceso: 28 de junio de 2017)

4.15 INDICADOR 15: CAMBIO EN LA MORTALIDAD Y TASAS DE ENFERMEDADES ATRIBUIBLES A HUMOS EN ESPACIOS CERRADOS

Daniel Franchi Vazquez

Centro de Estudios Ambientales y
Sociales (CEAMSO)

DESCRIPCIÓN:

(15.1) Cambio en la mortalidad y en las tasas de enfermedades atribuibles a humos en espacios cerrados por el uso de combustibles sólidos.

(15.2) Cambios en estos como resultado del mayor despliegue de los servicios de bioenergía moderna, incluyendo cocinas de biomasa mejoradas.

UNIDAD(ES) DE MEDICIÓN:

Porcentajes

4.15.1 Implementación del indicador 15 en Paraguay

En el contexto de este estudio, se realizó una visita a las comunidades rurales de los distritos de Atyra, Tobati, Emboscada, Loma Grande y Nueva

Colombia del Departamento de Cordillera, según muestra definida. Además, se consultaron varias fuentes posibles de datos secundarios.

A nivel del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, no hay información estadística con un nivel de desagregación que permita saber los casos de muertes y enfermedades debido a inhalación de aire contaminado en el hogar.

Se pudo obtener información sobre muertes anuales atribuibles a polución del aire en los hogares, del informe 2016 de Global Alliance for Clean Cookstoves (GACC); una institución público-privada enfocada en salvar vidas, mejorar el sustento y proteger el medio ambiente; a través de cocinas para hogares limpias y eficientes. Para sus estimaciones esta institución maneja datos del Banco Mundial, la Organización Mundial de la Salud (OMS), e el Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME).

El otro valor del indicador se obtuvo del informe de la OMS (2009). Los datos en los que se basa la estimación de muertes por exposición al humo en ambientes cerrados son anteriores a los que utiliza la estimación de GACC, resultando un valor menor. Este informe muestra además el indicador *Disability Adjusted Life Year* (DALY), que mide la brecha entre los años de vida saludable sin exposición y con exposición al factor de riesgo humo en los hogares.

4.15.2 Resultados claves

La utilización de combustibles sólidos para cocinar en los hogares de Paraguay está muy difundida, principalmente en las áreas rurales.

CUADRO 69

COMBUSTIBLE PRINCIPAL QUE UTILIZA PARA COCINAR

Combustible	% Hogares País	% Hogares Rural
LEÑA	22,56	50,13
GAS	58,19	35,16
CARBÓN	7,92	6,87
ELECTRICIDAD	9,46	6,24
NINGUNO	1,84	1,58

Fuente: DGEEC, 2016

La contaminación del aire de los hogares constituye un riesgo ambiental para la salud. Las enfermedades atribuibles al humo procedente de la quema de biomasa son las infecciones respiratorias, que son una de las principales causas de muerte en niños menores de 5 años. La inhalación de monóxido de carbono y las partículas en suspensión, también afectan el crecimiento y desarrollo saludable del niño, mientras que la exposición de las madres al humo durante el embarazo puede asociarse al bajo peso del recién nacido.

Además de los niños, las mujeres son las más afectadas por la inhalación de aire contaminado, debido a que son ellas quienes más se dedican a la tarea de preparación y cocción de alimentos; 71,4% contra 28,6% de los hombres. Las mujeres dedican a estas tareas 8,1 horas promedio semanalmente contra 3,6 horas de los hombres (DGEEC, 2017).

Hay que tener en cuenta que estos resultados son del total país. Si se consideran las áreas rurales solamente, que son las zonas donde más se utiliza la leña como combustible principal, se estima que tanto la proporción de mujeres, como el promedio de horas semanales empleadas en la preparación y cocción de alimentos es mayor. Según la encuesta EANA Rural 2016, en las áreas rurales; los niños, niñas y adolescentes emplean en promedio 14,4 horas por semana para cocinar alimentos. Esto hace que la exposición al aire con polución en el hogar en dichas áreas se incremente, aumentando el riesgo de contraer infecciones respiratorias.

En la visita a la muestra de comunidades rurales de los distritos de Atyra, Tobati,

Emboscada, Loma Grande y Nueva Colombia, del Departamento de Cordillera, se observó que hay viviendas en las que los fogones están construidos dentro y otras afuera.

Del 74% de los hogares con fogón o cocina eficiente en estas comunidades, el 37% lo tiene adentro de la vivienda y el 63% de la muestra lo tiene fuera. Todos los fogones interiores presentan una chimenea con 30 o 40 centímetros por arriba del techo, de manera que el humo se desplace fuera de la casa.

Si bien en Paraguay existen varios modelos de fogón, uno de los más extendidos es el construido con ladrillos, una plancha metálica y un cajón metálico que se utiliza para hornear. Se introduce el combustible por debajo de la plancha metálica, la leña arde encima de una rejilla para mejorar el flujo de aire y el aire caliente pasa alrededor del cajón metálico (horno) calentándolo; y sale de la cocina por la chimenea (Cuerpo de Paz y CEDESOL, 2008). Este modelo es un poco más caro, pero más durable que otros utilizados anteriormente.

La única información relacionada a este indicador a nivel Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social que se pudo obtener, es la Tasa de Mortalidad cada 100 000 habitantes por enfermedades relacionadas al aparato respiratorio.

Esta información es solo ilustrativa, para conocer la situación del país respecto a la mortalidad por enfermedades del aparato respiratorio y no permite estimar cantidad de muertes por la utilización de leña y carbón en los hogares.

La información que puede dar una

CUADRO 70

TASAS DE MORTALIDAD POR ENFERMEDADES DEL APARATO RESPIRATORIO, 2015

Tasas de mortalidad 2015 por grandes grupos de causas	Por 100 000 habitantes
POR ENFERMEDADES DEL APARATO RESPIRATORIO	31,7
TASAS DE MORTALIDAD 2015 POR ENFERMEDADES NO TRANSMISIBLES	
POR BRONQUITIS	0,1
POR ENFISEMA	0,4
OTRAS ENF. PULMONARES OBSTRUCTIVAS CRÓNICAS	8,0
POR ASMA	1,5

Fuente: Indicadores Básicos de Salud Paraguay, 2016

aproximación para medir este indicador se obtuvo de documentos de la GACC (s.f.) y de la OMS (2009).

Las estimaciones de GACC están basadas en datos más actualizados; considera que un 42% de la población utiliza combustibles sólidos para cocinar (año 2013); estima que el número de muertes por año producidas por la Polución de Aire en los Hogares (HAP) es de 1,356, de los cuales 34 son niños menores de 5 años (IHME, s.f.).

La Organización Mundial de la Salud trabaja con datos anteriores (año 2009) y toma como base una proporción de la población que usa combustibles sólidos de 53%, considerada como población expuesta; calcula que las muertes producidas por exposición al factor de riesgo “humos” en espacios cerrados, es de 300 por año en Paraguay. Para tener una referencia, los casos de muerte anual estimados por diarrea, si se considera el factor de riesgo agua, saneamiento e higiene son 500 según la OMS.

El documento de OMS construye un indicador DALY que mide la cantidad de años de vida saludable perdida por la exposición al humo en espacios cerrados. El DALY/1 000 capitas/año es 1,4. Comparando nuevamente con la diarrea, el valor para esta es 4,0.

4.15.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

A nivel del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, no hay información estadística con un nivel de desagregación que permita saber los casos de muertes y enfermedades debido a inhalación de aire contaminado en el hogar. Por tanto, se pudo obtener información sobre muertes anuales atribuibles a polución del aire en los hogares, del informe 2016 de GACC, cuyas estimaciones están basadas en datos del Banco Mundial, OMS, e IHME.

El otro valor del indicador se obtuvo del informe de la OMS (2009). Este informe muestra además el indicador DALY, que mide la brecha entre los años de vida saludable sin exposición y con exposición al factor de riesgo humo en los hogares.

Resultados

En la visita a la muestra de comunidades rurales de los distritos de Atyra, Tobati, Emboscada, Loma Grande y Nueva Colombia, del Departamento de Cordillera, se observó que hay viviendas en las que los fogones están contruidos dentro y otras afuera. Del 74% de los hogares con fogón o cocina eficiente en estas comunidades, el 37% de la muestra lo tiene adentro de la vivienda y el 63% lo tiene fuera. Todos los fogones interiores presentan una chimenea con 30 o 40 cm por arriba del techo, de manera que el humo se desplace fuera de la casa.

Según la GACC, un 42% de la población utiliza combustibles sólidos para cocinar (año 2013). La GACC estima que el número de muertes por año producidas por la HAP es de 1,356, de los cuales 34 son niños menores de 5 años (IHME, s.f.). La OMS trabaja con datos anteriores (año 2009) y toma como base una proporción de 53% de la población que usa combustibles sólidos, considerada como población expuesta, calcula que las muertes producidas por exposición al factor de riesgo humos en espacios cerrados, es de 300 por año en Paraguay. Según la OMS, el DALY – que mide la cantidad de años de vida saludable perdida por la exposición al humo en espacios cerrados – es 1,4/1 000 capitas/año.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Paraguay se comprometió, como miembro de la OMS, a implementar políticas para reducir los efectos adversos de la quema de combustibles en los hogares; por lo que el alto porcentaje de hogares con energía eléctrica es una oportunidad de que pueda empezar a reemplazarse la utilización de leña y carbón. Además, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) se ha planteado apoyar a los Estados miembros con más de un 10% de su población que utiliza combustibles sólidos, a disminuir por lo menos en 5% el porcentaje de la población que depende de estos combustibles para cocinar.

Si bien se ha enunciado la intención del gobierno de implementar planes para favorecer la utilización de energías más limpias; en la práctica no se visibilizan todavía políticas que

tiendan a lograr este objetivo. Al no haber en la práctica una política implementada, para promover el cambio de la leña y el carbón por energías limpias y siendo las primeras más baratas y culturalmente más aceptadas; este cambio, de darse, será en forma muy lenta. De todas formas, la utilización de leña como combustible principal para cocinar, ha venido siguiendo una tendencia descendente en los últimos años.

Una forma de mejorar este indicador es con la construcción de cocinas o fogones eficientes y menos contaminantes. Desde hace tiempo los hogares rurales han sido beneficiarios de proyectos, generalmente implementados por ONG, de construcción de fogones o cocinas eficientes a modo de sustituir la cocina en el suelo a fuego abierto. Estos fogones permiten una utilización más eficiente de la leña; se estima que pueden reducir su consumo promedio en un 80% y disminuyen la contaminación porque el humo sube por la chimenea, reduciendo la emisión de gases tóxicos a la atmósfera. Por otra parte, la utilización de estos fogones disminuye los accidentes; quemaduras en la mayoría de los casos, que sufren principalmente los niños cuando se cocina a fuego abierto. Este aspecto es muy importante debido a que según el encuesta de DGEEC (2015); los niños, niñas y adolescentes emplean en promedio 14,4 horas por semana para cocinar alimentos.

Monitoreo del indicador en el futuro

Debido a lo extendido del uso de combustibles sólidos en Paraguay, la medición de este indicador tiene su importancia. No se han encontrado a nivel del Ministerio de Salud del país datos para poder medir este indicador. Los pocos casos de muertes y enfermedades, que pueden atribuirse en forma precisa a humos en espacios cerrados determinan una incidencia muy baja y dificultan cuantificar el indicador.

Los informes de donde se obtuvo la cantidad de muertos anuales por polución del aire de los

hogares no muestran información sobre tasas de enfermedades que tengan el mismo origen. Sin embargo, el seguimiento de estos informes anuales, parece ser la manera más simple de ver los cambios en la mortalidad por exposición al humo en ambientes cerrados.

Paralelamente a los datos obtenidos de estos informes, debe monitorearse a través de las encuestas periódicas, como la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) de la DGEEC (2016); las variaciones en cuanto al uso de combustibles sólidos; y los cambios a otros tipos de energía, como combustible principal.

Otro factor importante para la medición de este indicador es conocer el incremento en los hogares rurales; principalmente, de las cocinas o fogones de biomasa mejorados. Este seguimiento podría hacerse también a través de información de encuestas periódicas de la DGEEC o en su defecto obtener información sobre los fogones construidos por año por las ONG y otras instituciones que se dedican a esta tarea.

La disminución de la utilización de leña y carbón como combustible principal, sumado al aumento de las cocinas o fogones modernos, debería producir un descenso en la mortalidad por humos en espacios cerrados.

En caso de que el informe de la OMS (2009) se elabore en forma periódica; se puede utilizar el DALY como un indicador, cuya disminución implica una baja en la mortalidad por contaminación del aire en espacios cerrados.

Al no haber información estadística de enfermedades atribuibles a humos en espacios cerrados a nivel país, la medición de las tasas de enfermedad es muy complicada metodológicamente. Sumado a esto se dificulta poder determinar que la causa de la enfermedad se debe a la polución del aire en el hogar, generada por los combustibles sólidos.

REFERENCIAS

- Cuerpo de Paz y CEDESOL**, 2008. Manual de cocinas mejoradas.
- DGEEC**, 2015. Encuesta de Actividades de Niños, Niñas y Adolescentes Rural 2015.
- DGEEC**, 2016. Encuesta permanente de hogares, 2015. DGEEC, Fernando de la Mora.
- DGEEC**, 2017. Encuesta sobre Uso del Tiempo, 2016. Encuesta sobre actividades remuneradas y no remuneradas. DGEEC, Fernando de la Mora.
- Global Alliance for Clean Cookstoves (GACC)**, s.f. Country profile – Paraguay. Disponible en: <http://cleancookstoves.org/country-profiles/108-paraguay.html>
- Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME)**, s.f. Country profile – Paraguay. Disponible en: <http://www.healthdata.org/paraguay?language=149>
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPBS)**, 2016. Indicadores Básicos de Salud Paraguay 2016. Disponible en: <http://www.mspbs.gov.py/digies/wp-content/uploads/2012/01/IBS-Paraguay-2016.pdf>
- Organización Mundial de la Salud (OMS)**, 2009. Country profile of Environmental Burden of Disease – Paraguay. Disponible en: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/paraguay.pdf

4.16 INDICADOR 16: INCIDENCIA DE LESIONES, ENFERMEDADES Y MUERTES LABORALES

Daniel Franchi Vazquez

Centro de Estudios Ambientales y Sociales (CEAMSO)

DESCRIPCIÓN:

Incidencia de lesiones, enfermedades y muertes laborales en la producción de bioenergía en relación con sectores comparables.

UNIDAD(ES) DE MEDICIÓN:

Número/ha (para su comparación con otras actividades agrícolas) o número/MJ o MW (para su comparación con fuentes alternativas de energía).

4.16.1 Implementación del indicador 16 en Paraguay

No se han encontrado estadísticas sobre accidentes y muertes laborales a nivel general en el país y menos desagregada por sectores de producción. Se solicitó entonces información a los ministerios que deberían tener esta información, Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y Ministerio de Industria y Comercio, pero no se pudo obtener.

A nivel de las empresas de Paraguay, hay pocos informes o publicaciones relacionadas al indicador. Se puede mencionar el documento de PAICO/FORCERPA/UNIQUE WOOD (2016) que tiene un capítulo de Seguridad en el trabajo.

Se buscó obtener información visitando empresas alcoholeras y productoras de biomasa forestal, obteniéndose sobre todo de las alcoholeras, poca información sobre las lesiones,

enfermedades y muertes en las distintas etapas de producción (CEAMSO, 2017a).

Los Ministerios de Salud Pública y Bienestar Social (MSP y BS), de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (MTESS) y el Instituto de Previsión Social (IPS) coordinan mediante el Consejo de Seguridad y Salud Ocupacional las acciones de higiene y seguridad en el medio laboral.

A pesar de que se ha establecido la obligatoriedad de la comunicación de accidentes de trabajo vía web por resolución 835/16 del MTESS, con la finalidad de elaborar políticas y estrategias de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, no se ha podido acceder a documentos con estos registros. Tampoco se han encontrado publicaciones, ni documentos en el MSP y BS ni en el IPS (Instituto de Previsión Social) con estadísticas relacionadas a los accidentes laborales en los sectores productores de bioenergía.

Para tener alguna referencia cuantitativa se presentan datos del estudio “Accidentes Laborales atendidos en asegurados del Instituto de Previsión Social, Paraguay 2010-2012” (Ramos *et al.*, 2013). Este estudio toma las personas ingresadas por lesiones y accidentes laborales entre el 1 de abril de 2010 y el 30 de abril de 2012, solamente en el Instituto de Previsión Social.

Debido a la escasez de informaciones y datos relacionados con este indicador, se realizó una evaluación de los principales riesgos laborales a lo largo de las cadenas de valor del etanol (a partir de caña de azúcar y de maíz) y de la biomasa forestal.

4.16.2 Resultados claves

Según el estudio “Accidentes Laborales atendidos en asegurados del Instituto de Previsión Social, Paraguay 2010-2012” (Ramos *et al.*, 2013), se atendieron en este período 2250 casos con 13 casos de muerte (0,6%). La mayoría de estos accidentes se atribuyeron a la causa “Contactos con equipos y objetos” (51,2%), seguida de “Caídas en general” (23%) y “Accidentes de transporte” (18%). “Reacciones corporales” y “Exposición a sustancias o condiciones ambientales peligrosas” representan cada una un 2% de los casos.

El estudio estima que en Paraguay se producen unos 1 000 accidentes laborales por año y que hay un alto porcentaje de subregistro.

Al no poder obtenerse información estadística de las instituciones gubernamentales que deberían poseerla, se recurrió a entrevistas a empresas alcoholeras y forestales. Las alcoholeras no se mostraron muy abiertas a brindar información y no dieron datos cuantitativos precisos, ya sea por no tener los registros en el momento de la entrevista, o por considerar esta información confidencial. Informaron que no se habían producido muertes laborales en los últimos años y que los pocos accidentes se daban principalmente en el transporte de los productos y/o materias primas. Afirmaron que en todas las etapas del ciclo productivo, se proporcionan los equipos e implementos de protección y se toman las medidas establecidas para evitar accidentes, pero no dieron especificaciones sobre el equipamiento que se entrega a los operarios (CEAMSO, 2017a).

Producción de etanol a partir de caña de azúcar

La caña de azúcar producida con sistema convencional y sistema de siembra directa, es la que se destina a la producción de etanol en Paraguay. El proceso de cultivo de caña de azúcar incluye carpida del terreno, arada incorporando los residuos vegetales, y el surcado de plantación inmediatamente después de la arada.

El proceso de aplicación de herbicidas pre o post emergente a las malezas, se realiza en forma tractorizada o utilizando mochilas costales, tomando siempre las precauciones que tienen que ver con la manipulación de productos químicos, y haciendo énfasis en los equipos de protección.

Se utilizan controladores biológicos como *Bacillus thuringiensis* para diversas plagas, para control de *Diatraea saccharalis* se utiliza *Cotesia flavipes* (la avispa) y el hongo *Metarrizium anisopliae* para controlar el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*, además de herbicidas (Indicador 1).

En algunas áreas o sectores donde se cultiva la caña dulce desde hace más tiempo, podrán

aparecer focos de algunas plagas que atacan preferentemente a las raíces. Esas plagas son el picudo de la caña (*Sphenophorus levis*), Migdolus (*Migdolus fryanus*) y el salivazo de las raíces (*Mahbarva fimbriolata*). En estos casos los productos más utilizados son insecticidas a base de Fipronil y Thiametoxan, aplicados con tractor y pulverizadores (abc Color, 2013).

El uso de agroquímicos es anual desde los cuidados culturales del año 0 al año 5. En el año 0 se utilizan 4 litros/ha de herbicidas, aplicado en un lapso de 2 jornales (8 horas cada jornal), siendo este el tiempo de exposición de los operarios. El uso del pulverizador, generalmente a mochila, expone al personal a un contacto más cercano al producto utilizado, que es generalmente el glifosato (MAG, 2013).

Los productores de pequeña escala no utilizan ni insecticidas ni fertilizante N,P,K.

Los cortadores de caña debido a su condición socioeconómica, son más vulnerables a los riesgos ocupacionales asociados a su trabajo. Entre los riesgos principales está la exposición a la radiación solar y al calor intenso, tanto en el campo como en los ingenios, lo cual puede producir deshidratación, estrés, agotamiento por calor, golpe de calor y en casos extremos la muerte. Los cortes con cuchillas y machetes son frecuentes durante la zafra y se presentan también casos de irritación de la piel producidos por las hojas de la caña y picaduras de insectos.

Los trabajadores en los ingenios sufren el intenso ruido, las vibraciones, y problemas ergonómicos. Corren peligro de sufrir lesiones por el tipo de herramientas y equipos que manejan y están expuestos a la presencia de polvo en el ambiente que les puede generar problemas respiratorios. Una mención especial merece la exposición al bagazo, que afecta el aparato respiratorio pudiendo producir sibilancia, rinitis y problemas oculares.

Las consecuencias de los ruidos y vibraciones son la disminución de la audición, y la afectación del ciclo del sueño y de los niveles de atención de los trabajadores, lo que aumenta el riesgo de sufrir accidentes laborales.

Producción de etanol a partir de maíz zafriña

Como cultivo de rotación, el maíz se planta en terrenos ya preparados para soja. La preparación, mantenimiento y cosecha son semi-mecanizados.

La producción se realiza con el sistema de siembra directa en la vasta mayoría de las áreas de producción del país. Se utilizan controladores biológicos como el hongo *Metarrizium anisopliae*, pero lo más común es el uso de defensivos químicos (insecticidas, fungicidas) para tratar la semilla antes de la siembra y para aplicar al cultivo. Entre los defensivos más utilizados están citados *Fipronil*, *Cipermetrina*, *Clorpirifos*, *Endosulfán* (uso individual o combinado dependiendo de la intensidad de la plaga).

Las malezas se combaten con numerosos herbicidas, entre los más utilizados se citan Glifosato, Paraquat, Atrazina y Simazina, en diferentes formulaciones y combinaciones dependiendo de la intensidad de la plaga (Indicador 1). La aplicación es una vez por zafra y se utilizan 5 litros/ha de herbicida, aplicado en forma mecanizada, utilizando tracto pulverizador en un lapso de un jornal, tiempo de exposición del personal operario. Se aplican 0,15 litros/ha de insecticidas en forma mecanizada utilizando tracto pulverizador en un lapso de 0,15 jornal, siendo este el tiempo de exposición del personal operario. La utilización de tracto pulverizador disminuye el contacto directo del personal con los productos químicos usados (MAG, 2013).

Los riesgos que corren los operarios en una planta alcoholera de maíz son similares a los que se presentan en las de caña de azúcar. Si bien no están expuestos al bagazo, tienen riesgos de afecciones respiratorias producidas por el polvo proveniente de la descarga del cereal.

Producción de biomasa forestal

Tanto en el Plan Estratégico y Operativo de FORCERPA consultado (PAICO/FORCERPA/UNIQUE WOOD, 2016), como las entrevistas realizadas en EFISA (CEAMSO, 2017b) indican que existe un protocolo de inicio de cada contrato de un personal nuevo en planta.

Este protocolo establece que el profesional responsable del área, debe informar sobre los estándares de la seguridad en el trabajo en forma escrita y oral. La empresa se responsabiliza de que el personal reciba su propio equipo y ropa de seguridad.

Es muy importante el registro de los accidentes ocurridos, como un indicador para medir el éxito de las reglas y los procedimientos de seguridad.

La explotación forestal para producción de leña también tiene riesgos en sus diferentes etapas. Al igual que en el caso de la caña de azúcar, la exposición a altas temperaturas puede producir deshidratación y estrés térmico. Los ruidos provenientes de la utilización de motosierras generan problemas auditivos. Además en algunos casos impiden que los trabajadores escuchen lo que ocurre en su entorno, como por ejemplo las caídas de los árboles cuando estos son talados, por lo que puede aumentar el riesgo de sufrir un aplastamiento.

El manejo de herramientas mecánicas manuales, que transmiten vibraciones, puede afectar la circulación de la sangre en las manos y los antebrazos y dañar los nervios, los tendones, los músculos, los huesos y las articulaciones.

En el proceso de tala, están presentes los riesgos de golpes y aplastamientos por caída de árboles y los cortes producidos con motosierras o hachas, que se dan también en el proceso de la quita de ramas de los árboles.

En las etapas de reunión, apilado y acarreo de los troncos pueden darse atrapamientos, choques, golpes y caídas. Tanto las caídas como los accidentes con maquinarias se incrementan en terrenos con pendientes o con tipos de suelos que se vuelven resbaladizos.

También los trabajadores forestales están expuestos a peligros químicos relacionados con la inhalación de los gases que genera la motosierra y la exposición a herbicidas y pesticidas, así como a picaduras de insectos y mordeduras de animales.

Las malezas deben controlarse periódicamente en forma mecanizada con tractores, o en forma manual con azadas. Además se utilizan herbicidas pre y post emergentes como Isoxaflutole, Fordor, Glifosato y Paraquat, que se aplican generalmente con tracto pulverizadores. Se estima la utilización de 3 litros de herbicida

por hectárea, con una exposición de los operarios de 1,5 jornales (12 horas) (INFONA, 2013).

Se utilizan también insecticidas, siendo los más utilizados Fipronil, Piretroides y Cipermetrina que se aplican por medio de mochilas fumigadoras.

La empresa del sector forestal de Paraguay consultada, manifestó que los casos de problemas de salud más comunes son los relacionados con el calor, como la deshidratación. Las intoxicaciones por inhalación de productos químicos en las plantaciones, están bastante controladas por el equipamiento que se entrega a los trabajadores.

Se proveen además “pierneras”, elementos de protección contra mordeduras de animales y picaduras de insectos. Sin embargo se han dado en el año un par de casos de mordedura de víboras, que los directivos de la empresa atribuyen a irresponsabilidad del personal, por no utilizar el equipamiento.

La empresa también registró este año fracturas por aplastamiento debido a caídas de árboles y accidentes de tránsito en el transporte de la leña.

Respecto a las dolencias producidas por el trabajo, el director de la empresa manifestó que luego de varios años de trabajo aparecen problemas lumbares, dolores de espalda y lesiones en los trabajadores de planta y también en los que trabajan en la plantación y la tala.

Riesgos por la exposición a herbicidas e insecticidas

Las sustancias utilizadas como herbicidas e insecticidas en la producción de caña de azúcar, maíz zafriña y en las plantaciones de bosques de eucalipto, son nocivas e implican un riesgo para la salud, ya sea por contacto o inhalación. Por lo que los trabajadores deben tener los implementos necesarios para manipular estos productos.

El glifosato según estudios recientes, puede producir malformaciones neuronales, cardíacas e intestinales y también cánceres (Cárcamo, 2010).

El Fipronil es un insecticida altamente contaminante y persistente en el medio ambiente, es catalogado como potencialmente cancerígeno según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), la Agencia

de Protección Ambiental de Estados Unidos (US/ EPA) y la Unión Europea. Se bioacumula, no se descompone naturalmente y puede permanecer largos períodos, incluso años, en el ambiente antes de desintegrarse (Cárcamo, 2010).

Transporte de materias primas y productos

En la etapa de transporte de las materias primas, caña de azúcar, maíz y leña, y de productos etanol y chips con vehículos pesados, está presente el riesgo de choques, vuelcos y atropellamientos. Los principales factores que influyen en estos accidentes son el estado de los vehículos y el de las rutas y caminos, y los errores humanos, ya sea de atención o de no respeto de las normas de seguridad vial.

Las estimaciones de las distancias promedios que deben recorrerse para el transporte de materias primas y productos, que fueron elaboradas en base a entrevistas a alcoholeras y productoras de biomasa forestal, además de documentos del Ministerio de Industria y Comercio, se encuentran en el Indicador 23.

4.16.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

No se han encontrado estadísticas sobre accidentes y muertes laborales a nivel general en el país y menos desagregada por sectores de producción. Se solicitó entonces información a los ministerios que deberían tener esta información, pero no se pudo obtener.

A nivel de las empresas de Paraguay, hay pocos informes o publicaciones relacionadas al indicador. Se buscó obtener información visitando empresas alcoholeras y productoras de biomasa forestal, obteniéndose sobre todo de las alcoholeras, poca información sobre las lesiones, enfermedades y muertes en las distintas etapas de producción (CEAMSO, 2017a).

A pesar que se ha establecido la obligatoriedad de la comunicación de accidentes de trabajo vía web, no se ha podido acceder a documentos con estos registros. Tampoco se han encontrado publicaciones, ni documentos en los ministerios

relevantes con estadísticas relacionadas a los accidentes laborales en los sectores productores de bioenergía.

Para tener alguna referencia cuantitativa se presentan datos de un estudio que toma el asegurado del Instituto de Previsión Social ingresados por lesiones y accidentes laborales entre el 1 de abril de 2010 y el 30 de abril de 2012 (Ramos *et al.*, 2013).

Debido a la escasez de informaciones y datos relacionados con este indicador, se realizó una evaluación de los principales riesgos laborales a lo largo de las cadenas de valor del etanol (a partir de caña de azúcar y de maíz) y de la biomasa forestal.

Resultados

Según el estudio “Accidentes Laborales atendidos en asegurados del Instituto de Previsión Social, Paraguay 2010–2012” (Ramos *et al.*, 2013), se atendieron en este período 2 250 casos con 13 casos de muerte (0,6%). La mayoría de estos accidentes se atribuyeron a la causa “Contactos con equipos y objetos” (51,2%), seguida de “Caídas en general” (23%) y “Accidentes de transporte” (18%). “Reacciones corporales” y “Exposición a sustancias o condiciones ambientales peligrosas” representan cada una un 2% de los casos.

Al no poder obtenerse información estadística de las instituciones gubernamentales que deberían poseerla, se recurrió a entrevistas a empresas alcohólicas y forestales. Las alcohólicas informaron que no se habían producido muertes laborales en los últimos años y que los pocos accidentes se daban principalmente en el transporte de los productos y/o materias primas. Afirmaron que en todas las etapas del ciclo productivo, se proporcionan los equipos e implementos de protección y se toman las medidas establecidas para evitar accidentes, pero no dieron especificaciones sobre el equipamiento que se entrega a los operarios (CEAMSO, 2017a).

Se realizó también una evaluación de los principales riesgos laborales a lo largo de las cadenas de valor del etanol (a partir de caña de azúcar y de maíz) y de la biomasa forestal. La descripción de dichos riesgos se puede encontrar

en la sección de arriba, por cada etapa de las cadenas consideradas.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Las empresas productoras de bioenergía deberían tener buenos registros de las lesiones, enfermedades y muertes laborales que se dan en todas las etapas de producción y distribución de la bioenergía que producen y compartir esta información con las instituciones del estado pertinentes, Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y el Ministerio de Industria y Comercio. De esta manera se podría tener una información consolidada a nivel país. El cumplimiento de la resolución del MTESS que obliga a la comunicación de accidentes de trabajo vía web, sería importante para lograr este objetivo.

A la luz de los datos proporcionados por las empresas, es necesario por parte del estado supervisar regularmente el cumplimiento de los protocolos, medidas de seguridad y utilización de equipamiento adecuado en todo el ciclo de producción y distribución de etanol y biomasa forestal.

Las empresas deben tener una matriz de riesgos laborales y hacer capacitaciones periódicas a los operarios sobre las normas de seguridad y la implementación y fundamentación de las medidas de mitigación.

Monitoreo del indicador en el futuro

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el objetivo núm. 8 se refiere en particular, a la promoción del “crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos”.

Una de sus metas 8.8 busca “proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y protegido para todos los trabajadores, incluidos los trabajadores migrantes, en particular las mujeres migrantes y las personas con empleos precarios” y los países deben informar sobre el siguiente indicador: “Tasas de

frecuencia de lesiones ocupacionales mortales y no mortales, por sexo y situación migratoria”.

Al tener esta responsabilidad se espera que el Estado Paraguayo, implemente mejores mecanismos para producir información estadística confiable sobre este tema y pueda triangular esta información entre los distintos ministerios a los que les compete. Esto hace pensar que a corto plazo se podría acceder a información que nos permita medir este indicador.

No obstante, aunque el estado generase información estadística consolidada a nivel país, probablemente esta no estaría desglosada en las categorías producción de bioenergías etanol y biomasa forestal que nos interesan. Por lo que sería recomendable formalizar un compromiso con las empresas productoras de estas bioenergías, para que colaboren respondiendo una encuesta semestral o anual, sobre lesiones, enfermedades y muertes laborales.

REFERENCIAS

- abc Color**, 2013. Cuidados culturales en caña dulce. Publicado en línea, 3 de julio de 2013. Disponible en: <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/abc-rural/cuidados-culturales-en-cana-dulce-591386.html>
- Cárcamo, M.I.**, 2010. Uruguay: trabajo y agrotóxicos en la forestación. Investigación sobre aplicadores de agrotóxicos en plantaciones de FOSA. RAPAL/Rel-UITA, Montevideo. ISBN: 978-9974-8029-8-8
- CEAMSO**, 2017a. Entrevistas a empresas alcoholeras. Realizadas en el contexto de este proyecto.
- CEAMSO**, 2017b. Entrevista con Director de Producción de la empresa EFISA. Realizada en el contexto de este proyecto.
- INFONA**, 2013. Manual de Plantaciones Forestales. Técnicas de Instalación y manejo.
- MAG**, 2013, Costo de producción de los principales rubros agrícolas. Período 2012. MAG/ Dirección de Planificación/Unidad de Estudios Agroquímicos.
- PAICO/FORCERPA/UNIQUE WOOD**, 2016. Plan Estratégico y Operativo FORCERPA. Manejo de bosque nativo en Paraguay. Disponible en: <http://unique-wood-paraguay.com/downloads/PEOF%202016%20Golondrina%20PAYCO%20Resumen%20publico.pdf>
- Ramos, P., Cañete, F., Dullak, R., Ramos, E., Riquelme, E., Rivas, M.E., Riveros, D. y Rodas, C.**, 2013. Accidentes Laborales atendidos en asegurados del Instituto de Previsión Social, Paraguay 2010-2012.

4.17 INDICADOR 17: PRODUCTIVIDAD

Subindicador 17.1: **Mirtha Vera**^{1,2}, **Delia Ramírez H.**¹

Subindicadores 17.2, 17.3 y 17.4: **Sebastián Denis Camp**³

¹ Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (ADIFCA).

² Área Tecnología e Industrias/FCA – Universidad Nacional de Asunción

³ Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” (UCA).

DESCRIPCIÓN:

(17.1) Productividad de materias primas de bioenergía por materia prima o por finca/plantación

(17.2) Eficiencias de procesamiento por tecnología y materias primas

(17.3) Cantidad de bioenergía producto final por masa, volumen o contenido energético por hectárea por año

(17.4) Coste de producción por unidad de bioenergía

UNIDADES DE MEDIDA:

(17.1) Toneladas/ha/año

(17.2) MJ/tonelada

(17.3) Litros/ha/año, toneladas/ha/año

(17.4) USD/MJ

4.17.1 Implementación del indicador 17 en Paraguay

Para la medición del subindicador 17.1 los datos considerados para ambos cultivos a nivel nacional se basan en fuentes secundarias; principalmente los generados por la Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (DCEA), dependencia técnica del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), que reporta resultados del procesamiento de informaciones de fuentes secundarias; trabajo

de campo a través de encuestas; e informaciones suministradas por las instituciones y gremios del sector. También fueron consideradas informaciones y datos registrados en entrevistas y encuestas a informantes clave de industrias que producen etanol.

En cuanto a biomasa forestal se han considerado los datos de las superficies de bosques nativos y plantaciones forestales (ha) a nivel nacional y regional; reportados por el Instituto Forestal Nacional, la Facultad de Ciencias Agrarias/UNA; así como la productividad de bosques y plantaciones (m³/ha/año). Dado que la información disponible de cobertura de bosques es hasta el año 2011, se han realizado estimaciones de cobertura actual; principalmente, si los datos de deforestación estaban disponibles.

En cuanto a disponibilidad y consumo de biomasa para energía, uno de los resultados más actuales se encuentra en el estudio realizado en el marco del Proyecto “Mejoramiento de las Bases de Datos para una Política Energética Sustentable en el Paraguay” ejecutado por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, a través del Viceministerio de Minas y Energía, y la Agencia Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ y VMME, 2011).

Para la medición de los subindicadores 17.2, 17.3 y 17.4, a partir de la metodología de la GBEP, se ha tenido pleno acceso y disponibilidad de información con una empresa productora de etanol de caña y maíz; y una de chips de eucalipto, que debido a sus niveles de producción y tecnología se consideran como representativas del sector; lo que ha llevado, en algunos casos, a considerar promedios validados a partir de los trabajos realizados entre las mesas multisectoriales.

Por lo tanto, los valores poseen un alcance nacional; debido a que los datos corresponden a fuentes primarias y secundarias conforme a la medición de estos. Se ha consultado con empresas de sectores público y privado; las cuales trabajan con cultivos empresariales y pequeños productores, lo que deriva en cierta variación en cuanto a la eficiencia del procesamiento.

4.17.2 Resultados claves

Etanol

En cuanto a caña de azúcar; la productividad promedio, considerando el período comprendido 2006/2007 y 2015/2016, fue de 50 ± 4 t/ha por zafra. En 2016 la superficie cultivada para la producción de alcohol fue de 33,7 mil hectáreas, con un rendimiento de 55,9 t/ha. De acuerdo con los datos reportados por el IICA (2016), para la zafra 2014/2015, en los Departamentos de Caaguazú y Caazapá se han obtenido los mayores rendimientos (entre 62 a 68 t/ha). Los rendimientos medios se han registrado en los Departamentos de Cordillera, San Pedro, Paraguairí, Guairá y Presidente Hayes (entre 54 a 59 t/ha). Mientras que los rendimientos más bajos se registraron para los Departamentos de Central, Alto Paraná, Misiones, Concepción, Itapúa, Ñeembucú, Canindeyú y Amambay (entre 37 a 50 t/ha).

En cuanto a maíz, considerando la serie de tiempo desde el año 2009 al 2016, la productividad promedio es de $4,22 (\pm 0,7)$ t/ha. Los datos oficiales revelan que la productividad del maíz es variable, pero con aumento a través de los años, siendo afectada por eventos climáticos; especialmente en las zafras 2008, 2009 y 2011 por la sequía registrada en el país. Se observa importante incremento en la productividad desde el año 2008 que fue de 2,88 t/ha a 5,37 t/ha al año 2015.

Para el subindicador 17.2, conforme a los datos de fuentes secundarias y a entrevistas, se observa que en promedio se producen 65 litros de etanol de caña por tonelada de caña y 350 litros por tonelada de maíz. El valor adoptado, para el presente informe, es un promedio nacional que se encuentra dentro de un rango de 50 a 80 litros para etanol de caña de azúcar y 340 a 360 litros para etanol de maíz. En el indicador se consideró para el etanol como poder calorífico 26 700 MJ por tonelada de etanol; y que 1 litro de etanol equivale a 0,789 kg. Por otro lado, considerando que 65 litros de etanol por tonelada de caña equivalen 51,29 kg de etanol por tonelada de caña, para producir una tonelada de etanol serán necesarias 19,5 toneladas de caña.

Por otra parte, para la eficiencia de

procesamiento de etanol de maíz, se observa que 350 litros de etanol por tonelada de maíz equivalen a 276,15 kg de etanol por tonelada de maíz; por lo que, para producir una tonelada de etanol serán necesarias 3,6 toneladas de maíz.

Se entiende que la masa que ingresa a las Plantas de Producción como materia prima en el caso de la caña de azúcar es la planta cosechada en forma manual o mecánica, y en el caso del maíz en la condición de almacenamiento en los Silos.

Los resultados finales para este SubIndicador 17.2 son:

- ▶ 1 369,31 MJ/t de Caña de Azúcar
- ▶ 7 373,21 MJ/t de Maíz

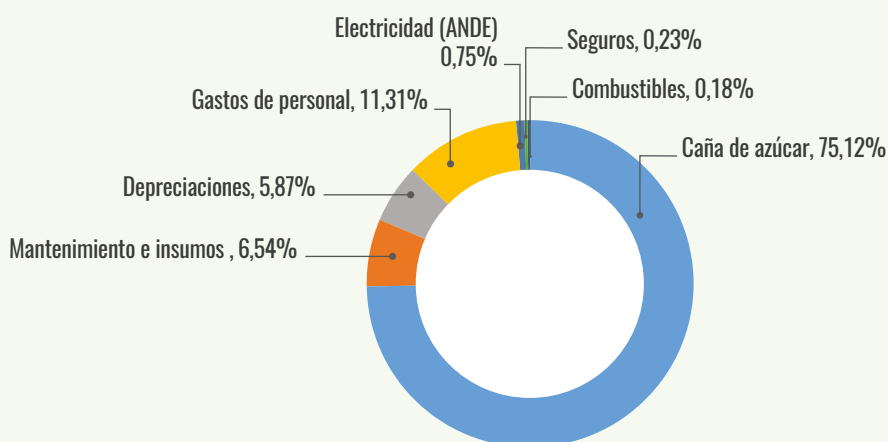
Seguidamente para el subindicador 17.3, conforme a datos del IICA (2016) para la zafra 2015-2016, considerando una producción de 55,9 t/ha/año para la caña de azúcar y de 4,22 t/ha/año para el maíz, si se producen 65 litros de etanol por tonelada de caña y 350 litros de etanol por tonelada de maíz, se concluye que se obtienen por hectárea de plantación por año 3 633 litros de etanol de caña y 1 477 litros de etanol de maíz, lo que equivale a 76 544 MJ/ha/año para el etanol de caña y 31 115 MJ/ha/año para etanol de maíz.

Con respecto al indicador 17.4, los costos de producción se calcularon sobre la base de los valores reales de producción conforme a promedios obtenidos de fuentes primarias (UCA, 2017). Este valor no incluye costos de transporte, distribución y mezcla de combustible para el etanol. Los cálculos presentados fueron desarrollados en base a la producción de etanol; sin considerar otras salidas como vinaza y bagazo para caña de azúcar; y DDGS y WDGS para maíz. Asimismo, los costos de producción fueron desarrollados considerando los costos directos de la producción sin tener en cuenta gastos administrativos ni de soporte a los procesos, así como políticas que influyen en el costo final del producto.

Teniendo la cotización promedio del año 2016 de 675,8 5 PYG por dólar (BCP sitio web); se obtiene que el costo de producción de etanol de caña y de maíz se encuentra en un rango de USD 0,49 a USD 0,57 por litro, dependiendo del tipo de producción y de cosecha en el caso de la caña

FIGURA 68

DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DEL ETANOL, PARA EL CASO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR



Fuente: elaboración propio en base a datos de la planta de Petropar (UCA, 2017)

de azúcar, lo que representa un costo que oscila entre USD 621 y USD 722 por tonelada de etanol, lo que equivale a USD 0,023 y USD 0,027 por MJ.

En el caso de la caña de azúcar; la principal fuente de energía proviene del bagazo de caña, que se obtiene como un sub-producto de la molienda. Si la planta es eficiente debe quedar disponible un 20% a 25% del bagazo que puede ser utilizado para cogeneración de energía eléctrica para venderla a la Red, pero como esta posibilidad aún no está permitida en el Paraguay, al bagazo sobrante se le da otros usos, como fabricación de briquetas, etc.

Si la planta no es eficiente energéticamente; entonces puede llegar a no ser autosuficiente energéticamente y debe adquirir una parte de la energía requerida de la Red, como se observa en la distribución del porcentaje de costos en la **Figura 68**.

Las destilerías pueden ser Autónomas; como en el caso de la Planta de Petropar de M. J. Troche, en donde no se fabrica azúcar o Anexas a una fábrica de azúcar; la cual puede ser, a su vez, orgánica o convencional. En este último caso los costos de producción de etanol se realizan asignando los gastos a cada producto, etanol o azúcar, conforme a los datos operativos.

La Vinaza, que es otro coproducto, puede utilizarse para fertirriego directo o puede concentrarse y utilizarse para producción de compost orgánico, biogás o incluso combustible

en las calderas. En estos casos se debe considerar el precio de venta de estos productos y deducir del costo de producción de etanol.

En el caso del etanol de maíz, los principales coproductos son DDGS, WDGS y el aceite de maíz. En este caso no se tiene disponible el bagazo como fuente de energía, por lo cual se utilizan otras fuentes como la energía eléctrica de la Red y leña.

En muchas Plantas del Paraguay se pueden procesar ambas materias primas, caña de azúcar y maíz; por lo cual la asignación de costos de producción al etanol sea como Destilería Anexa a la producción de azúcar o como coproducto de los DDGS/WDGS, es compleja y se debe realizar con especial atención.

Biomasa forestal

a. Productividad de bosques

La mayor proporción de biomasa para fines energéticos de bosques nativos corresponde a la región oriental. Estudios realizados en bosques nativos de la región oriental del Paraguay, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA, reportan incrementos volumétricos entre 3,23 m³/ha/año a 5,61 m³/ha/año después de aplicar diferentes tratamientos silviculturales en bosques de la Ecorregión Bosque Atlántico del Alto Paraná (Vallejos, 2007). De acuerdo con las informaciones

recabadas en cuanto a bosques productivos; se estima 700 000 ha para la región oriental, de los cuales aproximadamente 171 715,11 ha corresponden a bosques manejados con un incremento entre 2 m³/ha/año a 3 m³/ha/año. Para fines del presente estudio; se ha optado por utilizar el rango de incremento medio anual de bosque nativo de la región oriental de 2 m³/ha/año a 3 m³/ha/año, considerando que los valores superiores se han obtenido de casos muy puntuales como resultados de investigación.

En la región occidental, en cuanto a los incrementos anuales se tienen estimaciones de 0,5 m³ por ha en las partes más occidentales; y en el Chaco Central 2 m³ por ha (en promedio 1,3 m³/ha/año). Comparando estos valores con los bosques de la región oriental (2-3 m³/ha/año), se debe destacar sin embargo la elevada densidad de las maderas chaqueñas (BID, 2008).

Para estimar la biomasa que podría utilizarse con fines energéticos (ramas) en la región occidental y en la región oriental de bosque nativo productivo y bajo manejo; se utilizará el valor de 86% que corresponde a

la proporción promedio de biomasa obtenida de la investigación “Determinación de la biomasa aérea total y por especie del bosque nativo del Chaco Central”; realizada en la Facultad de Ciencias Agrarias/UNA (Neufeld, 2007). Para conversión de m³ a t para especies nativas se tomó un valor de 0,8 (Indicador 3). Así la productividad de biomasa para energía, proveniente de bosques de la región occidental y de la región oriental, sería aproximadamente entre 0,89 y 2,19 t/ha por año.

b. Productividad de plantaciones forestales

En cuanto a las especies forestales utilizadas para plantaciones se estima que el 90% corresponden a *Eucalyptus* spp; considerando un incremento entre 25 m³/ha/año a 30 m³/ha/año, que 36% de la biomasa se destina para energía y que para conversión de m³ a toneladas para especies exóticas se tomó un valor de 0,75 (Indicador 3), la productividad de biomasa para energía, proveniente de plantaciones forestales, sería aproximadamente entre 6,75 y 8,1 t/ha por año.

CUADRO 71

OFERTA DE BIOMASA SOLIDA DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE EN PARAGUAY

Tipo	Rangos de incrementos (m ³ /ha/año)	Biomasa para energía (t/ha/año)	Proporción leña: rollos
BOSQUE NATIVO PRODUCTIVO Y BOSQUE NATIVO BAJO MANEJO REGIÓN OCCIDENTAL	0,5-2	0,34-1,38	0,86:0,14
BOSQUES PRODUCTIVOS MANEJADOS REGIÓN ORIENTAL	2-3	0,54-0,82	0,34:0,66
PLANTACIONES FORESTALES REGIÓN OCCIDENTAL Y ORIENTAL	25-30	6,75-8,10	0,36:0,64

Fuente: indicador 3

De forma a calcular la cantidad de energía por hectárea; considerando la biomasa para energía en los bosques productivos manejados y plantaciones bajo manejo para ambas regiones, se observa un rango de 0,88 a 2,14 t/ha por año para ambas regiones, por lo que la cantidad de bioenergía por hectárea por año es de 13 200 a 32 100 MJ²⁹.

En cuanto a los costes de producción por unidad de bioenergía; se obtiene que 1 tonelada

de biomasa (15 000 MJ) posee un costo de USD 30 a USD 45 aproximadamente, lo que representa un costo de USD 0,002 a USD 0,003 por MJ.

Finalmente, se presenta como referencia la producción de chips de eucalipto a partir de eucalipto reforestado, considerando que 21 000 MJ equivalen a 1 tonelada de chips. Conforme a los datos de fuentes secundarias y a entrevistas se observa que en promedio se producen 1 tonelada de chips por 1 tonelada de eucalipto.

²⁹ Considerando un promedio de 15 000 MJ/t de biomasa, la variedad de especies y el tipo de tecnología empleada.

Seguidamente para el subindicador 17.3 se recabó que 6,75 a 8,10 toneladas de chips se obtienen por hectárea de eucalipto reforestado lo que verifica 141 750 MJ/ha a 170 100 MJ/ha, considerando la utilización total de la producción con fines de biomasa para energía.

En el subindicador 17.4; considerando una cotización de 5 675,8 PYG por dólar, se obtiene que, como 1 tonelada de chips tiene un costo de producción de USD 45 a USD 56, el costo de producción es de USD 0,0021 a USD 0,0026 por MJ.

4.17.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

Para la medición del subindicador 17.1 los datos considerados para ambos cultivos a nivel nacional se basan en fuentes secundarias; principalmente los generados por la Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias (DCEA), dependencia técnica del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), que reporta resultados del procesamiento de informaciones de fuentes secundarias; trabajo de campo a través de encuestas; e informaciones suministradas por las instituciones y gremios del sector. También fueron consideradas informaciones y datos registrados en entrevistas y encuestas a informantes clave de industrias que producen etanol.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Se puede lograr un incremento en la eficiencia y reducir los costos de producción a través de la incorporación de tecnología en el cultivo de caña de azúcar; considerando la baja productividad de caña de azúcar y etanol de caña de azúcar, a partir de replicar experiencias de países de la región.

Desde el punto de vista genético; es, sin duda, conveniente elegir y plantar variedades de caña adecuadas, que consideren la productividad agrícola y agroindustrial, sean resistentes a limitaciones edafo-climáticas y al ataque de plagas y vocación para su cosecha mecanizada. Además, el manejo adecuado del suelo; la aplicación de fertirriego y la adecuada asistencia técnica a los pequeños productores son factores

que podrían incrementar la productividad.

Si bien aumentarían los costos de producción, también el rendimiento, con efectos positivos en el ambiente. Por otro lado, el uso de los efluentes de las fábricas, como la vinaza, para la obtención de coproductos puede al tiempo de evitar la contaminación de suelo y agua; generar ingresos con el consiguiente efecto positivo en la eficiencia y costos.

La implementación de políticas públicas que prioricen el desarrollo de los biocombustibles; incluyan el fortalecimiento de capacidades del sector cañero de pequeños productores a través de la capacitación, la asistencia técnica y la transferencia de tecnología, el apoyo a la organización de productores de caña de azúcar y estrategias de fomento que contemplen créditos producirían un impacto positivo en la productividad de materias primas.

En cuanto a la producción de maíz; en los últimos años, desde la adopción de biotecnología agrícola, la productividad mejoró; este incremento de rendimiento proporcionado por la biotecnología dio paso al proceso de mayor industrialización del país, debido a que el volumen de producción comenzó a ser importante y sostenible, garantizando el agregado de valor, a través de la conversión de proteína vegetal en producción animal como carnes (vacuno, porcino, avícola); leche; huevos; e incluso en energía como etanol.

Debido a la existencia de plantas que se dedican exclusivamente a la producción de etanol de caña, lo cual genera estacionalidad de la producción y a empresas, que si bien poseen una producción diversificada pero poco eficiente; se podrían verificar procesos industriales destinados a diversificar la producción de forma eficiente y a un aumento en el producto final obtenido versus materia prima empleada.

Este cambio incidirá de forma positiva en la medición del indicador; lo cual se verá reflejado en el aumento de la eficiencia de la producción, específicamente, del etanol de maíz según la planta industrial que se considere; ya que esta variación en la forma de producción llevo a la mesa multisectorial a tomar un valor promedio de producción lo que refleja la potencialidad del sector y la dependencia tecnológica de los niveles de producción.

CUADRO 72
RESUMEN DE RESULTADOS PARA EL INDICADOR 17

	Subindicador	Valor	Unidad de medida
CAÑA DE AZÚCAR	17.1	55,9	t/ha/año
	17.2	65	litros/t
	17.2	1 369,31	MJ/t
	17.3	76 544	MJ/ha/año
	17.4	0,023-0,027	USD/MJ
MAÍZ	17.1	4,22	t/ha/año
	17.2	350	litros/t
	17.2	7 373,21	MJ/t
	17.3	31 115	MJ/ha/año
	17.4	0,023-0,027	USD/MJ
BIOMASA FORESTAL PARA ENERGÍA (BOSQUES PRODUCTIVOS MANEJADOS)	17.1	0,88-2,14	t/ha/año
	17.2	15 000	MJ/t
	17.3	13 200-32 100	MJ/ha/año
	17.4	30-45	USD/t
	17.4	0,002 - 0,003	USD/MJ
BIOMASA FORESTAL PARA ENERGÍA (PLANTACIONES FORESTALES DE <i>EUCALYPTUS SPP.</i>)	17.1	6,75 – 8,1	t/ha
	17.2 (CHIPS)	21 000	MJ/t
	17.3 (CHIPS)	141 750-170 100	MJ/ha
	17.4 (CHIPS)	70	USD/t
	17.4 (CHIPS)	0,0021-0,0026	USD/MJ

En cuanto a la biomasa forestal se debería, desde las políticas públicas, formalizar el mercado; los registros de ventas; y realizar un mejor seguimiento, de modo a sistematizar los datos e informaciones del sector. La situación del país en cuanto a la provisión de biomasa para energía es crítica; existe una diferencia significativa al contrastar los valores de biomasa para energía de origen renovable y la demanda.

Considerando la importancia de la biomasa forestal para fines energéticos, la situación actual en cuanto a disponibilidad total de biomasa forestal y la oferta estimada de biomasa forestal en el marco de sistemas sostenibles, todo esfuerzo para: disminuir la deforestación, aumentar la cobertura de plantaciones forestales, generar resultados de investigaciones e inversiones en el sector forestal y energético, son importantes.

Finalmente se debe considerar que la producción y utilización de biocombustibles contribuye a la diversificación energética por lo que debe ser evaluada la contribución de la bioenergía en garantizar la seguridad energética.

Monitoreo del indicador en el futuro

Si bien algunos datos considerados se basan en fuentes secundarias, por la DCEA/MAG, por otras instituciones y gremios del sector; es necesario complementar las informaciones y datos relacionados a la productividad de materia prima utilizada para etanol como así también la productividad en las industrias procesadoras de etanol.

En el caso de datos e informaciones de cultivos de caña de azúcar y maíz, sería conveniente generar resultados actualizados con datos geoespaciales (mapas temáticos), para poder

realizar la triangulación de datos de campo y la generación de resultados más precisos.

La información sobre biomasa forestal se encuentra dispersa y es necesario aunar esfuerzos para actualizar los datos e informaciones. De igual manera, se necesita mayor nivel de detalle y precisión de las informaciones; así como en los datos relacionados a productividad de biomasa forestal de bosques nativos y plantaciones.

Como se ha observado falta de registros, estadísticas de bioenergía, manejo de datos históricos y disponibilidad de datos de producción de todo el ciclo de vida; se recomienda sistematizar la información de forma a unificar la misma y garantizar el seguimiento de los indicadores; así como, fomentar investigaciones y generación de datos

relacionados al sector. Asimismo, incrementar la capacidad de los Ministerios de Agricultura y Ganadería; de Industria y Comercio y del Instituto Forestal Nacional, para el seguimiento de los mismos.

Debido a la falta de apertura de las empresas se recomienda realizar alianzas estratégicas de colaboración con las empresas del sector energético; instituciones públicas y centros de excelencia. Y en ese sentido elaborar una normativa nacional que incentive a las instituciones privadas a proveer los datos necesarios para una evaluación de sostenibilidad.

Desarrollar buenas prácticas de producción orientadas a mejorar la sostenibilidad; con el consecuente aumento de la eficiencia y reducir los costos de producción de materia prima y de procesamiento.

REFERENCIAS

BCP sitio web (Banco Central del Paraguay).

Variación del dólar a guaraníes año 2016.
Disponible en: <https://www.bcp.gov.py/>
(Acceso: junio 2017)

BID (Banco Interamericano de Desarrollo),

2008. Herramientas para mejorar la efectividad del mercado de combustibles de madera en la economía rural: Informe diagnóstico Paraguay. Financiado por el Fondo Fiduciario Austriaco para la Cooperación Técnica.

GIZ y VMME, 2011. Situación de energías

renovables en el Paraguay. Disponible en <http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/libroenergia.pdf>.

IICA, 2016. El Observatorio: Caña de azúcar.

Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/cana.htm>. El Observatorio:

Maíz. Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/maiz.htm> (Acceso: junio 2017)

Neufeld, F., 2007. Determinación de la biomasa aérea total y por especie del bosque nativo del Chaco Central. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

UCA, 2017. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Entrevistas a cuatro industrias

procesadoras de caña de azúcar y maíz, y a productores de ambos rubros agrícolas.

Reuniones con entes públicos: Instituto Forestal Nacional (INFONA), Ministerio de Industria y Comercio (MIC), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y Secretaría del Ambiente (SEAM). Fecha de aplicación de la encuesta: abril 2017.

Vallejos, V., 2007. Incremento volumétrico de especies nativas comerciales en parcelas de muestreo de un bosque nativo degradado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

4.18 INDICADOR 18: BALANCE NETO DE ENERGÍA

Subindicador 18.1: **Pozzo Héctor A. Corvalán**^{1,2}

Subindicadores 18.2 – 18.3 y 18.4: **Sebastian Denis Camp**³

¹Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (ADIFCA).

²Área Tecnología e Industrias/FCA – Universidad Nacional de Asunción

³Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Católica

“Nuestra Señora de la Asunción” (UCA).

DESCRIPCIÓN:

Ratio de energía de la cadena de valor de la bioenergía en comparación con otras fuentes de energía, incluyendo ratios de energía de:

(18.1) Producción de materia prima.

(18.2) Procesamiento de materia prima para la obtención de bioenergía.

(18.3) Uso de la bioenergía; y/o

(18.4) Análisis del ciclo de vida

UNIDADES DE MEDIDA:

(18.1) Ratio

(18.2) Ratio

(18.3) Ratio

(18.4) Ratio

4.18.1 Implementación del indicador 18 en Paraguay

Para calcular el subindicador 18.1 se tuvo en cuenta el gasto de energía utilizado en la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), maíz (*Zea mays*) y biomasa forestal proveniente de plantaciones, principalmente de *Eucalyptus* spp. Con respecto al cultivo de caña de azúcar, se consideraron dos escenarios, por un lado, al productor de pequeña escala (PE), y por el otro, al productor de media a gran escala (MGE),

para el análisis de cultivo de maíz, se consideró el sistema de producción entre zafra o zafriña y con relación a la biomasa forestal se consideraron las plantaciones de eucalipto con fines energéticos.

Este estudio incluye el balance neto energético para la producción de materias primas como la caña de azúcar, el maíz y la biomasa forestal con fines energéticos. Para obtener el indicador se consideraron todos los insumos utilizados en la producción de las materias primas citadas. El transporte de los insumos y de la materia prima se consideró dentro la finca, por lo que su efecto es cero.

La metodología adoptada para la implementación del indicador 18.1 consistió en calcular el ratio que relaciona la energía contenida en las materias primas y la energía utilizada para la producción de las mismas. El indicador de balance neto de energía se construyó de la siguiente forma:

$$\frac{ECMP}{CET} = \frac{RMP * VE}{CET}$$

Donde:

ECMP = Energía Contenida en la Materia Prima (en Mega Joule por hectárea);

CET = Consumo de Energía Total (en Mega Joule por hectárea);

RMP = Rendimiento de la Materia Prima (en tonelada por hectárea); y

VE = Valor Energético de la materia prima (en Mega Joule por tonelada).

Para calcular el subindicador 18.2 los datos del proceso productivo fueron proporcionados por una empresa productora de etanol de caña y maíz y una del sector maderero productora de chips de eucalipto, que conformaban la mesa de trabajo y a las cuales se ha tenido acceso y que se consideran representativas del sector.

En base a estos datos se desarrollan los subindicadores 18.2 y 18.4 conforme a los insumos utilizados exclusivamente por las mismas, si bien existen otras empresas que emplean otros tipos de materia prima para el desarrollo de sus productos. Así también es importante resaltar que existe diversidad en los procesos de las diferentes plantas lo que implica que los procesos sean poco eficientes, debiéndose

emplear biomasa forestal y energía eléctrica de la red. En Paraguay las plantas no cogeneran electricidad para ser vendida a la red.

Las distancias promedio para el proceso de distribución fueron calculadas a partir de la técnica de centro de gravedad, considerando las distancias de las plantas productoras a las terminales de mezclado y desde las terminales de mezclado a los principales centros urbanos de distribución donde se concentra el consumo de los combustibles.

Conforme a la metodología de la GBEP (FAO, 2011a), se ha definido para cada indicador de forma a determinar los ratios en el Balance Neto de Energía (BNE), utilizándose como unidad de medida:

- BNE = Salida de Energía / Entrada de Energía , en cada fase analizada

4.18.2 Resultados claves

Subindicador 18.1

El sistema de producción de caña de azúcar utilizado por el productor de pequeña escala es el convencional tradicional, el cual se caracteriza por ser intensivo en la utilización de mano de obra, con un rendimiento de 40 t/ha. Por otro lado, el sistema utilizado por el productor de media a gran escala es el convencional, que tiene un mayor nivel de mecanización e insumos, con un rendimiento de 65 t/ha. En ambos casos, la humedad de la caña de azúcar fue del 70%. De acuerdo a los pequeños productores, el consumo de combustible en la producción es mínimo y se encuentra en 1,7 L/ha, mientras que, para los medianos y grandes productores es 73 L/ha, donde esta cantidad se distribuye en labores de arada, encalado, rastreada, fertilización, subsolado, plantación, aplicación de defensivos, cosecha y otras.

De acuerdo a lo observado en las visitas realizadas, la tecnología utilizada para la producción de maíz entre zafra es el sistema de siembra directa, en este sistema de producción se ahorra la utilización de mano de obra en comparación con el sistema convencional. Según los productores entrevistados, en la fase agrícola las labores como siembra, fertilización,

fumigación y cosecha, están asociadas al consumo de combustible diésel con un promedio de 125 L/ha. Con esta tecnología, el rendimiento promedio observado del cultivo fue de 4,2 t/ha, con una humedad del 12%.

El sistema de producción de la biomasa forestal con fines energéticos también se caracteriza por su alto nivel de mecanización. Éste sistema garantiza un rendimiento de 193 m³/ha, en un ciclo de siete años de crecimiento de la especie, considerando que se utiliza como fuente de energía el 36% del total del árbol para leña y un factor de conversión de m³ a toneladas de 0,75, obtenemos un valor de rendimiento de 52 t/ha en promedio. Las empresas dedicadas a las plantaciones forestales tienen un consumo de combustible de 397 L/ha, donde las labores principales son drenaje, caminos, rastreada, subsolado, fertilización, plantación, aplicación de defensivos, mantenimiento y cosecha.

El consumo de combustible por cada labor realizada para cada uno de los rubros estudiados se puede apreciar en el **Cuadro 73**.

El gasto energético por insumo para la producción de maíz entre zafra, caña de azúcar de pequeña escala, caña de azúcar de media a gran escala y biomasa forestal por unidad de superficie se observa en el **Cuadro 74**.

El consumo total de energía por hectárea para la producción de maíz entre zafra fue de 28 970 MJ. El consumo de energía por hectárea para la producción de caña de azúcar de pequeña escala y de media a gran escala fue 3 017 MJ y 14 471 MJ, respectivamente. La diferencia se encuentra básicamente por el nivel de mecanización y los insumos utilizados que en orden de importancia son fertilizante, combustible, defensivos, encalado y esqueje.

Por último, el total de energía por hectárea para las plantaciones forestales fue 33 200 MJ, con una participación relativa en orden de importancia de combustible, fertilizante, defensivos, encalado y semilla.

CUADRO 73
CONSUMO DE COMBUSTIBLE, POR CADA LABOR, POR RUBRO, POR CICLO Y POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Labor	Consumo de combustible (L/ha)			
	Maíz	Caña de azúcar		Biomasa forestal
		PE	MGE	
DRENAJE	-----	-----	-----	12
CAMINO	-----	-----	-----	10
ARADA	-----	1	2	-----
ENCALADO	-----	-----	1,4	-----
RASTREADA	-----	0,7	1,6	98
SUBSOLADO	-----	-----	2	18
SIEMBRA + FERTILIZACIÓN	22	-----	9,4	-----
FERTILIZACIÓN DE COBERTURA	18	-----	-----	-----
APLICACIÓN DE DESECANTE + INSECTICIDA	18	-----	7	-----
CUIDADOS CULTURALES	-----	-----	14	72
APLICACIÓN DE DEFENSIVOS	36	-----	-----	27
MANTENIMIENTO DE RED DE CAMINOS Y BARRERA CORTA FUEGOS	-----	-----	-----	90
COSECHA	30	-----	29	70
OTROS. TRANSPORTE	1	-----	6,6	-----
TOTAL	125	1,7	73	397

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (ADIFCA, 2017)

CUADRO 74
ENERGÍA CONSUMIDA, POR INSUMO UTILIZADO, POR RUBRO Y POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Insumo	Energía consumida (MJ)			
	Maíz	Caña de azúcar		Biomasa de eucalipto
		PE	MGE	
SEMILLA	2 000	-----	-----	-----
ESQUEJE	-----	782	591	-----
PLANTÍN	-----	-----	-----	85
COMBUSTIBLE	4 875	66,3	2 847	15 483
ACEITE LUBRICANTE	195	39	117	312
CAL AGRÍCOLA	-----	-----	1 200	-----
HERBICIDA	1 032	0,7	1 500	2 310
INSECTICIDA	1 182	-----	-----	30
FERTILIZANTE	17 000	-----	11 000	13 000
MANO DE OBRA	54	1 929,6	216	1 980
SECADO	2 100	-----	-----	-----
BUEY	-----	200	-----	-----
TOTAL	28 970	3 017,1	17 471	33 200

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (ADIFCA, 2017)

Con toda la información recabada de fuentes secundaria y primaria, además de los resultados determinados para cada uno de los rubros mencionados se procedió al cálculo de ratios, donde por un lado, se obtuvo el valor de la energía contenida en la materia prima y por el otro, el valor de consumo de energía total (**Cuadro 75**).

En la última columna de el **Cuadro 75**, se observan los ratios calculados para cada una de las materias primas. Para la caña de azúcar de pequeña escala, la caña de azúcar de media a gran escala, el maíz entre zafra y la biomasa forestal con fines energéticos (eucalipto) fueron 77,96, 21,88, 2,21 y 29,4, respectivamente.

CUADRO 75

CÁLCULO DE RATIOS

Materia Prima	ECMP (MJ/ha)				CET (MJ/ha)	Ratio (ECMP/CET)
	RMP ¹ (t/ha)	RMP ² (t/ha)	VE (MJ/t)	Total ECMP (MJ/ha)		
CAÑA DE AZÚCAR (PE)	40	12,0	19 600	235 200	3 017	77,96
CAÑA DE AZÚCAR (MGE)	65	19,5	19 600	382 200	17 471	21,88
MAÍZ	4,2	3,7	17 300	64 010	28 970	2,21
BIOMASA DE EUCALIPTO	-----	52	18 800	977 600	33 200	29,4

¹Rendimiento de materia prima con humedad

² Rendimiento de materia prima sin humedad

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (ADIFCA, 2017)

Subindicador 18.2

a. Etanol de caña de azúcar

El balance de energía para el proceso productivo de etanol a partir de caña, se observa en el **Cuadro 78**, las entradas corresponden a caña de azúcar, ácido sulfúrico, óxido de calcio, energía eléctrica, vapor a partir de biomasa y agua. Las salidas son etanol, siendo este el principal producto, la vinaza y el bagazo, que se emplea en calderas.

Teniendo en cuenta que la biomasa generada en el proceso de producción de etanol es empleada para su totalidad en la generación de energía en calderas, lo que permite una generación autónoma de energía para el proceso productivo se obtiene el **Cuadro 78**, en la misma se observa el balance de energía considerando el proceso productivo, producto y subproductos.

Los cálculos se han desarrollado en base a kg de caña y kg de etanol de caña de azúcar.

Para el cálculo de la energía en MJ/kg de etanol, se ha considerado el factor energía fósil 4,3 MJ/kg para el ácido sulfúrico, el óxido

de calcio 0,519 MJ/kg en su reacción con agua, energía hidroeléctrica que proviene de la red para el funcionamiento de maquinarias, vapor a partir de biomasa que para la caña de azúcar representa el bagazo con una capacidad de 2,5 kg de vapor por kg de bagazo, para el etanol se consideraron 27 600 MJ/t de etanol y para la vinaza se consideró la energía necesaria para el tratamiento de la misma como efluente.

Conforme a estas premisas, se observa en el **Cuadro 76** que el ácido sulfúrico, el óxido de calcio la energía eléctrica, el vapor a partir de biomasa, representan en entrada, 3,89 MJ/kg de etanol. Por otra parte, el etanol, la vinaza y el bagazo, representan en salida, 44,54 MJ/kg de etanol.

Lo cual finalmente genera un ratio para el proceso de producción de 7,10 considerando únicamente la energía del etanol producido.

La energía empleada para el proceso de distribución de etanol a partir de caña, se observa en el **Cuadro 77** y el **Cuadro 78**, donde se ha considerado la distancia promedio en km de los centros de producción a las terminales

y de las terminales a los principales centros de distribución (Estaciones de Servicios EE.SS.) conforme al consumo de gasolina

respectivamente, para ambos casos el tipo de vehículo, la capacidad, el tipo de combustible y el consumo de combustible por km es el mismo.

CUADRO 76
EL BALANCE DE ENERGÍA PARA EL PROCESO PRODUCTIVO DE ETANOL A PARTIR DE CAÑA

ETANOL DE CAÑA DE AZÚCAR	Datos de apoyo	MJ/kg de etanol
CICLO DE PRODUCCIÓN		
ENTRADAS		
CAÑA DE AZÚCAR	19.5 kg DE CAÑA/kg DE ETANOL	
ÁCIDO SULFÚRICO	0,0191 kg/kg DE ETANOL	0,08213
OXIDO DE CALCIO	0,0177 kg/kg DE ETANOL	0,0091
ENERGÍA		
HIDROELÉCTRICA	0,127 kWh/kg DE ETANOL	0,4572
VAPOR A PARTIR DE BIOMASA	BAGAZO (U.R. = 48-50%) EFICIENCIA TÉRMICA 70%	3,34
AGUA	5 L/kg DE ETANOL	
SALIDAS		
ETANOL	0,0513 kg DE ETANOL/kg DE CAÑA	27,6
VINAZA	0,91 kg/kg DE CAÑA	5,8
BAGAZO (50-48% DE HUMEDAD)	0,320 kg/kg DE CAÑA	11,14
BALANCE NETO DE ENERGÍA (SALIDAS-ENTRADAS)		23,71

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

CUADRO 77
DISTRIBUCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR – TRASPORTE DE ETANOL A TERMINALES

ETANOL DE CAÑA DE AZÚCAR	
Trasporte de Etanol a terminales	
DISTANCIA TOTAL ¹ (km)	470
TIPO DE VEHÍCULO	CISTERNA
CAPACIDAD (L)	30 000
TIPO DE COMBUSTIBLE	DIÉSEL
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/km)	0,3-0,45
CONSUMO TOTAL (L)	176
L DE DIÉSEL/kg DE ETANOL	0,007
MJ/kg DE ETANOL	0,29

¹ Ida y vuelta

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

CUADRO 78

DISTRIBUCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR – TRASPORTE DE ETANOL A LAS EE.SS.

ETANOL DE CAÑA DE AZÚCAR	
Trasporte de etanol a las EE.SS.	
DISTANCIA TOTAL ¹ (km)	326
TIPO DE VEHÍCULO	CISTERNA
CAPACIDAD (L)	30 000
TIPO DE COMBUSTIBLE	DIÉSEL
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/km)	0,3-0,45
CONSUMO TOTAL (L)	122
L DE DIÉSEL/kg DE ETANOL	0,005
MJ/kg DE ETANOL	0,20

¹ Ida y vuelta

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

Por lo tanto, se calcula para el transporte a terminales un consumo total de combustible de 176 litros, lo que representa 0,007 litros de diésel por kg de etanol transportado y lo cual representa finalmente considerando 39 MJ por litro de diésel, 0,29 MJ/kg de etanol transportado a terminales.

Así también se calcula para el transporte a las EE.SS. un consumo total de combustible de 122 litros, lo que representa 0,005 litros de diésel por kg de etanol transportado y lo cual representa finalmente considerando 39 MJ por litro de diésel, 0,20 MJ/kg de etanol transportado a terminales.

b. Etanol de maíz

El balance de energía para el proceso productivo de etanol a partir de maíz, se observa en el **Cuadro 79**, las entradas corresponden a maíz, α -amylase, gluco-amylase, energía eléctrica, vapor a partir de biomasa y agua. Las salidas son etanol, siendo este el principal producto, DDGS y WDGS.

Los cálculos se han desarrollado en base a kg de maíz y kg de etanol de maíz.

Para el cálculo de la energía en MJ/kg de etanol, se ha considerado el factor energía fósil, 15 y 87 MJ/kg para α -amylase y gluco-amylase, energía hidroeléctrica que proviene de la red para el funcionamiento de maquinarias, vapor a partir de biomasa siendo el bagazo

con una capacidad de 2,5 kg de vapor por kg de bagazo en temporada de caña y leña con una capacidad de 3 kg de vapor por kg de leña, para el etanol se consideraron 27 600 MJ/t de etanol y para DDGS y WDGS se han considerado sus propios contenidos energéticos en base a los datos del indicador 1.

Se puede observar en el **Cuadro 79**, que en el almacenamiento se emplean 0,0000085 MJ/kg de etanol y 1,9 MJ/kg de etanol para el transporte a los silos y al secado de maíz, respectivamente, el vapor proveniente de biomasa, representan, 7,41 MJ/kg de etanol.

Por otra parte, el DDGS y WDGS, que se venden como alimento para el engorde de aves, ganado vacuno, equino y porcino, representan en salida 20,45 MJ/kg de etanol.

Lo cual finalmente genera un ratio para el proceso de producción de 3,72 considerando únicamente la energía del etanol producido.

La energía empleada para el proceso de distribución de etanol a partir de maíz, se observa en el **Cuadro 80** y el **Cuadro 81**, donde se ha considerado la distancia promedio en km de los centros de producción a las terminales y de las terminales a los principales centros de distribución (EE.SS.) conforme al consumo de gasolina respectivamente, para ambos casos el tipo de vehículo, la capacidad, el tipo de combustible y el consumo de combustible por km es el mismo.

CUADRO 79
EL PROCESO PRODUCTIVO DE ETANOL A PARTIR DE MAÍZ

ETANOL DE MAÍZ	Datos de apoyo	MJ/kg de etanol
Almacenamiento - Silos		
TRANSPORTE - HIDROELÉCTRICA	0,0000023 MJ/kg DE MAÍZ	0,0000085
SECADO - BIOMASA	0,55 MJ/kg DE MAÍZ	1,9
CICLO DE PRODUCCIÓN		
ENTRADAS		
MAÍZ	3,62 kg DE MAÍZ/kg DE ETANOL; LHV OF MAÍZ 0% UR = 17,3 MJ/kg	
ALPHA-AMYLASE	0,0008 kg/kg DE ETANOL	0,012
GLUCO-AMYLASE	0,0011 kg/kg DE ETANOL	0,0957
ENERGÍA		
HIDROELÉCTRICA	0,118 kWh/kg DE ETANOL	0,4248
VAPOR A PARTIR DE BIOMASA	BAGAZO/LEÑA	4,98
AGUA	13 L/kg DE ETANOL	
Salidas		
ETANOL	0,276 kg DE ETANOL/kg DE MAÍZ	27,6
DDGS 10% HUMEDAD	0,15 kg/kg DE MAÍZ	15,04
WDGS 60% HUMEDAD	0,35 kg/kg DE MAÍZ	5,41
BALANCE NETO DE ENERGÍA (SALIDAS-ENTRADAS)		20,19

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

CUADRO 80
DISTRIBUCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MAÍZ – TRANSPORTE DE ETANOL A TERMINALES

ETANOL DE MAÍZ	
Transporte de etanol a terminales	
DISTANCIA TOTAL ¹ (km)	706
TIPO DE VEHÍCULO	CISTERNA
CAPACIDAD (L)	30 000
TIPO DE COMBUSTIBLE	DIÉSEL
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/km)	0,3-0,45
CONSUMO TOTAL (L)	265
L DE DIÉSEL/kg DE ETANOL	0,011
MJ/kg DE ETANOL	0,44

¹ Ida y vuelta

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

CUADRO 81**DISTRIBUCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MAÍZ – TRASPORTE DE ETANOL A LA EE.SS.**

ETANOL DE MAÍZ	
Trasporte de etanol a las EE.SS.	
DISTANCIA TOTAL ¹ (km)	326
TIPO DE VEHÍCULO	CISTERNA
CAPACIDAD (L)	30 000
TIPO DE COMBUSTIBLE	DIÉSEL
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/km)	0,3-0,45
CONSUMO TOTAL (L)	122
L DE DIÉSEL/kg DE ETANOL	0,005
MJ/kg DE ETANOL	0,20

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

Por lo tanto, se calcula para el transporte a terminales un consumo total de combustible de 265 litros, lo que representa 0,011 litros de diésel por kg de etanol transportado y lo cual representa finalmente considerando 39 MJ por litro de diésel, 0,44 MJ/kg de etanol transportado a terminales. Así también se calcula para el transporte a las EE.SS. un consumo total de combustible de 122 litros, lo que representa 0,005 litros de diésel por kg de etanol transportado y lo cual representa finalmente considerando 39 MJ por litro de diésel, 0,20 MJ/kg de etanol transportado a los principales centros de distribución.

c. Biomasa para energía

El balance de energía para el proceso productivo de biomasa a partir de chips de eucalipto, se observa en el **Cuadro 82**, las entradas corresponden a eucalipto, picadoras, chipeadoras y excavadoras. Las salidas son chips de eucalipto.

Los cálculos se han desarrollado en base a kg de eucalipto y kg de chips de eucalipto. Para el cálculo de la energía en MJ/kg de chips se consideraron 21 000 MJ/t de eucalipto. Conforme a estas premisas, se observa en el **Cuadro 82** que el eucalipto, las picadoras, las chipeadoras y excavadoras, representan en entrada,

CUADRO 82**EL PROCESO PRODUCTIVO DE BIOMASA A PARTIR DE CHIPS DE EUCALIPTO**

BIOMASA - CHIPS	Datos de apoyo	MJ/kg de chip
CICLO DE PRODUCCIÓN		
ENTRADAS		
EUCALIPTO	1 kg	
PICADORAS	0,001 LITROS DE DIÉSEL/kg DE CHIPS	0,039
CHIPEADORAS	0,001 LITROS DE DIÉSEL/kg DE CHIPS	0,039
EXCAVADORA	0,0016 LITROS DE DIÉSEL/kg DE CHIPS	0,0624
SALIDAS		
CHIPS	1 kg	21
BALANCE DE ENERGÍA (SALIDAS-ENTRADAS)		20,86

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

CUADRO 83
DISTRIBUCIÓN DE CHIPS DE EUCALIPTO

BIOMASA - CHIPS DE EUCALIPTO	
Trasporte de chips a clientes	
DISTANCIA ¹ (km)	60
TIPO DE VEHÍCULO	TRES EJES-BAÚLES
CAPACIDAD (kg)	40 000
TIPO DE COMBUSTIBLE	DIÉSEL
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/km)	0,40-0,50
CONSUMO TOTAL (L)	27
L DE DIÉSEL/kg DE CHIPS	0,0007
MJ/KG DE CHIPS	0,026

¹ Ida y vuelta

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

0,1404 MJ/kg de chip. Por otra parte, los chips de eucalipto, representan en salida, 21 MJ/kg de chip. Lo cual finalmente genera un ratio para el proceso de producción de 149,57.

La energía empleada para el proceso de distribución de chips de eucalipto, se observa en el **Cuadro 83**, donde se ha considerado la distancia promedio en km de los centros de producción a las plantas industriales (clientes) que lo utilizan conforme al consumo de gasolina, se considera el tipo de vehículo, la capacidad, el tipo de combustible y el consumo de combustible por km.

Por lo tanto, se calcula para el transporte a terminales un consumo total de combustible de 27 litros, lo que representa 0,0007 litros de diésel por kg de chip de eucalipto transportado, lo cual representa finalmente considerando 39 MJ por litro de diésel, 0,026 MJ/kg de chips transportados a clientes.

Subindicador 18.3

El etanol producido a partir de caña de azúcar, así como de maíz se emplea como mezcla para las gasolinas 85, 90 y 95, según la legislación actual hasta un 25%, para el combustible E-85, un 85%, siendo este alcohol anhidro y el alcohol carburante o etanol hidratado se utiliza al 100%.

En el Paraguay existen dos tipos de vehículos *Flex Fuel*. El primer tipo y más importante, es el vehículo *Flex Fuel* fabricado en el Brasil, que puede utilizar etanol hidratado o alcohol

carburante, además de los otros tipos de combustibles que estén formulados a base de gasolina y/o etanol anhidro, como ser: naftas de 85, 90, 95 y 97 octanos, E-85.

El segundo tipo de vehículo *Flex Fuel* es el que se importa de EE.UU. o Europa en condición de usado. En estos países, el vehículo *Flex* utiliza como combustible el E-85 que lleva en su formulación 85% de etanol anhidro (el mismo que se mezcla con las gasolinas). Se podría decir que las gasolinas son E-25 y éste combustibles E-85.

La producción local es demandada en gran parte por el parque automotor, conforme a los datos provistos por la Dirección General de Combustibles del Ministerio de Industria y Comercio; a partir de la demanda total de combustibles por departamentos, se desarrolla el **Cuadro 84**. En la misma se ha calculado en base al porcentaje que representan dentro de las gasolinas, el total de etanol anhidro presente en las mismas y como punto de referencia se considera el consumo total de gasolina y diésel, para realizar una comparación y concluir que el bioetanol representa un 10% del consumo total de combustibles. Los chips de eucalipto son utilizados como biomasa en calderas para la producción de vapor principalmente conforme se ha recabado de fuentes primarias, en base a lista de clientes.

No se dispone de información sobre la eficiencia de la combustión del etanol y sus mezclas en el parque automotor a gasolina o *flex*

CUADRO 84

CONSUMO DE GASOLINA POR DEPARTAMENTO, 2016

CONSUMO DE GASOLINA POR DEPARTAMENTO 2016									
Departamento	Gasolina sin plomo 85	Etanol Anhidro 25%	Gasolina sin plomo 90	Etanol anhidro 25%	Gasolina sin plomo 95	Etanol anhidro 25%	Combustible E-85	Etanol anhidro 85%	Alcohol carburante
Central	95 890 181	23 972 545	149 734 450	37 433 613	102 690 873	25 672 718	5 605 570	4 764 735	3 441 230
Capital	18 778 523	4 694 631	68 306 785	17 076 696	60 630 122	15 157 531	3 533 136	3 003 166	4 686 375
Alto paraná	65 808 422	16 450 856	40 997 989	10 244 497	19 243 387	4 810 847	613 800	521 730	5 009 390
Itapúa	30 583 783	7 645 946	16 947 840	4 236 960	10 928 521	2 732 130	337 700	287 045	460 700
Caaguazu	20 049 304	5 012 326	27 129 436	6 782 359	6 905 530	1 726 383	193 600	164 560	431 400
San Pedro	21 082 945	5 270 736	18 436 201	4 609 050	3 515 830	878 958	177 600	150 960	224 100
Amambay	25 018 446	6 254 612	5 566 100	1 391 525	4 216 029	1 504 007	0	0	2 330 400
Caniduyu	27 249 268	6 812 317	3 803 402	950 851	2 357 804	589 451	0	0	2 183 400
Cordillera	9 576 235	2 394 059	12 770 083	3 192 521	5 970 342	1 492 586	203 800	173 230	38 900
Concepción	10 317 896	2 579 474	15 665 095	3 916 274	2 424 758	606 190	151 300	128 605	216 300
Guaira	10 848 047	2 712 012	7 352 949	1 838 237	3 713 980	928 495	117 000	99 450	147 400
Paraguari	7 252 963	1 813 241	8 074 156	2 018 539	4 264 463	1 066 116	108 500	92 225	146 200
Misiones	5 847 886	1 461 972	7 107 455	1 776 864	3 468 948	867 237	171 700	142 945	123 900
Boquerón	5 128 768	1 282 192	4 386 118	1 096 530	2 366 721	591 680	63 100	53 635	143 000
Caazapa	3 678 690	919 673	5 773 598	1 443 400	1 004 296	251 074	0	0	0
Pte. Hayes	2 416 609	604 152	2 947 949	736 987	2 485 485	621 371	64 100	54 485	86 400
Ñeembucu	895 215	223 804	4 558 509	1 139 627	1 300 486	325 122	8 100	6 885	0
Alto Paraguay	1 113 810	278 453	908 500	227 125	122 000	30 500	27 000	22 950	5000
TOTAL	361 531 991	90 382 998	400 446 615	100 111 654	237 609 575	59 402 394	11 376 006	9 669 605	19 674 095
TOTAL GASOLINA	1 030 638 282								
TOTAL ETANOL ANHIDRO	295 566 650								
TOTAL DIESEL	1 582 491 040								
TOTAL CONSUMO	2 613 129 322								
PARTICIPACIÓN DEL ETANOL ANHIDRO	10%								

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Industria y Comercio (MIC, 2016)

en el Paraguay. Sin embargo, el etanol anhidro es un componente fundamental en la formulación de las gasolinas comercializadas, por lo cual su uso está dado no en función de la eficiencia sino con el propósito de dar cumplimiento a las EE. SS. de las gasolinas, en especial el valor mínimo de RON en las mismas.

Respecto a los vehículos *flex*, como éstos son de origen brasilero mayoritariamente, se aplica el concepto general que el consumo se incrementa

en un 25-30% en comparación con la gasolina, aunque a cambio se obtiene mayor torque y potencia en el motor.

Subindicador 18.4

a. Etanol de caña de azúcar

El Balance Neto de Energía para todo el ciclo de vida que a continuación se presenta para

el etanol de caña y de maíz y para chips de eucalipto se desarrolla a partir de los datos de los subindicadores 18.1 y 18.2.

En los siguientes cuadros se presentan los datos referentes al Energía Contendida en la Materia Prima (ECMP), Consumo de Energía Total para la producción de la materia prima (CET), energía producida y energía empleada en la producción, energía empleada en la distribución de etanol de forma a calcular el balance de energía y el ratio en todo el ciclo de vida.

Para calcular el Balance Neto de energía y el ratio en todo el ciclo de vida, se consideró la energía producida vs el total de le

energía empleada. La unidad de medida empleada es MJ/kg.

En el **Cuadro 85**, se observan los datos referentes al etanol de caña primeramente para grandes productores (MGE) y luego para pequeños productores (PE), donde la energía de etanol producida en el proceso productivo es de 27,6 MJ/kg de etanol, el total de energía empleada en todo el ciclo de vida es de 5,22 MJ/kg de etanol y 4,57 MJ/kg de etanol, para la caña de azúcar a MGE y PE, respectivamente, lo que genera como resultado para el balance de energía en todo el ciclo de vida 22,38 MJ/kg de etanol y 23,03 MJ/kg de etanol, obteniéndose ratios de 5,29 y 6,04.

CUADRO 85

BALANCE NETO DE ENERGÍA Y RATIO EN TODO EL CICLO DE VIDA DE ETANOL DE CAÑA DE AZÚCAR

	Caña de azúcar MGE	Caña de azúcar PE
Producción de materia prima		
ENERGÍA CONTENIDA EN LA MATERIA PRIMA (ECMP - MJ/kg)	19,60	19,60
CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL (CET) PARA LA PRODUCCIÓN DE LA MATERIA PRIMA (MJ/kg)	0,90	0,25
BALANCE DE ENERGÍA (MJ/kg)	18,70	19,35
INDICADOR 18.1 (RATIO)	21,78	78,40
Procesamiento de la materia prima		
ENERGÍA DE ETANOL PRODUCIDA (MJ/kg)	27,6	27,6
ENERGÍA RECUPERADA Y EMPLEADA EN LA PRODUCCIÓN (VINAZA Y BAGAZO - MJ/kg)	16,94	16,94
ENERGÍA EMPLEADA EN LA PRODUCCIÓN (MJ/kg)	3,89	3,89
BALANCE DE ENERGÍA (MJ/kg)	23,77	23,77
INDICADOR 18.2 (RATIO)	7,10	7,10
ENERGÍA EMPLEADA EN EL TRASPORTE DE LOS CENTROS DE PRODUCCIÓN A LAS TERMINALES Y DE LAS TERMINALES A LOS PRINCIPALES CENTROS DE DISTRIBUCIÓN (MJ/kg)	0,49	0,49
Ciclo de vida		
TOTAL DE ENERGÍA EMPLEADA (MJ/kg)	5,22	4,57
BALANCE DE ENERGÍA EN TODO EL CICLO DE VIDA (MJ/kg)	22,38	23,03
INDICADOR 18.4 (RATIO)	5,29	6,04

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

b. Etanol de maíz

A continuación, en el **Cuadro 86** se observan los datos referentes al etanol de maíz, donde la energía de etanol producida en el proceso productivo es de 27,60 MJ/kg de etanol, el total

de energía empleada en todo el ciclo de vida es de 15,89 MJ/kg de etanol, lo que genera como resultado para el balance de energía en todo el ciclo de vida 11,71 MJ/kg de etanol, obteniéndose un ratio de 1,36.

CUADRO 86**BALANCE NETO DE ENERGÍA Y RATIO EN TODO EL CICLO DE VIDA DE ETANOL DE MAÍZ**

	Maíz
Producción de materia prima	
ENERGÍA CONTENIDA EN LA MATERIA PRIMA (ECMP - MJ/kg)	17,30
CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL (CET) PARA LA PRODUCCIÓN DE LA MATERIA PRIMA (MJ/kg)	7,83
BALANCE DE ENERGÍA (MJ/kg)	9,47
INDICADOR 18.1 (RATIO)	2,21
Procesamiento de la materia prima	
ENERGÍA DE ETANOL PRODUCIDA (MJ/kg)	27,60
ENERGÍA RECUPERADA Y EMPLEADA EN LA PRODUCCIÓN (DDGS Y WDGS - MJ/kg)	20,45
ENERGÍA EMPLEADA EN LA PRODUCCIÓN (MJ/kg)	7,41
BALANCE DE ENERGÍA (MJ/kg)	20,19
INDICADOR 18.2 (RATIO)	3,72
ENERGÍA EMPLEADA EN EL TRASPORTE DE LOS CENTROS DE PRODUCCIÓN A LAS TERMINALES Y DE LAS TERMINALES A LOS PRINCIPALES CENTROS DE DISTRIBUCIÓN (MJ/kg)	0,65
Ciclo de vida	
TOTAL DE ENERGÍA EMPLEADA (MJ/kg)	15,89
BALANCE DE ENERGÍA EN TODO EL CICLO DE VIDA (MJ/kg)	11,71
INDICADOR 18.4 (RATIO)	1,36

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

c. Biomasa para energía

Finalmente en el **Cuadro 87** se observan los datos referentes a chips de eucalipto, donde la energía producida en el proceso productivo es de 21 MJ/kg de chips, el total de energía empleada en todo

el ciclo de vida es de 0,51 MJ/kg de chips, lo que genera como resultado para el balance de energía en todo el ciclo de vida 20,49 MJ/kg de chips, obteniéndose un ratio de 41,50.

CUADRO 87**BALANCE NETO DE ENERGÍA Y RATIO EN TODO EL CICLO DE VIDA DE LA BIOMASA PARA ENERGÍA**

	Biomasa
Producción de materia prima	
ENERGÍA CONTENIDA EN LA MATERIA PRIMA (ECMP - MJ/kg)	18,80
CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL (CET) PARA LA PRODUCCIÓN DE LA MATERIA PRIMA (MJ/kg)	0,34
BALANCE DE ENERGÍA (MJ/kg)	18,46
INDICADOR 18.1 (RATIO)	55,29
Procesamiento de la materia prima	
ENERGÍA DE CHIPS PRODUCIDA (MJ/kg)	21
ENERGÍA EMPLEADA EN LA PRODUCCIÓN (MJ/kg)	0,14
BALANCE DE ENERGÍA (MJ/kg)	20,86
INDICADOR 18.2 (RATIO)	150
ENERGÍA EMPLEADA EN EL TRASPORTE (MJ/kg)	0,026
Ciclo de vida	
TOTAL DE ENERGÍA EMPLEADA (MJ/kg)	0,51
BALANCE DE ENERGÍA EN TODO EL CICLO DE VIDA (MJ/kg)	20,49
INDICADOR 18.4 (RATIO)	41,50

Fuente: elaboración propia en base a datos recabados de encuestas y entrevistas (UCA, 2017)

4.18.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

El balance energético neto de bioetanol a partir de caña de azúcar y maíz fue calculado en base a los datos provistos por fuentes primarias y fuentes bibliográficas comparativas, si bien existe diversidad en términos de uso, eficiencia energética y niveles de producción entre las diferentes plantas, los datos han sido calculados en base a la apertura de las mismas, que no siempre fue del nivel esperado debido a reservas en cuanto a la información que podía ser pública.

Resultados

Las estimaciones realizadas indican que los ratios calculados para la producción de la caña de azúcar de pequeña escala y de media y gran escala, fueron 77,96, y 21,88, respectivamente siendo la de pequeña escala 3,6 veces más eficiente en cuanto a la utilización de energía para la producción de la materia prima. La producción del maíz entre zafra presentó un ratio de 2,21. La biomasa forestal proveniente de plantaciones con fines energéticos, desde la plantación hasta la corta a tala rasa presentó un ratio de 29,4 indicando así, que la utilización de este recurso como fuente de energía, es sostenible en el tiempo.

El resultado del balance energético neto del etanol de caña de azúcar para el procesamiento de materia prima es de 23,71 MJ/kg de etanol y una relación de 7,10. Para la distribución del mismo es de 0,29 MJ/kg y 0,20 MJ/kg para el transporte a terminales y a estaciones de servicio respectivamente. Por lo que se concluye que para el análisis del ciclo de vida se tiene un balance energético neto de 22,38 MJ/kg y 23,03 MJ/kg de etanol y una relación de 5,29 y 6,04 para grandes y pequeños productores respectivamente.

Seguidamente se observa que para el procesamiento de materia prima el balance energético neto del etanol de maíz es de 20,19 MJ/kg de etanol y una relación de 3,72. Para la distribución del mismo es de 0,44 MJ/kg y 0,20 MJ/kg para el transporte a terminales y a estaciones de servicio respectivamente. Por lo

que se concluye que para el análisis del ciclo de vida se tiene 11,71 MJ/kg y una relación de 1,36.

Finalmente, para chips de eucalipto el resultado del balance energético para el procesamiento de materia prima es de 21 MJ/kg de chips y una relación de 149,57. Para el transporte de chips a cliente el consumo de energía es de 0,026 MJ/kg. Por lo se concluye que para el análisis del ciclo de vida se tiene 20,49 MJ/kg y una relación de 41,50.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

De hecho, es muy importante la utilización de paquetes tecnológicos o elementos que ayuden a incrementar la productividad de la materia prima, puesto que al aumentar la producción por unidad de superficie, se optimizarían los ratios y a la vez se lograría la sostenibilidad económica, social y ambiental del sistema de producción de la bioenergía.

En el balance energético neto se presentan oportunidades de mejora de la eficiencia energética en el uso de la Vinaza a través de la concentración y recuperación del agua o para producción de biogás o como combustible en la caldera, una vez concentrada.

En cuanto al uso de biomasa, se considera como una oportunidad de mejora en el proceso productivo, el uso eficiente del bagazo de forma a satisfacer el consumo propio de energía, de esta forma se podría incluso considerar un remanente de alrededor del 20% del bagazo para realizar cogeneración de energía eléctrica y ser utilizada en la planta o ser vendida a la red, una vez que a nivel local sea legalmente permitido.

En la distribución, es importante considerar la posibilidad de mejorar el ratio introduciendo los “surtidores mezcladores”, que permitan a los productores entregar directamente a las estaciones el etanol anhidro y el hidratado. En estos surtidores mezcladores la mezcla se haría directamente en las estaciones de servicio pudiendo ofrecerse naftas con E-25, E-50, E-85, etc., teniendo en cuenta que ya existen experiencias exitosas en el sector a nivel regional. En el caso de Paraguay, esto sería muy importante en especial para el interior del país, siendo que el 50% de las Naftas se comercializa

fuera de la capital y del área metropolitana, lo que implicaría un ahorro energético y en costos.

Así también para el transporte de etanol, será importante tener en cuenta la utilización de camiones tipo “vanderleia” de 45 000 litros para mejorar la eficiencia energética en el transporte de etanol. En el caso del etanol hidratado es aún más crítico mejorar la eficiencia en el transporte, utilizando los camiones de 45 000 litros pero especialmente transportando directo de las plantas a las estaciones de servicios, sin considerar el transporte a las terminales y luego a las estaciones distribuidoras.

Se considera que la producción de etanol se ve beneficiada por la oportunidad que representa el 25% como máximo en el nivel de mezcla para combustible a nivel nacional conforme a la ley de biocombustibles, lo cual implicaría una penetración dentro del mercado si se opera con dicho nivel, conforme al consumo anual de alrededor del 10%. Así también la potencialidad del mercado de las exportaciones para el sector representa un impacto positivo teniendo en cuenta los niveles de mezcla y la necesidad de etanol de otros países.

Finalmente, en cuanto a biomasa forestal, el mercado debe ser formalizado para garantizar accesibilidad, precisión, sistematización y actualización de la información, por medio de legislación nacional.

Monitoreo del indicador en el futuro

El balance neto se ve afectado debido a la falta de apertura de las empresas tanto para bioetanol como para biomasa forestal ya que nos hemos limitado solo a algunos insumos empleados específicamente por una de las empresas de cada

sector a las cuales se ha tenido acceso, por lo cual para mejorar la precisión y la sistematización de los datos sería oportuno tomar como práctica la sinergia entre los diferentes miembros del sector con el objetivo de contribuir a la productividad por medio de la aplicación de herramientas de seguimiento como ser los indicadores de la GBEP.

Es importante seguir con la investigación y análisis de estos rubros, ya que de acuerdo a la información la demanda de biocombustibles en el país se encuentra en constante crecimiento, y esto sugiere un mayor seguimiento a las actividades realizadas para la obtención del producto. Los ratios calculados provienen de información secundaria y primaria, además de ser de corte transversal, por lo que es conveniente analizar los mismos ratios a través del tiempo, de manera a visualizar los cambios generados tanto en la producción como en el consumo de la materia prima con respecto a la tecnología.

Se deben incentivar políticas que busquen la sinergia entre las instituciones, centros y empresas asociadas con miras a los objetivos de sostenibilidad planteados por la GBEP, de forma a evaluar con mayor consistencia la contribución de la bioenergía al suministro energético del Paraguay.

Finalmente se debe consolidar la construcción de capacidades, incentivar la conformación de equipos de monitoreo de los indicadores de sostenibilidad, sistematizar y divulgar la información por parte de los sectores involucrados, para poder desarrollar indicadores actualizados y que cuenten con una mayor precisión y validez, con el objetivo de garantizar el seguimiento y sistematización de los mismos.

REFERENCIAS

- ADIFCA**, 2017. Asociación de Docentes e Investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Entrevistas a productores de caña de azúcar de pequeña (PE), mediana y gran escala (MGE) y a productores de maíz zafriña. Fecha de aplicación de la encuesta: abril 2017.
- FAO**, 2011. The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy. First Edition. ISBN 978-92-5-107249-3. Disponible en: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/The_GBEP_Sustainability_Indicators_for_Bioenergy_FINAL.pdf
- MIC**, 2016. Resumen de venta de derivados del petróleo. Histórico anual 2016. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2016.pdf
- UCA**, 2017. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Entrevistas a cuatro industrias procesadoras de caña de azúcar y maíz, y a productores de ambos rubros agrícolas. Reuniones con entes públicos: Instituto Forestal Nacional (INFONA), Ministerio de Industria y Comercio (MIC), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y SEAM. Fecha de aplicación de la encuesta: junio-setiembre 2017.

4.19 INDICADOR 19: VALOR AGREGADO BRUTO

Mauricio Cubells, Sebastian Denis Camp

Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” (UCA).

DESCRIPCIÓN:

Valor agregado bruto por unidad de bioenergía producida y como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB).

UNIDADES DE MEDICIÓN:

USD/MJ y porcentaje

4.19.1 Implementación del indicador 19 en Paraguay

En Paraguay, la bioenergía es un sector con una gran trayectoria y tradición en el uso del etanol. Los datos económicos completos sobre el Valor Agregado Bruto (VAB) son escasos a partir del año 1999 cuando comenzó a mezclarse etanol con los combustibles fósiles y si bien en la actualidad existe información aun así para la implementación de este indicador se tomó el estudio de casos con el fin de proporcionar datos experimentales obtenidos de las empresas más relevantes del año 2016.

En cuanto a los datos con relación a biomasa forestal no se encuentran disponibles en forma y que la sistematización de los mismos es incipiente, por lo cual se ha optado por tomar como datos base la producción de eucalipto la cual

se encuentra documentada y a la cual se ha tenido acceso del año 2016.

El valor agregado bruto se calculó utilizando la siguiente fórmula:

(i) $VAB = \text{Valor total de la salida} - \text{Valor total de las entradas intermedias}$

La metodología fue la siguiente, los datos fueron obtenidos de fuentes primarias a través del contacto con las industrias A (pública), B (privada), C (privada) y D (privada) y representantes del gobierno como es el caso del Ministerio de Industria y Comercio (MIC) en forma de entrevistas presenciales, encuestas y vía correo electrónico. A partir de estos datos se elaboró un estudio que permite el análisis del VAB de cada eslabón para la caña de azúcar, en cambio para el caso del maíz solo se obtuvieron datos en cuanto al VAB por parte de la planta productora de etanol.

4.19.2 Resultados claves

Etanol de caña de azúcar

a. Producción de materia prima

Para este estudio particular, a través de una entrevista con la industria B, se consiguieron datos acerca de las prácticas que como industria desarrollan en este rubro, perteneciendo al escenario de Media y Grande escala de cultivo de caña de azúcar (MGE). Según dichos datos el ciclo del cultivo dura 5 años es decir existen 5 zafra una por cada año, también el costo de plantación de caña de azúcar ronda entre 1 200–1 500 USD/ha, y el costo del mantenimiento y cuidados culturales es aproximadamente un 25% del costo de plantación por cada zafra.

CUADRO 88

COSTOS PROMEDIOS TOTALES – CAÑA DE AZÚCAR, 2016

	Costo de plantación (USD/ha)	Mantenimiento - cosecha - cuidados culturales (USD/ha – 5 años)	COSTO TOTAL GLOBAL (USD/ha)	COSTO TOTAL POR AÑO (USD/ha)
		5 Zafra		
MIN	1 200	1 500	2 700	540
MAX	1 500	1 875	3 375	675

Fuente: elaboración propia con datos proveídos de fuentes primarias

A través de dicho estudio, se obtuvo que el rango del costo por año es de 540-675 USD/ha y tomando como rendimiento promedio 55,9 t/ha obtenemos un rango de 9,66-12,08 USD/t sin incluir el costo de cosecha y el transporte a la planta.

Según la misma fuente y este caso particular para la cosecha se tiene un costo aproximado de 7 USD/t y para el transporte 1,75 USD/t siendo este costo tan bajo porque trabajan en un radio de 15 kilómetros alrededor de la planta, entonces podemos estimar que el costo de producción varía en un rango de 18,41-20,83 USD/t.

Comparando el precio de compra del año 2016 establecido por la industria A, aproximadamente 160 000 PYG/Ton o 28,19 USD/Ton, teniendo la cotización promedio del año 2016 de 5 675,8 PYG por dólar estadounidense (BCP, 2016),

posteriormente nos da el rango de margen de ganancia bruta 18,53-16,11 USD/t.

Finalmente si en promedio 65 litros de etanol se obtiene de 1 tonelada de caña de azúcar, 26,7 MJ/kg de etanol y la densidad del etanol es de 0,789 kg/litro obtenemos que el rango del valor agregado bruto es de 0,01353-0,01177 USD/MJ.

Como el rendimiento promedio establecido para el estudio es de 65 litros de etanol por 1 tonelada de caña de azúcar y 122 550 000 L son producidos a partir de caña de azúcar según datos proveídos por el MIC de 6 708 000 toneladas de caña de azúcar (IICA, 2016), 1 885 385 toneladas de caña de azúcar son destinadas a la producción de etanol, experimentalmente obtenemos los resultados que se ven en el Cuadro 89.

CUADRO 89

VALOR AGREGADO TOTAL – CAÑA DE AZÚCAR 2016

VALOR AGREGADO TOTAL		
Ítem	Dólares estadounidenses (USD)	
	Límite inferior	Límite superior
VENTA TOTAL		53 148 726
COSTO TOTAL	34 710 133	39 263 388
VALOR AGREGADO TOTAL	18 438 593	13 885 338

Fuente: elaboración propia con datos proveídos de fuentes primarias (UCA, 2017)

b. Producción industrial de etanol

Según datos de fuentes primarias la industria A obtiene etanol a partir de caña de azúcar, la industria B obtiene a partir de caña de azúcar

y maíz y la industria C solo a partir de maíz (Cuadro 90).

CUADRO 90

PRECIOS Y COSTOS PROMEDIOS DEL ETANOL DE LAS PRINCIPALES PLANTAS ALCOHOLERAS, 2016

	Plantas alcohólicas			Promedio
	A	B	C	
MATERIA PRIMA UTILIZADA	CAÑA DE AZÚCAR	CAÑA DE AZÚCAR Y MAÍZ	MAÍZ	
PRECIO (PYG)	4 746	3 200	3 975	3 974
COSTO (PYG)	3 260	2 800	3 250	3 103

Fuente: elaboración propia con datos proveídos de fuentes primarias (UCA, 2017)

El precio oscila entre 3 200–4 746 PYG/litro y el costo de producción entre 2 800–3 260 PYG/litro para la producción de etanol (UCA, 2017). Luego de obtener un promedio del dólar obtenemos que el precio oscila entre 0,564–0,836 USD/litro y el costo de producción entre 0,493–0,574 USD/litro para la producción de etanol.

Tomamos que la densidad del etanol es de 0,789 kg/litro, y su poder calorífico es de 26 700 MJ por tonelada de etanol, por ende utilizamos para los cálculos que el poder calorífico es de 21 066 MJ por litro de etanol.

El valor de la producción total se consideró como el precio del etanol por MJ (0,03323 USD/MJ) obtenido de las propiedades del etanol y de el **Cuadro 90** calculado sobre el

promedio de las condiciones reales del mercado en el año 2016.

Para obtener el valor de insumos intermedios se tuvo en cuenta para el etanol a partir de caña de azúcar un promedio de los costos de producción de las industrias A y B, mientras que para el etanol a partir de maíz un promedio de los costos de producción de las industrias B y C. Las plantas etanol compraron insumos intermedios al costo promedio equivalente de 0,02534 USD/MJ con respecto a la caña de azúcar y 0,02530 USD/MJ con respecto al maíz. Dentro del estudio, los insumos como, electricidad, calor, mano de obra se incluyeron en esta estimación.

CUADRO 91

PRECIOS DE INSUMOS Y DE PRODUCCIÓN PROMEDIOS DEL ETANOL OBTENIDOS PARA LA CAÑA DE AZÚCAR Y EL MAÍZ

	CAÑA DE AZÚCAR (USD/MJ)	MAÍZ (USD/MJ)
PRECIO DE ETANOL	0,03323	0,03323
COSTO DE LOS INSUMOS INTERMEDIOS	0,02534	0,02530
VALOR AGREGADO	0,00789	0,00793

Fuente: elaboración propia

A través del estudio experimental, se estimó que el VAB del etanol de caña de azúcar era de 0,00789 USD/MJ y de maíz de 0,00793 USD/MJ (**Cuadro 91**).

Para el caso del etanol producido a partir de Caña de Azúcar, el Valor Agregado Bruto es presentado en el **Cuadro 92**.

En el **Cuadro 93** se presenta la cantidad en litros de etanol anhidro exportado por la industria C en el periodo 2013 al 2016, siendo esta la principal exportadora de etanol anhidro.

CUADRO 92

VALOR AGREGADO BRUTO PARA EL ETANOL PRODUCIDO A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR

CAÑA DE AZÚCAR	
ETAPAS	VAB (USD/MJ)
PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA	0,01177-0,01353
PRODUCCIÓN INDUSTRIAL	0,00789
VAB TOTAL	0,01966-0,02142

CUADRO 93

CANTIDAD DE ETANOL ANHIDRO EXPORTADO POR LA INDUSTRIA C EN LITROS

País	2013	2014	2015	2016
BRASIL	35 000	1 000 000	7 032 000	2 000 000
CHILE		68 000		
ESPAÑA	12 000 000		1 638 000	
FRANCIA		5 280 000	6 500 000	
URUGUAY	544 000	102 000		
INGLATERRA			10 130 000	
SUIZA			13 000 000	
TOTAL POR AÑO	12 579 000	6 450 000	38 300 000	2 000 000
TOTAL (2013-2016)	59 329 000			

Fuente: entrevista al MIC (UCA, 2017)

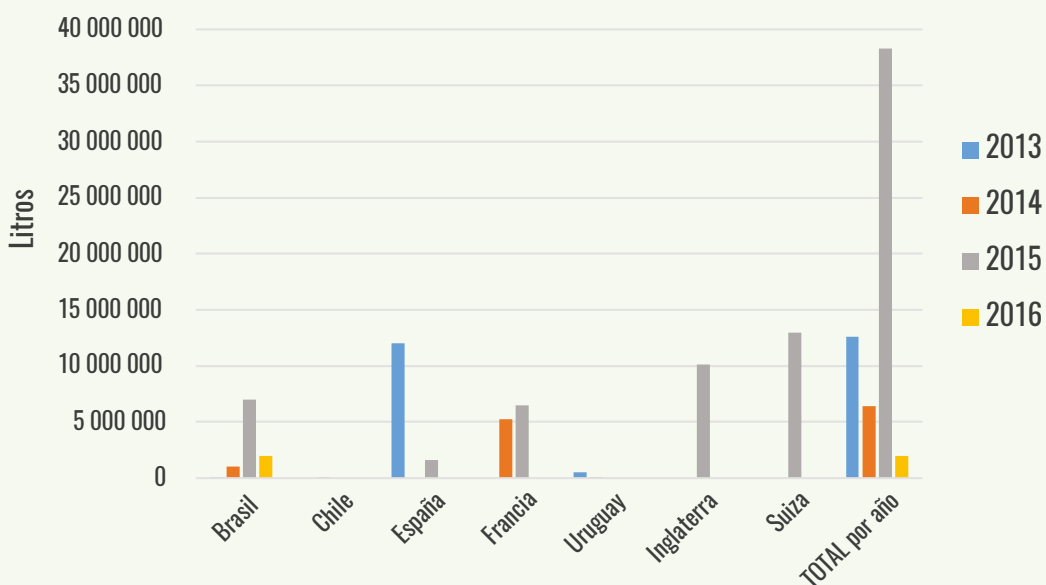
Para la **Figura 69** se puede notar que a lo largo del periodo 2013-2015 hubo aproximadamente una variación favorable de la exportación de etanol anhidro, pero en el 2016 cayó de manera importante siendo el motivo el atractivo del mercado interno comparando con el mercado internacional y la respectiva demanda nacional.

Según el Grupo Banco Mundial en 2016

el producto interno bruto (PIB) alcanzó los USD 27,4 millardos. En el mismo año, Paraguay produjo un total de 277 750 000 de litros de etanol (MIC, 2016). Esta cantidad, junto con el VAB estimado por MJ de etanol producido en Paraguay, puede permitir una estimación del porcentaje del PIB debido al VAB del etanol. Sin embargo, cabe señalar que la siguiente

FIGURA 69

CANTIDAD DE ETANOL ANHIDRO EXPORTADO POR LA INDUSTRIA C



Fuente: entrevista al MIC (UCA, 2017)

estimación presenta algunas limitaciones debido al enfoque de estudio de caso adoptado para la recopilación de datos primarios y su representatividad.

Para el 2016 se exportaron 2 000 000 litros al Brasil, y utilizando el precio promedio obtenido en el Cuadro 90 al cambio del dólar y así tener un número de referencia, hubo un ingreso aproximado de USD 1 400 331 231 por parte de dicha exportación siendo esta una cantidad muy pequeña comparado al PIB del país (0,0051%).

El volumen total de producción de etanol en 2016 es de 277 750 000 litros, de los cuales 122 550 000 litros provienen de la caña de azúcar y 155 200 000 litros del maíz. Obtenemos que:

- ▶ En 2016, 1 885 385 toneladas de caña de azúcar fueron destinadas aproximadamente a la producción de etanol. El Valor Agregado Total

de la producción de caña de azúcar se estimó en USD 13 885 338-18 438 593.

- ▶ El Valor Agregado Total de la producción de etanol de caña de azúcar se estimó en USD 18 791 950 y de la producción de etanol de maíz en USD 23 798 536. Por tanto el Valor Agregado Total de toda la Producción Industrial de Etanol es de USD 42 590 487.
- ▶ El Valor Agregado Total de toda la cadena de la Producción de Etanol de caña de azúcar está en el rango de USD 32 677 288 y USD 37 230 543.
- ▶ Si toda la producción de etanol fuera de caña de azúcar entonces 4 273 077 toneladas de caña de azúcar estarían destinadas a la producción de 277 750 000 litros de etanol, el Valor Agregado Total estaría en el Rango de USD 74 060 521 a 84 380 116, que representa el 0,2699-0,3075% del PIB de Paraguay.

CUADRO 94

VALOR AGREGADO TOTAL – PRODUCCIÓN DE ETANOL, 2016

	CAÑA		MAIZ	
	Guaraníes (PYG)	Dólares (USD)	Guaraníes (PYG)	Dólares (USD)
VENTA TOTAL	486 972 850 000	85 798 099	616 713 066 667	108 656 589
COSTOS DE INSUMOS TOTAL	380 313 500 000	67 006 149	481 637 333 333	84 858 052
VALOR AGREGADO TOTAL	106 659 350 000	18 791 950	135 075 733 333	23 798 536

Fuente: elaboración propia

A través del estudio experimental y la metodología desarrollada en el inicio, el valor agregado generado por la producción de caña de azúcar destinada a la producción de etanol se estimó en USD 13 885 338-18 438 593 representando entre el 0,0506-0,0672% del PIB.

Por unidad de energía, el rango del valor agregado bruto para la producción de caña de azúcar en el año 2016 fue de 0,01353-0,01177 USD/MJ.

Mientras que el valor agregado generado por la producción de etanol se estimó en USD 42 590 487, representando el 0,1552% del PIB, siendo USD 18 791 950 para la caña de azúcar, representando el 0,0684% del PIB y USD 23 798 536 para el maíz, representando el 0,0867% del PIB.

Por unidad de energía, el valor agregado

generado por la producción de etanol en 2016 fue de 0,00789 USD/MJ para la caña de azúcar y 0,00793 USD/MJ para el maíz.

La exportación fue de 2 000 000 L de etanol anhidro, con un valor de referencia generado experimentalmente de USD 1 400 331,231 representando el 0,0051% del PIB.

c. Biomasa

Como habíamos mencionamos los datos con relación a biomasa forestal no se encuentran disponibles en forma y que la sistematización de los mismos es incipiente, por lo cual se ha optado por tomar como datos base la producción de eucalipto la cual se encuentra casi totalmente documentada y a la cual se ha tenido acceso,

a través del estudio de datos obtenidos de la empresa D.

El valor agregado bruto para este particular caso se calculó utilizando nuevamente la fórmula i) mencionada en el inicio del indicador.

Como los chips de eucalipto son utilizados como biomasa en la mayoría de las calderas para la producción de vapor principalmente conforme se ha recabado de fuentes primarias, debido a

que el calor que entrega este es más uniforme y limpio y sobre todo también apoyar al mercado formal de biomasa.

El precio y costo aproximado es de 70 USD/t de chips de eucalipto y 45-56 USD/t de chips de eucalipto respectivamente, y un poder calorífico de 21 MJ/kg obtenemos los resultados que se ven en el **Cuadro 95**.

CUADRO 95

VALOR AGREGADO DEL CHIP DE EUCALIPTO, 2016

CHIPS DE EUCALIPTO	
	PRECIO USD/MJ
CHIPS DE EUCALIPTO	0,00333
INSUMOS INTERMEDIOS	0,00214-0,00267
VALOR AGREGADO	0,00067-0,00119

Fuente: elaboración propia

Por unidad de energía, el valor agregado generado por la producción de chip de eucalipto era de 0,00067-0,00119 USD/MJ.

Debido a la falta de información con respecto al valor de la oferta nacional de chips de eucalipto no se pudo obtener un VAB total para contrastar con el PIB del país.

4.19.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

El análisis realizado se basó en la información primaria recogida con el contacto a través de entrevistas de las distintas plantas más relevantes según la información acerca de los costos y el volumen producido de etanol (A, B, C), a nivel nacional y con respecto a biomasa una empresa representativa (D) que produce chips de eucalipto.

Entre los datos recolectados se encuentran costos y precios de toda la cadena de producción de caña de azúcar, de la producción de etanol a partir de maíz, la producción de chips de eucalipto y por último los datos de exportación de etanol que se tienen registrados por el MIC.

Con respecto a los datos secundarios

encontramos el resumen de ventas de combustible del año 2016 (MIC, 2016) y la producción nacional de caña de azúcar del año 2016 (IICA, 2016).

En la falta de información sobre el valor agregado bruto generado por la producción de etanol y biomasa en Paraguay, las plantas más representativas se utilizaron como proxy. En cuanto a la metodología, se basó en calcular el VAB utilizando la siguiente fórmula:

Con respecto a la producción de la caña de azúcar y al volumen de etanol del 2016, y el porcentaje se obtuvo a través del contraste con respecto al PIB del país.

Resultados

Los resultados principales de la implementación del indicador se encuentran en el **Cuadro 96**.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Se debe realizar un análisis por cada eslabón de la cadena de producción y uso del Valor Agregado Bruto (VAB) o simplemente el Margen Bruto de Ganancia (MBG). Esto permitirá ver si los productores primarios están recibiendo un precio justo por sus productos, si no existiere un

CUADRO 96

RESULTADOS PRINCIPALES

ESLABÓN	Etanol						Biomasa para energía		
	Caña de azúcar			Maíz			Chips de <i>Eucalyptus</i> spp.		
	VALOR POR UNIDAD DE BIOENERGÍA PRODUCIDA (USD/MJ)	VALOR AGREGADO TOTAL (USD)	PORCENTAJE DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO ¹ (%)	VALOR POR UNIDAD DE BIOENERGÍA PRODUCIDA	VALOR AGREGADO TOTAL (USD)	PORCENTAJE DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO ¹ (%)	VALOR POR UNIDAD DE BIOENERGÍA PRODUCIDA (USD/MJ)	VALOR AGREGADO TOTAL (USD)	PORCENTAJE DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO ¹ (%)
PRODUCCIÓN DE MATERIA PRIMA	0,01353-0,01177	13 885 338-18 438 593	0,0506-0,0672	-	-	-	-	-	-
PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE BIOENERGÍA	0,00789	18 791 950	0,0684	0,00793	23 798 536	0,0867	0,00067-0,00119	-	-
VALOR AGREGADO TOTAL	0,01966-0,02142	32 263 388-37 230 543	0,0506-0,0672	-	-	-	-	-	-

¹ USD 27,441 millardos

Fuente: elaboración propia

oligopolio entre los industriales productores de etanol en el caso de que el Margen sea excesivo, o un oligopsonio en el caso de ciertas regiones por las restricciones en cuanto a distancias entre cultivos y fábricas de la caña de azúcar,

Se debe acumular, unificar y formalizar los datos de las industrias y luego recoger aquellos que tienen relación con el VAB de manera sistematizada para poder abordar mejor el indicador a lo largo del tiempo, y obtener resultados más aproximados y reales que nos brinden una información acertada y accesible, y sirva para la toma de políticas y decisiones, con relación al sector bioenergético.

Verificar si los costos de logística no son muy elevados para el transporte de la materia prima (en perjuicio de los productores primarios, en especial de productores de pequeña escala) o en el transporte de etanol, en cuyo caso se deben explorar otras alternativas de mezcla y comercialización como los surtidores mezcladores.

A través del desarrollo y análisis de este indicador establecer con cual materia prima y en cual región del país se tiene mejor resultado, lo que permitirá orientar las políticas de producción.

Monitoreo del indicador en el futuro

Como se mencionó anteriormente, se presenta una gran dificultad debido a la escasa información sobre el VAB de la producción de etanol a base de caña de azúcar como de maíz debido a la poca accesibilidad de los datos y los datos con relación a biomasa forestal no se encuentran disponibles en forma ya que la sistematización de los mismos es incipiente, motivo por el cual la medición del indicador se vio afectada tanto por la cantidad como por la calidad de los datos disponibles. En la falta de información sobre el VAB se las plantas más representativas de cada sector se utilizaron como proxy. La validez de este proxy y la posible replicabilidad de este enfoque en otros países deberían explorarse más a fondo.

Dada la gran trayectoria de la producción de etanol y la creciente importancia del sector de la bioenergía en Paraguay, sería sumamente importante que en el futuro se dispongan de datos de cada eslabón, cada materia prima, cada región o incluso cada planta y de esta manera recopilar información actualizada sobre el VAB en la producción de etanol a base de caña de azúcar como de maíz.

En cuanto a la exportación el Paraguay todavía se encuentra en una fase incipiente debido a

que es más atractivo el mercado interno que el internacional en cuanto a precios y la demanda interna es creciente y todavía exigente, aun así existen empresas como C que exportan sus excedentes de etanol, pero no generan tanto impacto con respecto al PIB del país, esto a futuro podría ser un punto bastante importante

y ser fuente de ingreso de divisas. Si estos datos fueran recogidos de forma regular sería posible obtener un resultado e indicador de gran peso sobre el sector de bioenergía dentro de la economía y a su vez desarrollarse a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

Banco Central del Paraguay (BCP), 2016. Variación del dólar a guaraníes año 2016. Disponible en: <https://www.bcp.gov.py/webapps/web/cotizacion/monedas-mensual> (Acceso: 24 de septiembre de 2017)

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), 2016. Caña de Azúcar. Paraguay. Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/cana.htm> (Acceso: 18 de junio de 2017)

Grupo Banco Mundial, 2016. PIB US\$ a precios actuales. Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?locations=PY> (Acceso: 20 de junio de 2017)

MIC (Ministerio de Industria y Comercio), 2016. Resumen-Venta de combustible de

empresas distribuidoras al público eess-año 2016. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentCombust_2016Mes.pdf (Acceso: 20 de junio de 2017)

UCA, 2017. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Entrevistas a cuatro industrias procesadoras de caña de azúcar y maíz, y a productores de ambos rubros agrícolas. Reuniones con entes públicos: Instituto Forestal Nacional (INFONA), Ministerio de Industria y Comercio (MIC), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y SEAM. Fecha de aplicación de la encuesta: junio-septiembre 2017.

4.20 INDICADOR 20: CAMBIO EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLES FOSILES Y EN EL USO DE LA BIOMASA

Luis Carlos Pereira, Sebastián Denis Camp

Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Católica
“Nuestra Señora de la Asunción” (UCA).

DESCRIPCIÓN:

(20.1) Sustitución de combustibles fósiles por bioenergía nacional medida en contenido energético (20.1a) y ahorros anuales de divisas convertibles debido a la reducción de compras de combustibles fósiles (20.1b)

(20.2) Sustitución del uso tradicional de la biomasa por energía moderna nacional, en contenido energético.

UNIDADES DE MEDICIÓN:

(20.1a) MJ/año o MW/año

(20.1b) USD/año

(20.2) MJ/año o MW/año

4.20.1 Implementación del indicador 20 en Paraguay

Para la implementación de lo indicador 20 en Paraguay, los datos fueron obtenidos principalmente de registros del Ministerio de Industria y Comercio (MIC), en el que se detallan el consumo de cada tipo de combustible en el mercado paraguayo por departamento desde el año 2012 hasta el año 2016 (MIC, 2012 – 2016).

El indicador fue calculado como la proporción

de combustibles fósiles desplazados por el etanol anhidro en las mezclas con gasolina o por el combustible E-85³⁰ y etanol hidratado³¹ en uso directo como combustible en los vehículos *Flex Fuel* de procedencia brasilera, es decir, se obtuvo una proporción de consumo de etanol respecto al consumo total de gasolinas en el periodo mencionado.

Para la medición del subindicador 20.1a se considerará para el etanol, como poder calorífico 26,7 MJ/kg de etanol y que 1 litro de etanol equivale a 0,789 kg. De acuerdo a la metodología del GBEP (FAO, 2011), se utilizará la siguiente ecuación para calcular dicho indicador.

$$E_{\text{fossil-sub}_i} = E_{\text{bioenergy-dom}} \times (1 - 1/\text{NER}_i) \text{ (MJ)}$$

donde:

- ▶ $E_{\text{fossil-sub}_i}$ es la cantidad de energía de combustible fósil, desglosada por tipo de combustible, sustituida por bioenergía moderna local del país;
- ▶ $E_{\text{bioenergy-dom}}$ es la cantidad de bioenergía moderna producida en el ámbito local consumida en el país; y
- ▶ NER_i es la relación de energía neta (promedio nacional) para bioenergía moderna producida en el ámbito local, consumida en el país, desglosada por tipo de combustible fósil, y calculada conforme a la metodología del Indicador 18, utilizando solo insumos de combustible fósil para el término de insumo de energía (relación de energía neta = producto de energía/insumo de energía).

4.20.2 Resultados claves

En el **Cuadro 97** se puede observar el crecimiento del consumo de gasolinas de 2012 a 2016 y en el **Cuadro 98** el correspondiente crecimiento del consumo de etanol anhidro y por otro lado un crecimiento marginal en la participación de mercado del etanol hidratado o alcohol carburante, en el periodo estudiado.

³⁰ El porcentaje de etanol anhidro establecido para las gasolinas 85, 90 y 95 es de 25%, mientras que para la E-85 es 85% de etanol anhidro.

³¹ El etanol hidratado es alcohol carburante.

CUADRO 97
RESUMEN DE VENTA DE DERIVADOS DEL PETRÓLEO, HISTÓRICO ANUAL DE 2012 A 2016 (LITROS)

Año	2012	2013	2014	2015	2016
NAFTA ECONÓMICA*	254 309 654	258 409 090	219 328 792	226 706 418	
NAFTA RON 85	213 109 631	233 556 885	102 609 907	78 201 322	361 531 991
NAFTA RON 90	-	-	217 459 272	319 849 881	400 446 615
NAFTA RON 95	170 226 529	171 495 245	179 479 540	214 482 432	237 609 675
NAFTA RON 97	7 161 109	6 964 990	6 203 511	6 221 710	5 462 555
DIÉSEL TIPO 1	83 854 755	104 878 009	125 194 783	213 912 589	255 261 314
DIÉSEL TIPO 2	27 565 995	29 535 854	135 532 722	306 174 587	
DIÉSEL TIPO 3	1 056 848 654	1 114 771 549	1 052 167 322	894 539 736	1 327 229 726
KEROSENE	334 400	383 700	434 225	197 693	5 576 643
FUEL OÍL	4 865 190	12 711 168	11 271 975	30 655 046	32 472 179
COMBUSTIBLE E-85	13 837 060	11 573 380	10 431 661	12 502 693	11 430 006
ETANOL HIDRATADO (O ALCOHOL CARBURANTE)	3 363 263	5 489 246	11 951 766	17 609 375	19 620 095
JET A1	37 323 455	40 059 442	43 500 815	41 561 567	53 243 246
NAFTA DE AVIACIÓN	3 935 643	3 894 482	4 230 529	4 258 715	4 069 737
TOTAL NAFTA MEZCLADA 25% ETANOL	637 645 814	663 461 220	718 877 511	839 240 053	999 588 281
TOTAL, NAFTAS	644 806 923	670 426 210	725 081 022	845 461 763	1 005 050 836
TOTAL, GASOIL	1 168 269 404	1 249 185 412	1 312 894 827	1 414 626 912	1 582 491 040
TOTAL, ALCOHOL CARBURANTE	3 363 263	5 489 246	11 951 766	17 609 375	19 620 095

*Nafta Económica es lo mismo que Nafta RON 85. La Nafta RON 90 no existió antes del 2014

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Industria y Comercio (MIC, 2012-2016)

El principal consumo de etanol en el mercado se da como etanol anhidro en las mezclas con las gasolinas (**Cuadro 98**), en particular ayudado por el precio inferior del etanol en relación a los precios de importación de la gasolina, principalmente, y por el alto octanaje del etanol anhidro, lo cual lo vuelve fundamental para la formulación de los tres tipos de gasolina (RON 85, RON90 y RON 95) para alcanzar el número de octanos RON exigido en cada uno por las Normas de Calidad de combustibles del Paraguay (Decreto 10397/07), establecidas por el MIC. El RON 97 no es considerado en las mediciones pues el mismo no lleva alcohol, sino que es directamente importado como RON 97.

En cuanto a la utilización del etanol hidratado (alcohol carburante) como combustible para los vehículos *Flex Fuel* de procedencia brasilera, la

demanda presenta un crecimiento marginal y no alcanza los valores de consumo proyectados debido a que una parte de este consumo fue sustituido por el *Flex E-85* y la otra parte por gasolina, a pesar de las legislaciones vigentes que promueven su consumo, en especial la Ley 5444/15.

CUADRO 98**TOTAL ETANOL EN COMBUSTIBLES CONSUMIDO EN PARAGUAY EN EL PERIODO 2012-2016 (LITROS)**

	2012	2013	2014	2015	2016
NAFTA ECONÓMICA	63 577 414	64 602 273	54 832 198	56 676 605	-
NAFTA RON 85	53 277 408	58 389 221	25 652 477	19 550 331	90 382 998
NAFTA RON 90	-	-	54 364 818	79 962 470	100 111 654
NAFTA RON 95	42 556 632	42 873 811	44 869 885	53 620 608	59 402 419
E-85	11 761 501	9 837 373	8 866 912	10 627 289	9 715 505
ETANOL HIDRATADO	3 363 263	5 489 246	11 951 766	17 609 375	19 620 095
TOTALES	174 536 218	181 191 924	200 538 056	238 046 677	279 232 670

Fuente: elaboración propia a partir de Datos del Ministerio de Industria y Comercio (MIC, 2012-2016)

Nótese que, en el año 2016, la cantidad de etanol vendido supera la cantidad producida en el país en dicho año (277 750 000 litros). Cabe destacar que en dicho año se han exportado dos millones de litros a Brasil (ver indicador 19).

Subindicador 20.1a

El **Cuadro 99** muestra el cálculo del Ratio Neto de Energía (NER), a partir de los totales de energía producida tanto a partir de maíz como de caña de azúcar de acuerdo al indicador 18.

CUADRO 99**CÁLCULO DEL RATIO NETO DE ENERGÍA (NER)**

MATERIA PRIMA	INDICADOR 18.4	CANTIDAD PRODUCIDA (litros)	Valor final NER (ponderado)
MAÍZ	1,36	155 200 000	3,09
CAÑA DE AZÚCAR	5,29	122 550 000	

Fuente: elaboración propia a partir de indicador 18

CUADRO 100**SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES POR ETANOL PRODUCIDO EN PARAGUAY, 2012-2016**

AÑO	Consumo de etanol en Paraguay			Sustitución de combustibles fósiles por bioenergía nacional
	LITROS	KG	MJ	E _{fossil-sub,1} (MJ)
2012	174 536 218	137 709 076	3 676 832 319	2 486 918 947
2013	181 191 924	142 960 428	3 817 043 429	2 581 754 293
2014	200 538 056	158 224 526	4 224 594 841	2 857 412 044
2015	238 046 677	187 818 828	5 014 762 718	3 391 862 162
2016	279 232 670	220 314 577	5 882 399 203	3 978 710 141

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Industria y Comercio (MIC, 2012-2016)

Subindicador 20.1b

CUADRO 101

SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES POR BIOENERGÍA NACIONAL

Año	E _{fossil-sub,i} (MJ)	Gasolina sustituida (litros) ¹	Costo gasolina importación en tanque de terminal promedio (USD/m ³)*	Ahorro de divisas (USD)
2012	2 486 918 947	77 716 217	1 354,10	105 235 530
2013	2 581 754 293	80 679 822	1 567,00	126 425 281
2014	2 857 412 044	89 294 126	1 425,00	127 244 130
2015	3 391 862 162	105 995 693	955,15	101 241 786
2016	3 978 710 141	124 334 692	610,61	75 920 006

¹ Para el cálculo del volumen de Gasolina sustituida, se adoptó el contenido energético por volumen igual a 32 MJ/litro

Fuente: *DICAPAR (Distribuidoras de Combustibles Asociadas del Paraguay), 2018

Subindicador 20.2

Las mediciones del indicador 20.2 para el etanol no se han podido realizar, debido al uso informal y ausencia de datos suficientemente específicos de biomasa a ser sustituida por uso de etanol.

La alternativa bioenergética moderna (chips de eucalipto) casi únicamente se destina al uso industrial de madera forestada o reforestada, principalmente en las plantas procesadoras de oleaginosas, quienes incluso están ya iniciando sus propios cultivos. El árbol más plantado con este propósito son variedades de eucaliptos.

Por otro lado, como ya se ha mencionado en los indicadores 3 y 14, el consumo de biomasa sólida para la producción de energía en los hogares es comprendido en un rango de 4 100 000 a 6 100 000 t/año y en las industrias entre 4 415 500 a 6 047 000 t/año aproximadamente. Lo que en términos energéticos, considerando el poder calorífico del chip de eucalipto (21 MJ/kg) correspondería aproximadamente entre 92,7 a 127,9 millones de GJ/Año de energía tradicional reemplazada a nivel industrial.

El cálculo exacto de la cantidad consumida es una tarea difícil debido a la informalidad y falta de registros e información.

Además, de acuerdo al manual GBEP, bioenergía moderna se refiere a la base tecnológica para quemar biomasa, por ejemplo, el uso de cocinas mejoradas que permite la sustitución del uso tradicional de biomasa a

nivel doméstico. En Paraguay el uso de cocinas eficientes aún no está diseminado a nivel de hogares. Debido a que no se cuenta con información necesaria relacionada al uso de estos equipos, no es posible calcular el indicador 20.2 para el caso de la biomasa forestal con fines energéticos a nivel de hogares.

4.20.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

La metodología utilizada para el cálculo de la energía sustituida fue la utilización de la ecuación sugerida por el manual GBEP a partir del ratio neto de energía (NER).

Resultados

Para este estudio, el NER nos arroja un valor de 3,09, lo que significa que por cada 3,09 MJ de etanol, 1 MJ proviene de combustibles fósiles. A partir de este valor se obtuvieron los resultados que se muestran en el **Cuadro 102**.

CUADRO 102

RESUMEN DE RESULTADOS PARA EL SUBINDICADOR 20.1 EN RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE ETANOL EN PARAGUAY, EN EL PERIODO 2012-2016

Año	Energía sustituida (MJ)	Ahorro divisas (USD)
2012	2 486 918 947	105 235 530
2013	2 581 754 293	126 425 281
2014	2 857 412 044	127 244 130
2015	3 391 862 162	101 241 786
2016	3 978 710 141	75 920 006

Por otra parte en cuanto al uso de biomasa se tiene información de que a nivel hogares el uso de biomasa se encuentra entre 4 100 000 a 6 100 000 t/año y en las industrias entre 4 415 500 a 6 047 000 t/año aproximadamente.

A nivel industrial, hablando en términos energéticos, se sustituyen entre 92,7 a 127,9 millones de GJ/Año de energía tradicional.

En cuanto a la fuente de información, la misma es considerada confiable, pues proviene de informes anuales oficiales del Ministerio de Industria y Comercio.

En cuanto al impacto del etanol (anhidro e hidratado) en la importación de gasolinas, este es directo, ya que el 100% de los combustibles fósiles derivados del petróleo son importados por el Paraguay. Debemos mencionar también que, por cada MJ de energía proporcionada por el etanol, un MJ de energía de combustible fósil es dejado de importar.

Con esta disminución de compra de combustibles fósiles se tiene una consecuencia directa en ahorro anual de divisas convertibles.

Además de reducir la importación de gasolinas y su consecuente ahorro de divisas, el uso de etanol anhidro en las gasolinas como mezcla permite técnicamente que las gasolinas comercializadas como RON 85, RON 90 y RON 95 alcancen estos octanajes, permitiendo el uso de una nafta de bajo octanaje como la Nafta Virgen (RON 70 aprox.) en la formulación de aquellas, siendo la Nafta Virgen de mucho menor costo lo cual genera que el ahorro de divisas sea aún mayor.

El uso de biomasa con fines energéticos moderna ha venido expandiéndose en el país en

los últimos años, sustituyendo el uso de Biomasa tradicional, que a su vez había sustituido al GLP y *Fuel Oil* en el pasado, ambos derivados del petróleo 100% importados. El principal uso se da en las industrias, mientras que la penetración en los hogares y a nivel comercial es aún marginal.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

El mayor consumo de etanol anhidro o alcohol carburante en los vehículos *Flex Fuel* se dará cuando se implementen políticas reales de incentivo al consumo de este combustible en los vehículos *Flex Fuel*.

Se ha registrado en los últimos años un incremento en el precio de la biomasa forestal con fines energéticos, por lo cual se debe promover de manera urgente la implantación de bosques de rápido crecimiento, de otro modo las industrias dependientes de la biomasa sólida quedarán desabastecidas, conforme se lee en el informe del VMME (2013).

Monitoreo del indicador en el futuro

Es necesario mantener los informes anuales de producción y consumo de combustibles, así como ampliar su contenido a manera que permita conocer datos acerca del comercio interno y externo de nafta y gasoil. Se recomienda una correcta coordinación entre el MIC y el VMME (encargado de elaborar el balance energético nacional), a manera de proporcionar información acerca de la sustitución energética del etanol

y biocombustibles a los combustibles fósiles tradicionales.

Se recomienda igualmente que el MIC a través del Vice Ministerio de Comercio y la Dirección General de Combustibles y la Dirección de Combustibles Alternativos y Renovables tengan en forma actualizada la información de producción de etanol anhidro e hidratado

y la mezcla de los mismos en las Plantas de Almacenaje en las diferentes naftas.

El Ministerio de Industria y Comercio debe crear y mantener actualizada una base de datos del Parque Automotor *Flex* y realizar un estudio estadístico del consumo de los distintos tipos de combustibles de este Parque Automotor *Flex*.

REFERENCIAS

DICAPAR (Distribuidoras de Combustibles

Asociadas del Paraguay), 2018. Datos de costos históricos de importación de gasolina RON 91.

FAO, 2011. The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy, First Edition. GBEP Global Bioenergy Partnership. Rome: Food and Agricultural Organization. ISBN 978-92-5-107249-3. Disponible en: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/Report_HYPERLINK_updated_CM_25-05-2017.pdf

Ministerio de Industria y Comercio (MIC),

2012-2016. Resumen de venta de derivados del petróleo.

Histórico anual 2012. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2012.pdf. Acceso: 28 de junio 2017 (Acceso: 28 de junio de 2017)

Histórico anual 2013. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2013.pdf. Acceso: 28 de junio 2017 (Acceso: 28 de junio de 2017)

Histórico anual 2014. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2014.pdf. Acceso: 28 de junio 2017 (Acceso: 28 de junio de 2017)

Histórico anual 2015. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2015.pdf. Acceso: 28 de junio 2017 (Acceso: 28 de junio de 2017)

Histórico anual 2016. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2016.pdf (Acceso: 28 de junio de 2017)

Viceministerio de Minas y Energía del Paraguay

(VMME), 2013. Producción y Consumo de Biomasa Sólida en Paraguay. Disponible en: [http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20\(1\).pdf](http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20(1).pdf) (Acceso: 28 de junio de 2017)

4.21 INDICADOR 21: FORMACIÓN Y RECALIFICACIÓN DE LOS TRABAJADORES

Giannina Causarano Benegas, Sebastian Denis Camp

Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” (UCA).

DESCRIPCIÓN:

(21.1) Porcentaje de trabajadores formados en el sector de bioenergía sobre el total de la masa laboral y,

(21.2) Porcentaje de trabajadores recalificados sobre el total de empleos perdidos en el sector de bioenergía.

UNIDAD DE MEDICIÓN:

Porcentaje por año

4.21.1 Implementación del indicador 21 en Paraguay

Según lo que concierne al indicador 21, no se encontró información relacionada a las aptitudes, la capacitación y las calificaciones de los trabajadores en las literaturas consultadas para el sector bioenergético, específicamente cifras desagregadas para la parte dedicada a la producción de etanol y biomasa.

Se llevó a cabo entrevistas a dos industrias alcohólicas cuyo volumen de producción en base a la caña de azúcar representa el 20% (empresa A) y 21% (empresa B) de la producción total de etanol en el país, con la finalidad de informar sobre los puntos tratados en el indicador 21. La entrevista proporcionó un panorama general sobre el nivel de calificación de los trabajadores, sin embargo no se consideró suficiente para describir la situación nacional.

El subindicador 21.2, cuyo objetivo pretende obtener el porcentaje de trabajadores

recalificados sobre el total de empleos perdidos en el sector de la bioenergía, para el actual contexto paraguayo no se consideró pertinente al no existir evidencia alguna del desplazamiento de los trabajadores dedicados a la producción de etanol y biomasa forestal como resultado de la mecanización u otro factor y la consiguiente recalificación de los trabajadores.

4.21.2 Resultados claves

En el indicador 21, en base a estimaciones, se observa que en el 2016 unas 135 500 personas estuvieron vinculadas a la producción de etanol, definiendo en el mismo como trabajo no calificado a las personas que se dedican a la producción de materia prima, siempre que esta no sea mecanizada.

La industria A, con un volumen de producción del 20% total del etanol producido a nivel país, indicó que 20% de los trabajadores desempeñan trabajos “no calificado” y el 80% “calificados”. No pudiendo acceder a la información adicional acerca de las competencias, formación y calificación de estos trabajadores.

Por otra parte la industria B, con un volumen de producción del 21% del etanol total país, informó que los trabajadores “calificados” representan aproximadamente el 43%, donde el 11% tienen un grado de educación superior, es decir, licenciatura/maestría/doctorado, los trabajadores especializados (técnicos) representan el 12% del total, en tanto el 20% dictó cursos en especialidades técnicas (mecánica, soldadura, tornería, etc.). Los “no calificados” constituyen el 57%, teniendo al menos un título de educación primaria o secundaria. Este valor es sin considerar al personal que labora en épocas de zafra.

El hecho de que estos trabajadores realicen tareas agrícolas que no dependan de equipos mecánicos y no requieran la comprensión de procedimientos complejos, no los exime de realizar trabajos contractuales, más aun por la cantidad de empleados que ingresan en épocas de zafra.

Los trabajadores recién contratados son presentados a los jefes, supervisores y/o compañeros de trabajo senior de cada sección recibiendo las instrucciones correspondientes.

Las capacitaciones se dirigen principalmente a directivos y profesionales de la industria. Escasas son las veces en las que el resto de los trabajadores realizan cursos de formación o capacitaciones, y si esto ocurriese están orientadas a los técnicos para reforzar los conocimientos de los mismos. Los principales responsables de dictar las capacitaciones son los propios proveedores.

Continuando con el siguiente componente del indicador 21.2, cuyo objetivo principal es medir el porcentaje de trabajadores recalificados del total de empleos perdidos en el sector de la bioenergía no ha sido posible calcular, por no considerarse pertinente en la situación actual paraguaya, ya que no existe un desplazamiento distinto de los trabajadores productores de etanol como resultado de la mecanización u otros factores. Aunque si bien la expansión del mercado de etanol contribuyó a acelerar la mecanización de la caña de azúcar y maíz, aún es limitado este procedimiento, principalmente en producciones de pequeña escala.

En cuanto a la cadena de valor de la biomasa aún se recolecta madera proveniente de los bosques nativos pero no ha sido posible obtener información sobre la ocupación generada por la producción y venta de la misma. En tanto se estima que es mínima la creación de nuevos

puestos de trabajo en las plantaciones forestales en los procesos de transformación por estar este paso principalmente mecanizado.

4.21.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

La información secundaria disponible sobre la formación y recalificación de los trabajadores en el sector de bioenergía es casi nula y en general existen ciertas resistencias por parte de las industrias productoras de bioenergía en brindarlas, razón por la cual se llevaron a cabo entrevistas para la recolección de datos primarios a dos industrias alcohólicas, procesadoras de caña de azúcar y maíz (industria A y B), cuyo volumen de producción de etanol en base a la caña de azúcar representa el 41% del total de industrias alcohólicas del país.

Resultados

Las entrevistas hechas a las industrias A y B con volúmenes de producción de etanol similar a partir de la caña de azúcar, han proporcionado datos relevantes para el indicador y estos son expuestos en el Cuadro 103.

CUADRO 103

RESUMEN DE RESULTADOS PARA SUBINDICADOR 21.1

Industria A		Industria B			
Trabajos "calificados" (%)	Trabajos "no calificados" (%)	Trabajadores "calificados" (%)			Trabajadores "no calificados" ² (%)
80	20	43			57
		GRADO DE EDUCACIÓN SUPERIOR ¹	TRABAJADORES ESPECIALIZADOS (TÉCNICOS)	CURSOS DE OFICIOS TÉCNICOS	
		25,58	27,91	46,51	

¹ Licenciatura/maestría/doctorado

² Trabajadores con al menos un título de escuela primaria o secundaria

Los recién contratados son presentados a sus respectivos jefes/supervisores/compañeros senior de sección y estos son los encargados de enseñar e indicar las tareas propias del área. Los más beneficiados en recibir cursos de formación o capacitación son los propios directivos y

profesionales de la industria. Les siguen los técnicos, quienes por medio de los proveedores refuerzan los conocimientos de estos.

Basándose en la información disponible y en respuesta al subindicador 21.2, cuyo objetivo es medir el desplazamiento de los

trabajadores del sector de bioenergía a otros sectores, en el contexto paraguayo esto aún no ha ocurrido ya que el nivel de mecanización es relativamente bajo.

Respecto a la biomasa y su cadena de valor la situación es similar con relación a la inexistencia de información y creación de nuevos puestos de trabajo en los procesos de transformación por el nivel de mecanización presente.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Es importante instar a la implementación de políticas públicas que prioricen el desarrollo de los biocombustibles y que incluya el fortalecimiento de capacidades tanto del sector cañero como el forestal a través de la formación, capacitación y asistencia técnica.

Monitoreo del indicador en el futuro

De forma a identificar y evaluar con el tiempo ambos componentes del indicador 21, resulta necesario lograr la apertura de las organizaciones tanto públicas y privadas del sector bioenergético con la finalidad de sistematizar la información existente y poder desarrollar el indicador con una mayor precisión y validez a través de alianzas estratégicas de colaboración con las empresas del sector energético, instituciones públicas y centros de excelencias.

Se necesita mayor nivel de detalle y precisión de las informaciones proporcionadas a los trabajadores por lo que existen cursos de formación dictados por proveedores privados, en su mayoría dirigidos a directivos y profesionales del sector.

REFERENCIAS

UCA, 2017. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción. Entrevistas a empresas alcoholeras procesadoras de caña de azúcar, realizadas en el contexto de este proyecto. Fecha de aplicación de la encuesta: junio-noviembre 2017.

4.22 INDICADOR 22: DIVERSIDAD ENERGÉTICA

Giannina Causarano Benegas, Sebastian Denis Camp

Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” (UCA).

DESCRIPCIÓN:

Cambio en la diversidad del suministro total de energía primaria debido a la bioenergía

UNIDADES DE MEDICIÓN:

Índice (en el rango 0-1)
MJ de bioenergía por año en la Oferta Total de Energía Primaria (OTEP)

4.22.1 Implementación del indicador 22 en Paraguay

En la implementación del indicador 22, los datos utilizados para el cálculo del Índice de Henfindahl y la cantidad anual de MJ de bioenergía

en el suministro total de energía primaria se recopilaron de estadísticas del Balance Energético Nacional 2015 (VMME, 2016) y del Sistema de Información Energética Nacional, publicados por el Viceministerios de Minas y Energía (SIEN, 2017).

4.22.2 Resultados claves

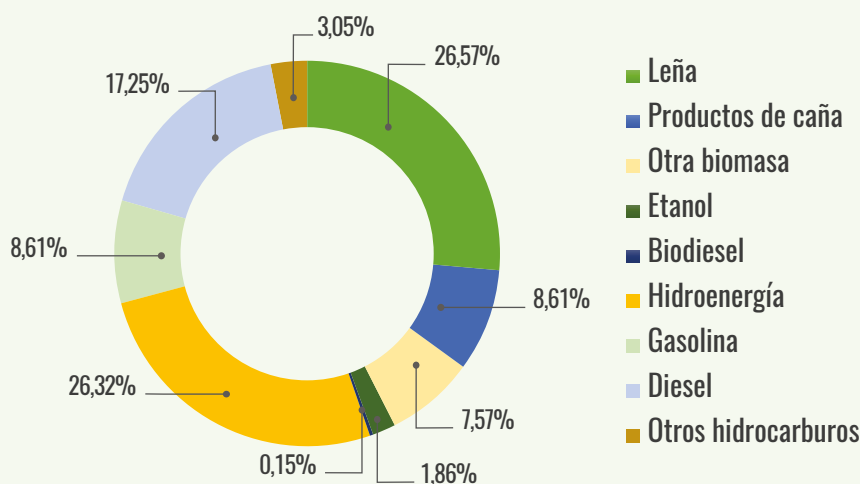
En correspondencia con el esquema de la matriz energética nacional, las tecnologías de suministro de energía están prácticamente limitadas a la electricidad y los derivados de la biomasa. En tanto, desde el 2006, los hidrocarburos se importan en su totalidad. El uso de otras fuentes alternativas de energía primaria (etanol, biodiesel, solar, eólica, etc.) es aún limitado y no interviene de manera significativa en el balance nacional.

Datos publicados por el Sistema de Información Energética Nacional señalaron que en Paraguay el total de oferta de energía primaria en el año 2015 fue igual a 6 689,29 ktep (SIEN, 2017).

En la **Figura 70** se muestra que la fuente de energía proveniente de la hidroenergía contabiliza el 26% del suministro total de energía primaria. Para la obtención de este número en OTEP y porcentaje se consideró la producción a nivel país descontando el valor destinado a la exportación en su forma: electricidad.

FIGURA 70

OFERTA TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA EN PARAGUAY, 2015



Fuente: elaboración propia a partir de VMME, 2016

La biomasa registra el 45% equivalente a 2 994,60 ktep y el documento Balance Energético Nacional 2015 (VMME, 2016), desgrega y define esta fuente en:

- ▶ Leña (26,57%);
- ▶ Productos de caña: proveniente de los jugos de la caña de azúcar para la producción de alcohol carburante y alcohol destinado a mezclas con gasolinas (8,61%);
- ▶ Otra biomasa: incluye desechos de la producción agroforestal, entre ellas carozo de coco, cáscara de algodón, cáscara de Tung, bagazo de caña y otros (7,57%);
- ▶ Etanol (1,86%); y
- ▶ Biodiesel (0,15%).

En vista a que los hidrocarburos (gasolina, diésel, otros hidrocarburos) componen la estructura de la matriz energética paraguaya como fuente de suministro de energía secundaria, se decidió incluir en este indicador totalizando el 29% de la oferta bruta de energía.

A partir de los datos de la A partir de los datos de la **Figura 70**, se calculó y comparó el Índice de Herfindahl para dos situaciones; se calculó y comparó el Índice de Herfindahl para dos situaciones:

- 1 Incluyendo el suministro de bioenergía moderna, y
- 2 Excluyendo el suministro de bioenergía moderna.

Distribuyendo en la situación 2 las fracciones suministradas por la bioenergía moderna entre el uso alternativo más probable, la proporción perteneciente a etanol y productos de caña fue atribuida a la gasolina, el biodiesel al diésel, en tanto la leña utilizada en la producción energética a nivel industrial y otras biomásas fue imputada a otros hidrocarburos, suponiendo que en este último se incluye al GLP y este sea utilizado en las industrias al no emplear bioenergías modernas (**Cuadro 104**).

CUADRO 104

PORCENTAJE DEL OFERTA TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA CON Y SIN BIOENERGÍA MODERNA, 2015

Oferta Total de Energía Primaria		Con bioenergía moderna	Sin bioenergía moderna
HIDROENERGÍA		26,32%	26,32%
LEÑA	PARA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA A NIVEL INDUSTRIAL	13,29%	-
	PARA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA A NIVEL HOGARES	13,29%	13,29%
PRODUCTOS DE CAÑA		8,61%	-
OTRA BIOMASA		7,57%	-
ETANOL		1,86%	-
BIODIESEL		0,15%	-
GASOLINA		8,61%	19,08%
DIÉSEL		17,25%	17,41%
OTROS HIDROCARBUROS		3,05%	23,90%
ÍNDICE DE HERFINDAHL		0,1562	0,2108

Fuente: elaboración propia a partir de VMME, 2016

En la situación 1 (con bioenergía moderna), se obtuvo un índice de Herfindahl igual a 0,1562, en tanto que en la situación 2 (sin bioenergía moderna), el índice fue mayor (0,2108) demostrando la contribución positiva de la leña en su carácter industrial, así como también del

etanol, el biodiesel, los productos de caña y otras biomásas en la diversificación de la seguridad energética del Paraguay.

La GBEP (FAO, 2011) relaciona el concepto de “moderno” con la eficiencia y las tecnologías de uso de la biomasa (independiente del origen

de la biomasa forestal), por lo que toda biomasa utilizada en su carácter industrial se podría considerar moderna para este estudio. De forma a facilitar los cálculos en este indicador se analizó la cantidad de cosecha de recursos madereros para el ámbito energético a nivel industrial y residencial (año 2012) provisto en el indicador 3, el cual permitió suponer que aproximadamente el 50% de la biomasa se utiliza en las industrias y los 50% restantes en los hogares. Como consecuencia, se atribuyó el valor de la leña señalado en el Balance Nacional 2015 (VMME, 2016) partiendo en partes iguales tanto a las industrias y los hogares. Por otra

parte, no se tiene cuantificada la cantidad de energía moderna proveniente de la biomasa en los hogares debido a que no se disponen de datos y registros de usos de estufas mejoradas u otras tecnologías eficientes en la cocción de alimentos y calefacción, por lo que esta fuente no fue catalogada como bioenergía moderna.

Parte de la medición del indicador 22, radica en obtener en MJ por año cada bioenergía moderna, en base a indicadores anteriormente calculados como se muestra en el **Cuadro 105**.

CUADRO 105

BIOENERGÍA MODERNA EN OTEP EN PARAGUAY, 2015

Tipo de Bioenergía moderna	Oferta de bioenergía moderna en 2015 (MJ/año)
ETANOL	5 218 846 200
PRODUCTOS DE CAÑA	24 101 314 200
OTRAS BIOMASAS	21 202 373 880
BIODIESEL	432 588 546
LEÑA UTILIZADA A NIVEL INDUSTRIAL	37 211 441 040

Fuente: elaboración propia a partir de VMME, 2016

Si de la oferta bruta del suministro de energía, se consideran los valores cuyo destino corresponden a la exportación y a la pérdida y stock de las fuentes que componen la estructura de la matriz energética, se obtiene el consumo final de energía 2015, el cual registró un valor aproximado de 4 955 ktep (VMME, 2016).

El energético que predomina en el consumo final concierne a los biocombustibles, disgregándose en leña (23,7%), otras biomasas (11,64%), carbón vegetal (4,57%), etanol (2,52%) y biodiesel (0,21%), totalizando el 42,6% del consumo final. Les sigue en nivel de participación los derivados del petróleo, 100% importados, repercutiendo en el consumo final con el 39%. Este valor se distribuye en gasolina (10,06%), diésel (24,75%) y otros hidrocarburos (4,21%). En tanto la electricidad contabiliza el 18,4% (**Figura 71**).

Como se muestra en la **Figura 72**, en los últimos años se aprecia un repliegue cada vez más significativo de la participación de la biomasa en

la estructura del consumo final de energía.

Debido a la demanda nacional de etanol, aun es escasa la cantidad exportada por Paraguay (ver indicador 19), no repercutiendo en la diversificación de la matriz energética.

4.22.3 Principales conclusiones y recomendaciones

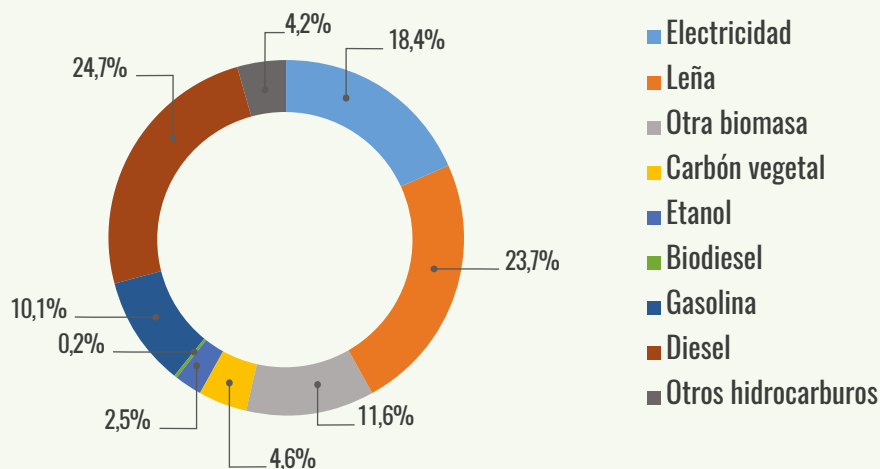
Planteamiento utilizado

Los datos utilizados para la medición del indicador se obtuvieron de estadísticas del Balance Energético Nacional y cómputos de datos (existentes) agregados a nivel nacional y publicado por el Viceministerios de Minas y Energías (VMME, 2016).

De modo a establecer una muestra de diversidad energética y el rol de la bioenergía en la seguridad energética se calculó el Índice Herfindahl, considerando la combinación de suministro de energía con y sin bioenergía

FIGURA 71

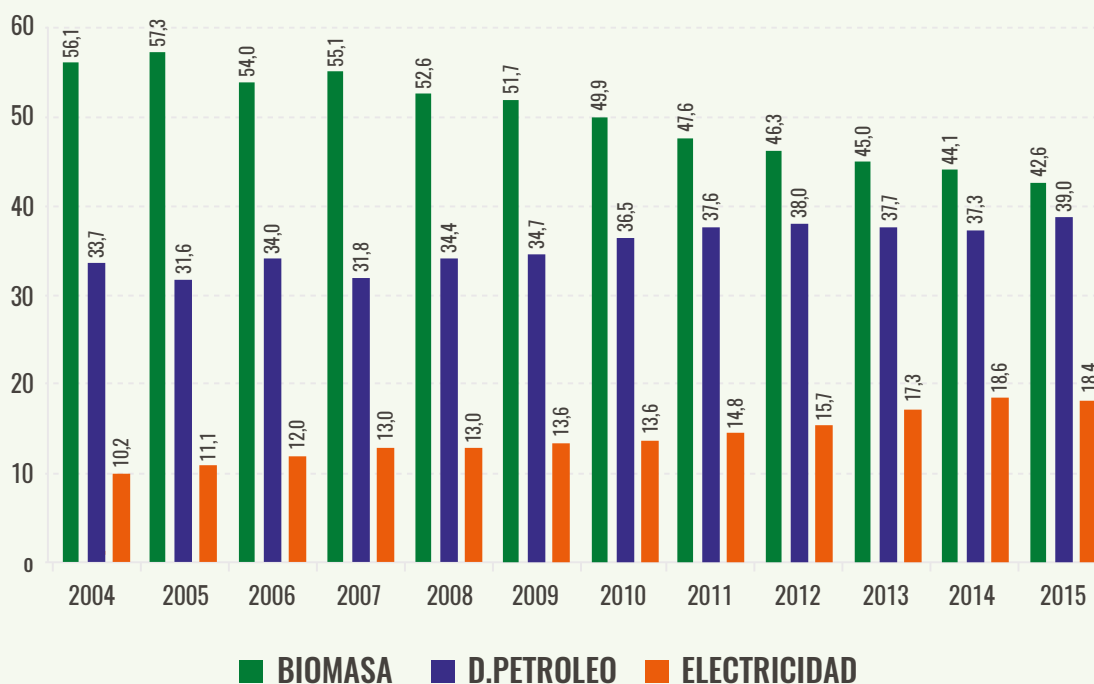
CONSUMO FINAL DE ENERGÍA PRIMARIA, 2015



Fuente: elaboración propia a partir de VMME, 2016

FIGURA 72

ESTRUCTURA PORCENTUAL DEL CONSUMO FINAL



Fuente: SIEN, 2017

moderna. El mismo Índice es utilizado ampliamente dentro de la EIA para evaluar la diversidad energética (FAO, 2011). De forma a facilitar los cálculos en este indicador se analizó

la cantidad de cosecha de recursos madereros para el ámbito energético a nivel industrial y residencial (año 2012) provisto en el indicador 3, el cual permitió suponer que aproximadamente

el 50% de la biomasa se utiliza en las industrias y los 50% restantes en los hogares. Como consecuencia, se atribuyó el valor de la leña señalado en el Balance Nacional 2015 (VMME, 2016) partiendo en partes iguales tanto a las industrias y los hogares.

La biomasa utilizada a nivel industrial, por definición de la GBEP se considera bioenergía moderna por la eficiencia y tecnologías de uso presente, independientes del origen. En contra partida no hay registros disponibles y oficiales cuantificando el uso de bioenergía moderna en los hogares.

Resultados

Para la primera situación, el índice obtenido fue igual a 0,1562 mientras que para la segunda se encontró un índice más alto igual a 0,2108, evidenciando la contribución positiva del etanol, biodiesel, productos de la caña, otras biomásas y leña utilizada a nivel industrial a la diversidad y seguridad del suministro de energía en el Paraguay.

Además, el MJ por año de cada bioenergía considerada fue de 5,21 millones de GJ para el etanol; 0,43 millones de GJ para el biodiesel; 24,10 millones de GJ para productos de caña; 21,20 millones de GJ para otras biomásas y finalmente 37,21 millones de GJ para la leña utilizada a nivel industrial considerada en este estudio bioenergía moderna.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

De forma a garantizar la diversidad y seguridad energética se debe evaluar la contribución de la bioenergía considerando el aporte de la producción y utilización de biocombustibles.

Resulta imprescindible reducir la dependencia energética de los combustibles fósiles y diversificar las fuentes de energía, apoyando las renovables, a través de asistencia técnica y beneficios a los productores y usuarios de biocombustibles. Considerando la importancia de la biomasa para fines energéticos es primordial generar resultados de investigaciones e inversiones en el sector forestal y energético.

Se debería generar y formalizar los registros

del uso de energía moderna de aquellas industrias consumidoras de biomasa a partir de políticas públicas para luego realizar seguimientos y sistematizar el sector así como la inclusión de nuevas tecnologías que deriven en consumos eficientes y responsables de la energía.

Finalmente promover el uso eficiente de energía a través de la implementación de programas de apoyos técnicos para adoptar nuevas tecnologías en el ámbito doméstico de modo a obtener datos que sirvan de línea base en la evaluación de bioenergía moderna en los hogares.

Monitoreo del indicador en el futuro

A medida que la bioenergía continúe expandiéndose y sea considerada por las instituciones pertinentes, será importante monitorear este indicador y como afecta a la seguridad y diversidad energética a través de la evaluación de la bioenergía moderna.

La información oficial se encuentra disponible por lo que la actualización y sistematización de los datos es esencial para el seguimiento de la misma. Sin embargo existe un vacío respecto a las tecnologías modernas empleadas en los hogares al utilizar biomasa, lo que repercute en la necesidad de continuar con la recopilación de datos y en la generación de nuevas informaciones para seguimientos y sistematizaciones posteriores.

La realidad paraguaya refleja un alto porcentaje de participación de la biomasa dentro de la matriz energética por lo que resulta importante sustituir su empleo de forma tradicional a formas más sustentables en los hogares, sobre todos rurales, implementando tecnologías modernas como ser las estufas mejoradas o bien mediante la producción de biomasa de manera sustentable a partir del desarrollo de huertos forestales.

Deben realizarse mayores investigaciones por parte de las instituciones pertinentes para identificar y evaluar con el tiempo la proporción de leña que se utiliza para ofrecer servicios modernos especialmente en los procesos de cocción de alimentos y calefacción, con el fin de monitorear los cambios obtenidos en el suministro de petróleo.

REFERENCIAS

- FAO**, 2011. Indicadores de Sostenibilidad para la Bioenergía de la Asociación Global para la Bioenergía (GBEP). Primera edición. Diciembre 2011. Versión en Español. Disponible en: http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/GBEP_Report-traducci%C3%B3n_esp%C3%B1ol.pdf
- SIEN**, 2017. Disponible en: <https://www.ssme.gov.py/vmme/nuevosien/index.html> (Acceso: 29 de noviembre de 2017)
- VMME**, 2016. Balance Energético Nacional 2015. En términos de energía final. Septiembre 2016. Disponible en: <https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/balance2015/Balance%20Energetico%20Nacional%202015.pdf>.

4.23 INDICADOR 23: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

Mauricio Cubells, Sebastian Denis Camp

Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” (UCA).

DESCRIPCIÓN:

(23.1) Número y (23.2) capacidad de rutas para los sistemas críticos de distribución, junto con (23.3) una evaluación de la proporción de la bioenergía asociada a cada uno de ellos.

UNIDADES DE MEDICIÓN:

(23.1) número

(23.2) MJ, m³ o toneladas por año; o MW para calefacción y generación de energía

(23.3) porcentajes

4.23.1 Implementación del indicador 23 en Paraguay

Para la medición del indicador 23 en Paraguay, se obtuvo información relevante a través entrevistas con las principales plantas de procesamiento y a través de informes oficiales y literatura sobre infraestructura y logística para la distribución de biocombustibles en el país así también como para la biomasa. Esta información se resume a continuación para cada etapa de las cadenas de suministro de etanol y una breve descripción para la biomasa respecto a chips de eucalipto.

4.23.2 Resultados claves

Etanol

El proceso de producción y uso de biocombustibles en Paraguay se centra en el etanol, producido a base de caña de azúcar y maíz, es un sector con historia en el país que actualmente se desarrolla prácticamente solo gracias al incentivo generado por la Ley 2748/05 de corte obligatorio de naftas.

La producción de biocombustibles en Paraguay se destina principalmente al mercado interno, el país es auto productor, es decir se origina en el país mismo y se distribuyen por ruta. No se produce transporte de etanol/materias primas a través de tuberías o ferrocarril.

Una pequeña parte del etanol anhidro es exportada por INPASA a países como Brasil, Uruguay, Chile y países europeos como España, Francia, Inglaterra y Suiza.

a. Producción, transporte y almacenamiento de materia prima

En la zafra 2016 el cultivo de caña de azúcar en el país cubrió unas 120 000 ha. Aproximadamente el 99,9% de la superficie de producción de caña de azúcar se encuentra en la región oriental, el restante 0,1% se encuentra en la región occidental. Del total producido en la región oriental, el 38% de la superficie ocupada por la caña de azúcar se encuentra en el departamento de Guairá (**Cuadro 46**, Indicador 8), donde también se ubican 4 de los mayores ingenios existentes en el país (IICA, 2016a).

En la zafra agrícola del 2016, el cultivo de maíz en el país cubrió una superficie de 838 769 ha (**Cuadro 49**, Indicador 8) de los cuales el 85% corresponden al maíz zafriña y el 15% al maíz de la agricultura familiar (IICA, 2016b).

Para el cálculo de la cantidad de caña de azúcar destinada a la producción de etanol, ante falta de datos oficiales, utilizamos los datos de producción anual de etanol, el rendimiento promedio y el mix de participación de la caña de azúcar y el maíz como materia prima para la producción de etanol, se utilizó como base el rendimiento de 65 litros/t para determinar que del total de caña producida en la zafra 2016 y destinada

a la producción de etanol sería de 1 885 385 toneladas aproximadamente 28,11% de un total de 6 708 000 t de caña de azúcar.

En el caso del maíz, se utilizó como base el rendimiento de 350 litros/t y se calculó que la cantidad de maíz destinado a la producción de etanol sería de 443 429 t de maíz zafriña,

aproximadamente un 9,06% de un total de 4 896 000 t de maíz zafriña, sobre la base de rendimientos de producción promedios y mix de participación de la caña de azúcar y maíz como materia prima para la producción de etanol (**Cuadro 106**).

CUADRO 106

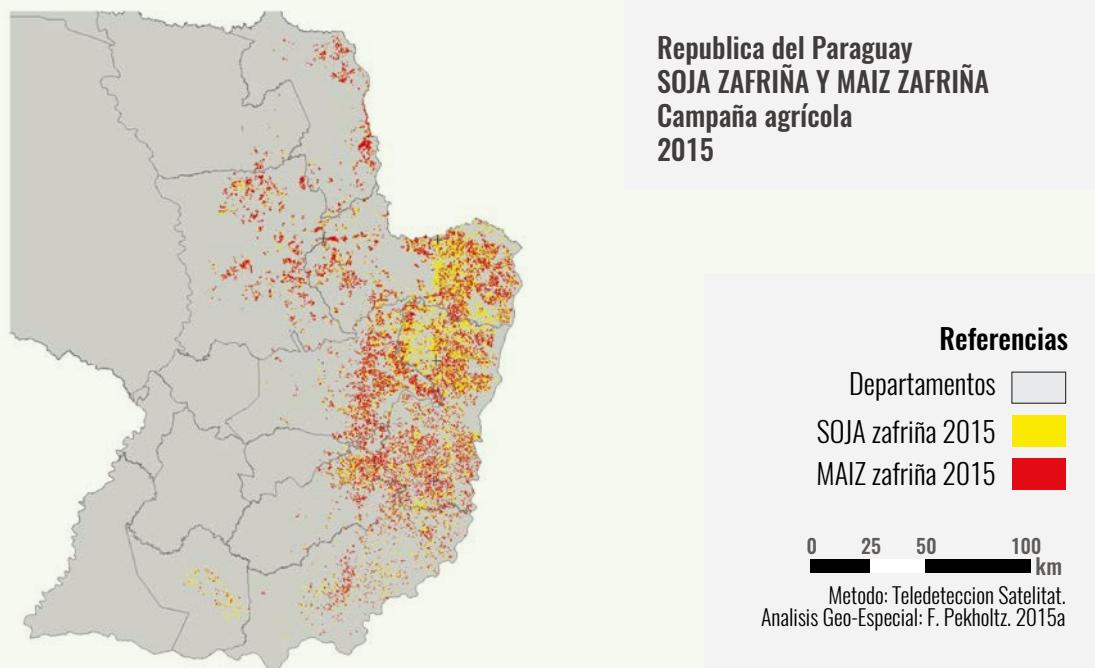
CANTIDAD DE MATERIA PRIMA UTILIZADAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL

PRODUCCIÓN DE ETANOL 2016					
Materia prima	Tipo de etanol	Producción (litros)	Porcentaje de participación (%)	Cantidad de materia prima (toneladas)	Promedio (litros por tonelada)
CAÑA	ETANOL ANHIDRO	111 250 000	44,12	1 885 385	65
	ETANOL HIDRATADO	11 300 000			
MAÍZ	ETANOL ANHIDRO	128 800 000	55,88	443 429	350
	ETANOL HIDRATADO	26 400 000			
TOTAL		277 750 000	100,00		

Fuente: elaboración propia según datos del MIC, 2016a

FIGURA 73

UBICACIÓN Y ÁREA DE MAÍZ ZAFRIÑA, 2015



Fuente: CAPECO, 2017

b. Transporte y almacenamiento de materia prima

Caña de azúcar

Para la producción, conforme a datos proveídos de fuentes primarias, cada ingenio utiliza caña de azúcar que se encuentra aproximadamente a 80 km a la redonda del ingenio, además es una distancia de buena práctica del sector en carácter internacional primero por razones económicas porque el flete se encarecería mucho para distancia mayores y segundo por razones técnicas porque no puede transcurrir muchas horas desde el corte hasta el procesamiento en la fábrica alrededor de 24 horas, debido a que se reduce la pureza de la caña por el fenómeno de inversión de sacarosa, es decir desde el corte de la caña se inicia un proceso de degradación que disminuye el contenido de sacarosa, debido a la acción de la enzima invertasa que convierte parte de la sacarosa en glucosa y fructosa y esto como consecuencia afecta el rendimiento. Por lo tanto, no hay instalaciones para almacenar la caña de azúcar según fuentes primarias (UCA, 2017).

En el caso de la cosecha, el bajo nivel de

mecanización de la cosecha de caña hace que el porcentaje de caña picada que es transportada sea baja. Según datos primarios el transporte de caña sin picar es más complicado, luego de ser cosechada la caña de azúcar por la maquina cosechadora esta pasa a través de un brazo de la maquina mencionada a un trasbordo, parecido a un tráiler estirado por un tractor, generalmente este cuenta con dos de ellos y cada uno tiene una capacidad de 6 toneladas para posteriormente pasar a un camión con una capacidad de 25 t que lleva a las plantas procesadoras de caña de azúcar.

Para el caso del transporte, el problema principal es el estado de los caminos aledaños no pavimentados que son de tierra, y los accesos a la Planta que normalmente son de empedrado o en algunos casos asfalto. También es un problema la imposibilidad de transportar la caña en camiones con acoples por las restricciones de la Policía Caminera ya que si se trata de uso de rutas nacionales existe una normativa donde limita el peso máximo utilizado (**Cuadro 107**).

CUADRO 107

LIMITES DE PESO PARA LOS CAMIONES Y ÓMNIBUS QUE CIRCULAN POR CAMINOS DE LA RED VIAL NACIONAL PAVIMENTADA

Eje	Rodado	Limite (t)
SIMPLE	SIMPLE	6
SIMPLE	DOBLE	10,5
DOBLE	DOBLE Y SIMPLE	14
DOBLE	DOBLE	18
TRIPLE	DOBLE Y SIMPLE	21
TRIPLE	DOBLE	25,5

Fuente: DINATRA, 2015

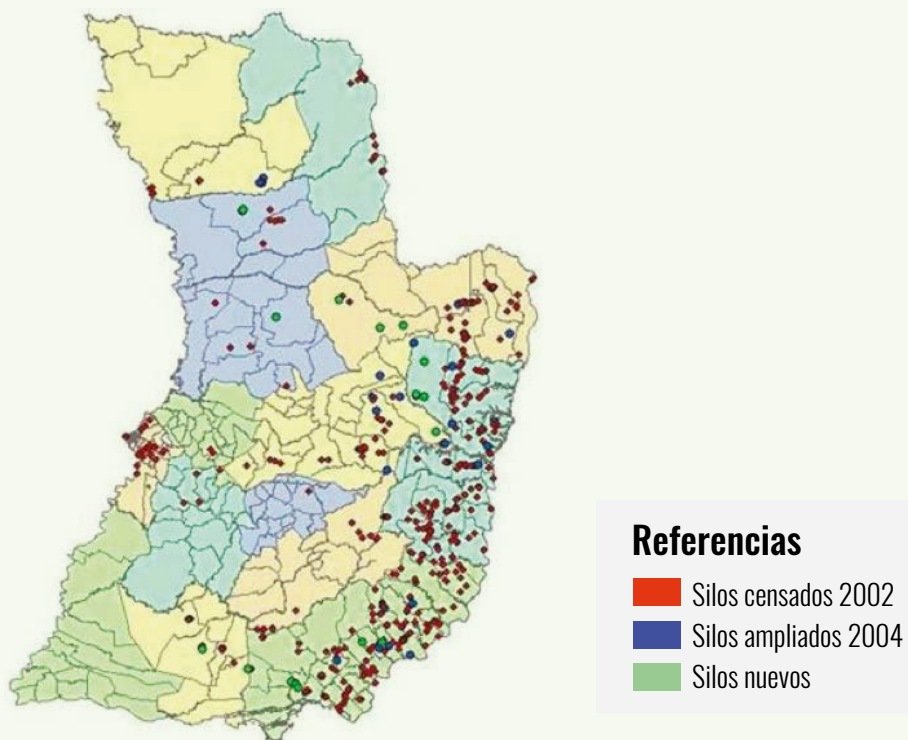
Maíz

Respecto al maíz, éste es transportado desde los campos con una distancia bastante significativa aproximada de 80 kilómetros, hasta los silos donde son almacenados (UCA, 2017). La **Figura 74** muestra la ubicación de los Silos estáticos en el Paraguay y el **Cuadro 108** sus capacidades en 2004 (CAPECO, 2017). De esta manera podemos contrastar la producción total de maíz en un

año, siendo 5 151 000 toneladas en el 2016 con la capacidad de almacenamiento en silos y podemos decir que ella es adecuada para las necesidades nacionales.

FIGURA 74

MAPA DE UBICACIÓN DE SILOS ESTÁTICOS EN PARAGUAY, COMPARACIÓN DE CENSO 2002 Y 2004



Fuente: CAPECO, 2017

CUADRO 108

CAPACIDAD ESTÁTICA DE LOS SILOS EN PARAGUAY, 2004

DPTO.	Silos	
	CAPACIDAD (toneladas)	CANTIDAD
ALTO PARANÁ	2 100 223	176
AMAMBAY	177 645	27
CAAGUAZÚ	411 154	37
CAAZAPÁ	58 010	14
CANINDEYÚ	538 433	55
CENTRAL	421 802	19
CONCEPCIÓN	51 800	10
CORDILLERA	4 480	3
GUAIRÁ	2 940	1
ITAPÚA	1 216 949	178
MISIONES	31 570	12
PARAGUARÍ	6 725	3
SAN PEDRO	98 170	15
TOTALES	5 119 901	550

Fuente: CAPECO, 2017

Las distancias recorridas entre los silos donde son almacenados los granos y las plantas de etanol son muy variables su rango aproximado es entre 50 y 300 kilómetros y depende de los precios ofertados (UCA, 2017). Las rutas son normalmente asfaltadas.

c. Transporte y almacenamiento de etanol anhidro e hidratado

En la **Figura 75**, podemos encontrar las principales plantas de producción de alcohol habilitadas por el MIC y sus respectivas ubicaciones en los distintos departamentos los cuales se centran en Caaguazu, Paraguari, Guaira, Canindeyu y Amambay, mientras que las terminales de carga se encuentran principalmente en Central cercanas al Río Paraguay (**Figura 76**).

El transporte de etanol tanto anhidro como hidratado y la mezcla de las gasolinas con etanol anhidro se efectúan vía ruta, principalmente en camiones cisterna generalmente con una capacidad de 30 000 litros. Por lo tanto, el transporte en Paraguay no cuenta ni depende de oleoductos, rieles, vías navegables e instalaciones portuarias, ya que el etanol y su materia prima provienen del propio país y son procesados y consumidos por el mismo.

El etanol anhidro es aquel que se transporta de las plantas de producción hasta las plantas mezcladoras donde es mezclado con las gasolinas, y de allí es transportado a los puntos de distribución final para su consumo.

El etanol hidratado es aquel que puede ser transportado de la planta de producción a las plantas mezcladoras donde son solamente almacenados y de allí a los puntos de distribución final para su consumo, o pueden ser transportados de manera directa de las plantas de producción a los puntos de distribución final para su consumo, también vía ruta (camión).

Según la Ley 5444/15 “de fomento de consumo de alcohol absoluto y alcohol carburante” los Ingenios pueden además de transportar a las diferentes plantas para su mezclado con combustibles o simplemente almacenamiento, también comercializar alcohol carburante en la ciudad donde se encuentra la Planta de procesamiento.

Las rutas Acceso Sur, 1, 2, 3, 5, 7 y 10 son los principales caminos que conectan las plantas de almacenaje en el Departamento Central: Villa Elisa, San Antonio, Villeta y en el Chaco-í, con las plantas de producción de etanol y a su vez con la mayoría de los puntos de distribución final (subindicador 23.1). También debido a

FIGURA 75

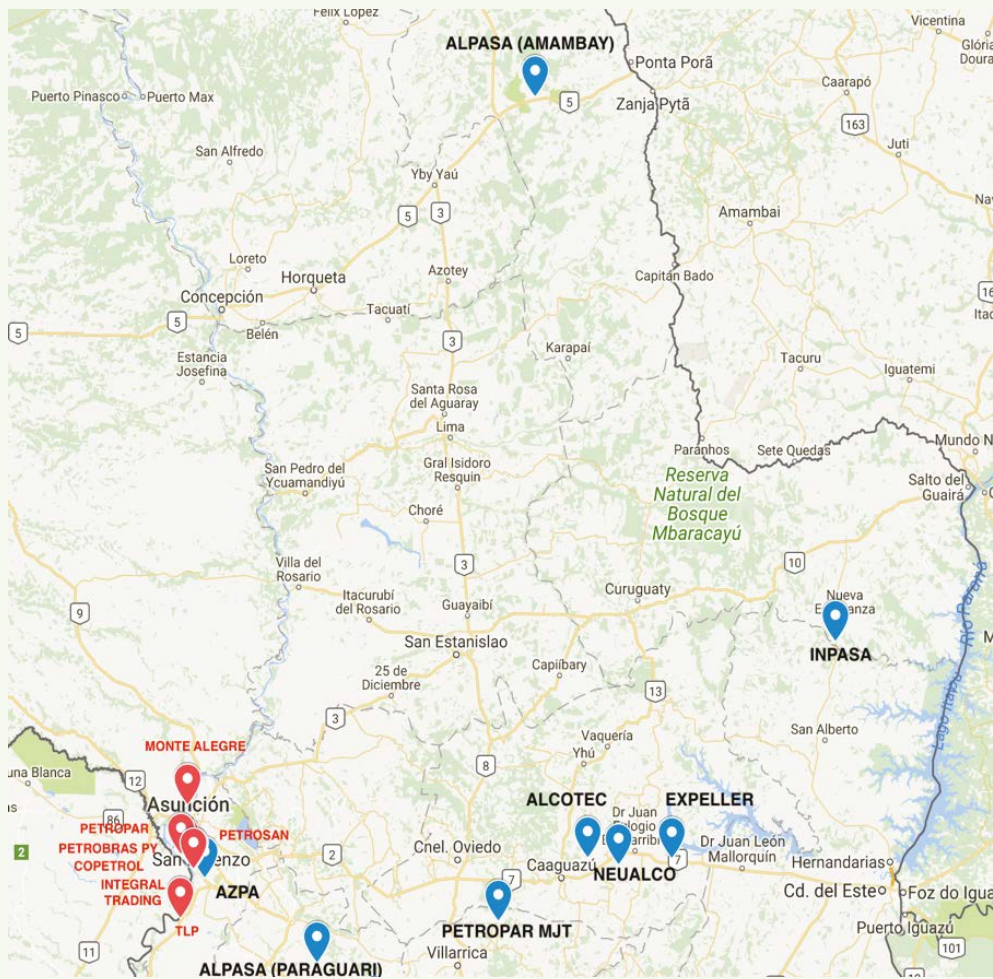
UBICACIÓN Y DETALLES DE LAS INDUSTRIAS PRODUCTORAS DE ALCOHOL, 2012



Fuente: elaboración propio en base a MIC, 2016b

FIGURA 76

UBICACIÓN DE LAS PRINCIPALES PLANTAS Y TERMINALES DE CARGA



Fuente: elaboración propia

que estas vías conectan casi la totalidad de los departamentos con la zona central, son de suma importancia para el Gobierno su debido mantenimiento y estado. Las mismas se encuentran en buenas condiciones y habilitadas para el tráfico pesado, conforme a los datos del MOPC (2016) de estado de las rutas, estas vías consideradas críticas para el traslado de etanol se encuentran habilitadas para todo tiempo y para la capacidad del transporte utilizado, lo cual lleva a concluir que no representan una dificultad para la logística de distribución del etanol.

La infraestructura de transporte está relativamente bien desarrollada, con excepción de caminos de tierra aledaños a las

plantas, donde la infraestructura vial es poco desarrollada y presenta dificultades en caso de temporales (Figura 77).

1. Transporte de etanol anhidro de las plantas de producción a las plantas mezcladoras

El etanol anhidro es transportado desde las Plantas de Producción o Ingenios, hasta las Plantas de Almacenaje donde se mezcla con las gasolinas, la capacidad actual de las plantas es suficiente para el porcentaje utilizado de mezcla en las plantas establecido por la Ley 2748/05 de Fomento de los Biocombustibles. Dentro del país se encuentran 8 instalaciones:

- ▶ Villa Elisa (Central, región oriental): Petropar, Petrobras Paraguay.
- ▶ San Antonio (Central, región oriental): Puma Energy Paraguay, Petrosan, Copetrol, TLP (Terminales Logísticas Portuarias) e Integral.
- ▶ Chaco-í (Presidente Hayes, región occidental): Monte Alegre.

CUADRO 109

DISTANCIA PROMEDIO GENERAL DE CADA PLANTA PRODUCTORA A LAS PLANTAS MEZCLADORAS PARA EL ETANOL ANHIDRO EN PARAGUAY, 2016

	PRODUCCIÓN DE ALCOHOL ANHIDRIDO DE CAÑA (millones de litros/año)	PRODUCCIÓN DE ALCOHOL ANHIDRIDO DE MAIZ (millones de litros/año)	INCIDENCIA ALCOHOL DE CAÑA (%)	INCIDENCIA ALCOHOL DE MAIZ (%)	DISTANCIA A PINCIPALES TERMINALES (km)	DISTANCIA SEGUN IMPORTANCIA CAÑA (km)	DISTANCIA SEGUN IMPORTANCIA MAIZ (km)
EXPELLER S.R.L. (ALCO TORIN)	2 500	4 800	2,20	3,70	233	5	9
ALCOTEC S.A.	3 700	4 600	3,30	3,60	228	8	8
ALCOHOLERA PARAGUAYA S.A. (ALPASA) PARAGUARÍ	15 000	13 700	13,50	10,60	70	9	7
ALCOHOLERA PARAGUAYA S.A. (ALPASA) AMAMBAY	10 400	0	9,30	0,00	487	46	0
PETRÓLEOS PARAGUAYOS (PETROPAR)	23 600	0	21,20	0,00	176	37	0
AZUCARERA PARAGUAYA S.A. (AZPA)	28 350	0	25,50	0,00	127	32	0
NEUALCO S.A.	2 500	4 800	2,20	3,70	223	5	8
INDUSTRIA PARAGUAYA DE ALCOHOLES S.A. (INPASA)	25 000	100 000	22,50	77,60	413	93	321
OTROS*	200	900	0,20	0,70	-	-	-
TOTAL DE PRODUCCIÓN SEGÚN TIPO DE ALCOHOL	111 250	128 800	100	100		235	353
TOTAL	240 050						

Fuente: elaboración propia según datos del MIC, 2016b

* En este ítem se encuentran ALCOUISINAS ITURBE S.A. y GRIVILSI S.A. y como la producción de cada una de ellas es mínima con relación a la producción total no consideramos relevante para hallar la distancia promedio general

CUADRO 110
CANTIDAD DE KILÓMETROS RECORRIDOS EN BASE A LA PRODUCCIÓN TOTAL DE ETANOL

	Total de etanol anhidro (litros)	Total de camiones cisterna (30 000 litros)	Distancia promedio	TOTAL DE KM
CAÑA DE AZÚCAR	111 250 000	3 708	235	871 380
MAÍZ	128 800 000	4 293	353	1 515 429
TOTAL	240 050 000	8 002	-	2 386 809

Fuente: elaboración propia

Como el etanol anhidro es el que se utiliza en las plantas mezcladoras, y estableciendo como dato que cada camión consume alrededor de 30 litros por cada 100 km de diésel con la cisterna vacía y 45 litros de diésel por cada 100 km con la cisterna llena, estimamos un total de 716 042,7 litros de diésel en la ida y 1 074 064,05 litros de diésel en la vuelta, sumando un total de 1 790 106,75 litros de diésel.

Tomando como dato que el poder calorífico del diésel es 39 MJ/litro entonces da un total de 69 814 163,25 MJ/año.

2. Transporte de etanol anhidro de las plantas mezcladoras a los puntos de distribución

Establecemos los principales centros urbanos según la demanda de combustible que ellos representan, y siguiendo se presentan el **Cuadro 109** y el **Cuadro 110** como herramientas para el cálculo de la distancia promedio general de las plantas mezcladoras a los puntos de distribución final para el etanol anhidro.

CUADRO 111
DISTANCIA PROMEDIO ENTRE PLANTAS MEZCLADORAS Y PUNTOS DE DISTRIBUCIÓN FINAL (EN KILÓMETROS)

	DISTANCIA (km)	PLANTAS MEZCLADORAS								PROMEDIO
		Petropar Villa Elisa	Puma Energy Paraguay	Petrosan	Copetrol	Integral	TLP	Monte Alegre	Petrobras Py	
PUNTOS DE DISTRIBUCIÓN FINAL (CENTROS URBANOS)	CENTRAL	32	328	20	20	26	15	63	30	76
	CAPITAL	16	369	25	25	20	50	32	17	79
	ALTO PARANÁ	322	236	329	328	326	330	327	330	361
	ITAPÚA	391	98	380	338	386	371	423	390	397
	CAAGUAZÚ	180	370	175	134	180	197	193	197	232
	SAN PEDRO	236	557	243	169	238	267	225	237	310
	AMAMBAY	435	750	442	474	437	467	425	435	552

Se consideraron los principales centros urbanos en base a la demanda de combustible que ellos representan

Fuente: elaboración propia

CUADRO 112

DISTANCIA PROMEDIO GENERAL EN KILÓMETROS

Centros urbanos	Tipos de combustibles				Total combustibles	Cantidad de etanol anhidro ¹⁴	Incidencia de centro	Distancia de terminales a centros	Distancia según importancia
	85	90	95	E - 85					
CENTRAL	95 890 181	149 734 450	102 690 873	5 605 570	353 921 074	91 843 611	0,38	76	29
CAPITAL	18 778 523	68 306 785	60 630 122	3 533 136	151 248 566	39 932 023	0,17	79	13
ALTO PARANÁ	65 803 422	40 977 989	19 243 387	613 800	126 638 598	32 027 930	0,13	361	48
ITAPÚA	30 583 783	16 947 840	10 928 521	337 700	58 797 844	14 902 081	0,06	397	25
CAAGUAZÚ	20 049 304	27 129 436	6 905 530	193 600	54 277 870	13 685 628	0,06	232	13
SAN PEDRO	21 082 945	18 436 201	3 515 830	177 600	43 212 576	10 909 704	0,05	310	14
AMAMBAY	25 018 446	5 566 100	4 216 029	0	34 800 575	8 700 144	0,04	552	20
TOTAL	277 206 604	327 098 801	208 130 292	10 461 406	822 897 103	212 001 119	0,88		163

Se consideraron los principales centros urbanos en base a la demanda de combustible que ellos representan

Fuente: elaboración propia

Estableciendo como dato que cada camión consume alrededor de 30 litros por cada 100 km de diésel con la cisterna vacía y 45 litros de diésel por cada 100 km con la cisterna llena, y que se transportaron un total de 822 897 103 litros de combustibles (gasolina mezclada con etanol), obtenemos una cantidad de 27 430 camiones cisterna de 30 000 litros para transportar dichos combustibles, esta cantidad multiplicada por la distancia promedio general de 163 kilómetros nos da un total de 4 471 090 kilómetros que se deben de recorrer. A través de esto el consumo de diésel estimamos un total de 1 341 327 litros en la ida y en la vuelta 2 011 990,5 litros sumando un total de 3 353 317,5 litros de diésel.

Tomando como dato que el poder calorífico del diésel es 39 MJ/litro entonces da un total de 130 779 382,5 MJ/año.

3. Exportación de etanol anhidro

En cuanto a la exportación de etanol en Paraguay, según los datos proporcionados (MIC, 2016b), solo ocurre la del etanol anhidro, para el cual tenemos como único exportador a la

industria INPASA S.A., históricamente se produjo principalmente a países como Brasil, Chile, España, Francia, Uruguay, Inglaterra y Suiza. Para el año 2016 la exportación solo fue hecha al Brasil y esta cantidad no fue tan relevante porque alcanzó 2 000 000 litros comparando a un total de 277 750 000 litros de producción de etanol. Según fuentes primarias en el 2016 el etanol anhidro fue exportado través de camiones cisternas (30 000 litros) al Brasil, es decir vía terrestre por ruta pero no se proveyeron los detalles suficientes como para determinar la trayectoria de los mismo (UCA, 2017).

4. Transporte de etanol hidratado de las plantas de producción a los puntos finales de distribución en los centros urbanos

Tomando que el alcohol carburante o etanol hidratado es transportado directamente de las plantas de producción a los puntos finales de distribución en los centros urbanos, elaboramos el Cuadro 113 y el Cuadro 114.

CUADRO 113
DISTANCIA PROMEDIO EN KILÓMETROS ENTRE PLANTAS PRODUCTORAS Y PUNTOS DE DISTRIBUCIÓN FINAL

CENTROS URBANOS	Plantas productora								PROMEDIO (km)
	INDUSTRIA PARAGUAYA DE ALCOHOLES S.A. (INPASA)	LUIS GERARDO MUSSI GONZÁLEZ (UNIPERSONAL)	NEUALCO S.A.	ALCOTEC S.A.	EXPPELLER S.R.L. (ALCO TORIN)	ALCOLISINAS ITURBE S.A.	AZUCARERA PARAGUAYA S.A. (AZPA)	ALCOHOLERA PARAGUAYA S.A. (ALPASA) PARAGUARÍ	
CAPITAL/CENTRAL	388	75	212	204	231	159	30	115	177
CAAGUAZÚ	296	112	89	81	108	102	136	107	129
ITAPÚA	411	369	358	371	330	217	332	339	341
AMAMBAY	512	421	472	426	459	430	478	494	462
SAN PEDRO	243	222	179	171	198	230	173	215	204
ALTO PARANÁ	127	246	120	133	92	236	322	291	196
CANINDEYÚ	195	264	187	190	297	267	315	300	252

Fuente: elaboración propia a partir de fuentes primarias (UCA, 2017)

CUADRO 114
DISTANCIA PROMEDIO GENERAL EN KILÓMETROS

Centros urbanos	Alcohol carburante	Incidencia de centro (%)	Distancia de terminales a centros	Distancia según importancia
CAPITAL/CENTRAL	8 127 605	21,6	177	38
CANINDEYÚ	2 183 400	5,8	252	15
CAAGUAZÚ	431 400	1,1	129	1
ITAPÚA	460 700	1,2	341	4
AMAMBAY	2 330 400	6,2	462	29
SAN PEDRO	224 100	0,6	204	1
ALTO PARANÁ	5 009 390	13,3	196	26
TOTAL	18 766 995	36,5		114

Fuente: elaboración propia a partir de fuentes primarias (UCA, 2017)

Estableciendo como dato que cada camión consume alrededor de 30 litros por cada 100 km de diésel con la cisterna vacía y 45 litros de diésel por cada 100 km con la cisterna llena, y que se transportaron un total de 18 766 995 litros de alcohol carburante a los principales centros urbanos del país, obtenemos una cantidad de 626 camiones cisterna de 30 000 litros para transportar dichos combustibles, esta cantidad multiplicada por la distancia promedio general de 114 km nos da un total de 71 364 km que se

deben de recorrer. A través de esto el consumo de diésel estimamos un total de 21 409 litros en la ida y en la vuelta 32 114 litros sumando un total de 53 523 litros de diésel, entonces un total de 2 087 397 MJ/año.

5. Almacenamiento de etanol anhidro e hidratado en principales terminales de carga

En el **Cuadro 115** se describe la capacidad de las principales terminales de carga en el año 2016,

donde podemos notar la capacidad de alcohol y combustibles que cada terminal posee así como también mencionar la flexibilidad de ajustar según la demanda el tipo de combustible para cada tanque, es importante que cada terminal de carga tenga una capacidad de almacenaje de etanol acorde al volumen despachado, especialmente para la época de la entre zafra

de caña (noviembre a mayo) en la cual se reduce considerablemente la producción de etanol porque las capacidades de producción de etanol de maíz son inferiores a las capacidades de producción de etanol de caña en general. Esto es especialmente válido para Petropar cuya planta solo produce de caña.

CUADRO 115

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LAS PRINCIPALES TERMINALES DE CARGA, AÑO 2016 (LITROS)

Almacenaje - Tanques CAPACIDAD (litros)				
PLANTAS MEZCLADORAS	ALCOHOL	GASOIL	NAFTA	NO DETERMINADO
PETROPAR VILLA ELISA	33 417 000	273 100 000	56 015 000	-
COPETROL	-	18 500 000	35 000 000	22 200 000
TLP	964 300	15 398 700	19 371 800	-
MONTE ALEGRE	2 000 000	21 408 000	10 160 000	-
PUMA ENERGY PARAGUAY	2 000 000	17 100 000	18 000 000	-
PETROBRAS PY	1 661 000	4 713 000	13 385 000	-
INTEGRAL	500 000	3 040 000	6 700 000	-
OTROS	-	18 500 000	5 600 000	-
TOTAL	40 542 300	371 759 700	164 231 800	22 200 000

Fuente: datos proveídos por la Dirección General de Combustibles, 2016 (UCA, 2017)

OTROS: COMPASA, ULTRAPAR

De esta manera contrastando la capacidad de las principales terminales de carga y la producción mensual de etanol en el país podemos decir que ella es adecuada para las necesidades nacionales.

d. Capacidad de las rutas para la distribución de etanol de las principales plantas a las terminales de carga

Siguientemente se elaboraron el Cuadro 116 y el Cuadro 115, a partir de los datos de producción de etanol anhidro y etanol

hidratado que es transportado a través de camiones cisternas de las principales plantas de producción a las terminales de carga o plantas mezcladoras con las rutas asociadas para llegar a cada una de ellas. Para la elaboración Cuadro 116 se tuvieron en cuenta las industrias productoras de etanol con mayor participación en la producción del mismo biocombustible, es decir 8 de ellas dando un total de 271 350 000 litros de etanol siendo el 97,7% del total de este biocombustible producido en el 2016.

CUADRO 116
RUTAS ASOCIADAS A LA PRODUCCIÓN DE LAS PRINCIPALES PLANTAS – TERMINALES DE CARGA AÑO 2016

Plantas de etanol – terminales de carga	Ruta(s)	Litros/año	t/año	MJ/año
ALPASA (PARAGUARI)	ACCESO SUR, 1	29 700 000	23 433,3	625 669 110
ALPASA (AMANBAY)	ACCESO SUR, 3, 5	10 400 000	8 205,6	219 089 520
EXPPELLER S.R.L. (CAAGUAZÚ)	ACCESO SUR, 1, 2, 7	15 300 000	12 071,7	322 314 390
ALCOTEC S.A. (CAAGUAZÚ)	ACCESO SUR, 1, 2, 7	11 200 000	8 836,8	235 942 560
PETROPAR MJT (GUAIRÁ)	ACCESO SUR, 1	23 600 000	18 620,4	497 164 680
AZPA (CENTRAL)	ACCESO SUR, 1	28 850 000	22 762,7	607 762 755
NEUALCO S.A. (CAAGUAZÚ)	ACCESO SUR, 1, 2, 7	15 300 000	12 071,7	322 314 390
INPASA (CANINDEYÚ)	ACCESO SUR, 3, 10	137 000 000	108 093,0	2 886 083 100
TOTAL		271 350 000		

Fuente: elaboración propia en base a los datos de producción de etanol proveídos por el MIC, 2016a (UCA, 2017)

En el caso de el **Cuadro 116** y el **Cuadro 117**, se expone el recorrido que deben de realizar los camiones cisternas que transportan etanol anhidro como hidratado desde las plantas productoras y las respectivas rutas que llevan

hasta la zona de las terminales de carga, es decir las rutas que intervienen en la trayectoria más corta para llegar de las plantas productoras a las plantas mezcladoras, siendo estas más de una para cada trayectoria.

CUADRO 117
CAPACIDAD DE RUTAS ASOCIADAS A LAS PRINCIPALES PLANTAS – TERMINALES DE CARGA, AÑO 2016

		RUTAS						
		ACCESO SUR	1	2	3	5	7	10
PLANTAS DE ETANOL	ALPASA (PARAGUARI)	29 700 000	29 700 000	0	0	0	0	0
	ALPASA (AMANBAY)	10 400 000	0	0	10 400 000	10 400 000	0	0
	EXPPELLER S.R.L.	15 300 000	15 300 000	15 300 000	0	0	15 300 000	0
	ALCOTEC S.A.	11 200 000	11 200 000	11 200 000	0	0	11 200 000	0
	PETROPAR MJT	23 600 000	23 600 000	0	0	0	0	0
	AZPA	28 850 000	28 850 000	0	0	0	0	0
	NEUALCO S.A.	15 300 000	15 300 000	15 300 000	0	0	15 300 000	0
	INPASA	137 000 000	0	0	137 000 000	0	0	137 000 000
CAPACIDAD TOTAL DE RUTAS	EN LITROS DE ETANOL/AÑO	271 350 000	123 950 000	41 800 000	147 400 000	10 400 000	41 800 000	137 000 000
	EN T DE ETANOL/AÑO	214 095	97 797	32 980	116 299	8 206	32 980	108 093
	EN MJ/AÑO	5 716 340 505	2 611 167 885	880 571 340	3 105 172 620	219 089 520	880 571 340	2 886 083 100

Fuente: elaboración propia

Por lo tanto las capacidades para las rutas asociadas a las principales plantas – terminales de carga son:

- ▶ Acceso Sur: 271 350 000 litros/año o 214 095 t/año, 5 716 340 505 MJ/año.
- ▶ Ruta 1: 123 950 000 litros/año o 97 797 t/año, 2 611 167 885 MJ/año.
- ▶ Ruta 2: 41 800 000 litros/año o 32 980 t/año, 880 571 340 MJ/año.
- ▶ Ruta 3: 147 400 000 litros/año o 116 299 t/año, 3 105 172 620 MJ/año.
- ▶ Ruta 5: 10 400 000 litros/año o 8 206 t/año, 219 089 520 MJ/año.
- ▶ Ruta 7: 41 800 000 litros/año o 32 980 t/año, 880 571 340 MJ/año.
- ▶ Ruta 10: 137 000 000 litros/año o 108 093 t/año, 2 886 083 100 MJ/año.

Y un total de 1 030 638 382 litros de gasolina mezclada (RON 85, RON 90, RON 95, combustible E-85 y alcohol carburante, **Cuadro 97** Indicador 20). Para el transporte tanto del etanol como las gasolinas mezcladas se consume aproximadamente 5 196 947,25 litros de diésel por parte de los camiones cisterna siendo el consumo de energía asociada a ella un total de 202 680 942,75 MJ.

En cuanto a la evaluación del componente indicador 23.3, que trata del porcentaje de bioenergía transportado a través del sistema de distribución identificado en comparación con el consumo nacional total de etanol, en Paraguay son relevantes 7 rutas dentro del país y no hay riesgo de interrupción en las rutas de transporte para la materia prima y el etanol, solo en caso de condiciones climáticas adversas, o cortes por huelgas podrían generar un cuello de botella en las rutas analizadas.

Para el caso de los caminos aledaños se podría también generar un cuello de botella pero este no es un factor tan influyente ya que el tipo de transporte que se utiliza generalmente no presenta dificultades.

El análisis de la proporción de la bioenergía asociada a cada una de las rutas se calculó de la siguiente forma, primero se identificó cada una de las trayectorias de menor recorrido de las plantas productoras a las plantas mezcladoras, luego se obtuvo la capacidad de cada ruta a

partir de la producción anual de cada planta es decir la cantidad de toneladas de etanol que se transportan en ellas anualmente, y por último se evaluó sobre el total de etanol producido en el respectivo año.

Esta evaluación nos indica que de los 277 750 000 litros de etanol (5 851 164 825 MJ/año):

- ▶ Acceso Sur: 97,7%
- ▶ Ruta 1: 44,63%
- ▶ Ruta 2: 15,05%
- ▶ Ruta 3: 53,07%
- ▶ Ruta 5: 3,74%
- ▶ Ruta 7: 15,05%
- ▶ Ruta 10: 49,32%

Biomasa

Como los datos con relación a biomasa forestal no se encuentran disponibles en forma y que la sistematización de los mismos es incipiente, se ha optado por tomar como datos base la producción de eucalipto la cual se encuentra casi en su totalidad documentada y a la cual se ha tenido acceso.

La materia prima que se utiliza para producir los chips, o sea la leña, pueden recorrer distancias en un rango de 50-400 km y los tipos de transporte que se utilizan son generalmente los semi-remolques triple eje con una capacidad neta de 30 000 kilos.

Una vez que esta materia prima es recibido por la industria, es procesada y convertida en chips, los cuales son utilizados normalmente como biomasa en calderas para la producción de vapor conforme se ha recabado de fuentes primarias en base a lista de clientes, para el transporte de chips generalmente se usan triple ejes pero volquetes o baúles con puertas laterales, o doble ejes tumba con una capacidad neta de 30 000 kilos.

La distancia promedio en km de los centros de producción a las plantas industriales (clientes) es de 30 km, todo esto según datos proveídos por EFISA que es una de las principales empresas forestales. El consumo de combustible y MJ/Kg de chips se encuentran el **Cuadro 118**.

CUADRO 118
BIOMASA DE EUCALIPTO

BIOMASA - CHIPS DE EUCALIPTO	
Transporte del ingenio a los clientes	
DISTANCIA (km)	30
TIPO DE VEHÍCULO	TRES EJES - BAÚLES
CAPACIDAD (kg)	30 000
TIPO DE COMBUSTIBLE	DIÉSEL
CONSUMO DE COMBUSTIBLE* (litros/km)	0,4-0,50
CONSUMO TOTAL (litros)	27
LITROS DE DIÉSEL/kg DE CHIPS	0,0009
MJ/Kg DE CHIPS	0,0351

* Ida y vuelta

Fuente: elaboración propia

4.23.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

Debido a esto se centró en el análisis interno de las vías y capacidad del país y fue posible medir los tres componentes del indicador 23 a través de cálculos de aproximación y también pudo obtenerse información relevante sobre la infraestructura y logística para la distribución de etanol y biomasa a partir de eucalipto (chips) en Paraguay.

Entre los datos secundarios encontramos informes, resumen de ventas y normativas, de fuentes como IICA, CAPECO, MOPC y el MIC y los datos primarios recopilados consistieron en entrevistas y contactos vía mail con las industrias más relevantes así como con el MIC, en cuanto al cálculo del subindicador 23.2 se utilizaron métodos logísticos para obtener una medida cuantitativa del mismo.

Resultados

A partir de 2016 en Paraguay podemos decir la infraestructura de transporte está relativamente bien desarrollada, con excepción de caminos de tierra aledaños a las plantas de etanol, donde la infraestructura vial es poco desarrollada y presenta dificultades en caso de condiciones climáticas adversas, aun así no llega a ser un

problema de carácter crítico ya que el tipo de transporte utilizado generalmente no presenta dificultades, lo mismo podemos decir para los chips de eucalipto. Como la materia prima es decir caña de azúcar proviene de las zonas que se encuentran significativamente cerca de las plantas productoras (80 km alrededor de la planta) y el maíz depende de los precios ofertados generalmente es difícil definir las rutas para transportar a las plantas productoras de producción de alcohol.

En cuanto al almacenamiento, la capacidad total del país proveniente de los silos con respecto al maíz se encuentra suficiente para las necesidades, así como también la capacidad de almacenamiento de etanol de las plantas mezcladoras son adecuadas contrastando con las necesidades nacionales.

Consideramos relevantes 7 rutas (Acceso Sur, Ruta 1, Ruta 2, Ruta 3, Ruta 5 y Ruta 7, Ruta 10 - componente indicador 23.1) como principales caminos que conectan las plantas de almacenaje en el departamento central con las plantas de producción de etanol y a su vez con la mayoría de los puntos de distribución final. A través de ellas se realiza el transporte del etanol de las plantas productoras a las plantas mezcladoras y también de estas a los puntos de distribución final como gasolinas mezcladas o alcohol carburante. También debido a que estas vías conectan casi la totalidad de los departamentos

con la zona central, son de suma importancia para el Gobierno su debido mantenimiento y estado. Las mismas se encuentran en buenas condiciones y habilitadas para el tráfico pesado, conforme a los datos del MOPC (2016) de estado de las rutas estas vías consideradas críticas para el traslado de etanol se encuentran habilitadas para todo tiempo y para la capacidad del transporte utilizado, lo cual lleva a concluir que no representan una dificultad para la logística de distribución del etanol.

La capacidad acumulada de las rutas mencionadas en 2016 en general es aproximadamente la cantidad de etanol total de la producción que va de las plantas productoras a las plantas mezcladoras con lo cual se obtiene que:

- ▶ Acceso Sur: 271 350 000 litros/año o 214 095 t/año, 5 716 340 505 MJ/año.
- ▶ Ruta 1: 123 950 000 litros/año o 97 797 t/año, 2 611 167 885 MJ/año.
- ▶ Ruta 2: 41 800 000 litros/año o 32 980 t/año, 880 571 340 MJ/año.
- ▶ Ruta 3: 147 400 000 litros/año o 116 299 t/año, 3 105 172 620 MJ/año.
- ▶ Ruta 5: 10 400 000 litros/año o 8 206 t/año, 219 089 520 MJ/año.
- ▶ Ruta 7: 41 800 000 litros/año o 32 980 t/año, 880 571 340 MJ/año.
- ▶ Ruta 10: 137 000 000 litros/año o 108 093 t/año, 2 886 083 100 MJ/año.

Y un total de 1 030 638 382 litros de gasolina mezclada (gasolina sin plomo 85, gasolina sin plomo 90, gasolina sin plomo 95, combustible E-85 y alcohol carburante). Para el transporte tanto del etanol como las gasolinas mezcladas se consume aproximadamente 5 196 947 litros de combustible diésel por parte de los camiones cisterna siendo el consumo de energía asociada a ella un total de 202 680 943 MJ (componente indicador 23.2).

En cuanto a la evaluación del componente indicador 23.3, son relevantes 7 rutas dentro del país y de los 277 750 000 litros de etanol (5 851 164 825 MJ/año) los porcentajes asociados para cada ruta son:

- ▶ Acceso sur: 97,7%
- ▶ Ruta 1: 44,63%
- ▶ Ruta 2: 15,05%

- ▶ Ruta 3: 53,07%
- ▶ Ruta 5: 3,74%
- ▶ Ruta 7: 15,05%
- ▶ Ruta 10: 49,32%

Como el análisis de la proporción de energía asociada se centró en las rutas y no en las trayectorias, esto nos arrojó resultados acerca de las capacidades de distribución de cada una de ellas en sí.

Analizando los resultados, obtenemos que las rutas con mayores capacidades son: Acceso sur, Ruta 3, Ruta 10 y Ruta 1 ya que suponen aproximadamente 45% o más del total de etanol que se transporta a las terminales de carga.

En cuanto a la exportación el Paraguay todavía se encuentra en una fase incipiente debido a que es más atractivo el mercado interno que el internacional en cuanto a precios y la demanda interna es creciente y todavía exigente, aun así existen empresas como INPASA que exportan sus excedentes de etanol esto a futuro podría ser un punto bastante importante y ser fuente de ingreso de divisas al país.

Con respecto a los datos con relación a biomasa forestal no se encuentran disponibles en forma y que la sistematización de los mismos es incipiente, se ha optado por tomar como datos base la producción de eucalipto la cual se encuentra casi en su totalidad documentada y a la cual se ha tenido acceso, a través del estudio de datos obtenidos de la empresa EFISA S.A. La materia prima que se utiliza para producir los chips, pueden recorrer distancias en un rango de 50-400 km hasta los centros de producción y los tipos de transporte que se utilizan son generalmente los semi remolques triple eje con una capacidad neta de 30 000 kilos. La distancia promedio en km de los centros de producción a las plantas industriales (clientes) es de 30 km, para el transporte de chips generalmente se usan triple ejes pero volquetes o baúles con puertas laterales, o doble ejes tumba con una capacidad neta de 30 000 kilos. El consumo de combustible diésel para este recorrido es de 0,4 litros/km a la ida y 0,5 litros/km a la vuelta, es decir se consume aproximadamente un total de 27 litros de diésel equivalente a 1 053 MJ cada vez que se realiza un viaje.

Debido a la falta de datos sobre la oferta

nacional de chips y las trayectorias específicas de los mismos, no se pudo obtener la evaluación de la proporción de la bioenergía asociada a cada uno de ellos y por tanto tampoco el porcentaje respectivos.

Prácticas y políticas para mejorar la sostenibilidad

Es fundamental que los organismos estatales garanticen el control y mantenimiento de las vías de transporte utilizadas para asegurar la fluidez de los medios de transporte mecanismos impositivos específicos, así como también políticas que promuevan a futuro el uso de vías alternativas de transporte para ampliar la diversidad de medios para transportar la materia prima como el etanol y también la biomasa, un claro ejemplo utilizar camiones de 45 000 litros en lugar de 30 000 litros de capacidad para el transporte de etanol.

Entre las posibles prácticas al sector privado buscar impulsar la mecanización para el transporte de caña picada y en camiones con acoples, transportar directo de las plantas a las Estaciones de Servicios (EE.SS.) utilizando los Surtidores Mezcladores para el etanol anhidro y transportar directo a los tanques de las EE.SS. el etanol hidratado esto reduciría en buena medida la carga de las rutas nacionales, y que las terminales de almacenaje cuenten con un buen stock para la entre zafra en tanques apropiados con techo flotante interno para evitar la evaporación excesiva.

Monitoreo del indicador en el futuro

La infraestructura y logística para el transporte de la bioenergía dentro del país puede afectar significativamente el desarrollo del sector. El indicador 23 podría ser una herramienta eficaz para informar este tipo de análisis.

A medida que la producción se expanda en Paraguay y si no se encuentran otros tipos de vías alternativas de transporte, el tráfico de camiones cisterna y triple eje que cargan con biomasa (leña y chips) aumentará esto traería consigo el desgaste de las rutas y por tanto impactaría en la calidad de los caminos en varias partes del país representando un importante cuello de botella si no se toman las medidas adecuadas para el control y mantenimiento, que debe ser objeto de un estrecho control.

En el futuro sería conveniente contar con información más precisa en relación a las fuentes de abastecimiento de materias primas, a la cantidad de etanol proveída por cada planta a cada terminal y el porcentaje de utilización de la capacidad de almacenaje de etanol de cada Terminal por cada mes del año.

También se debería realizar una evaluación más profunda sobre este indicador para poder desarrollar una aplicación práctica para la realidad del Paraguay, basada en la recopilación de datos primarios y en las discusiones, mediante la cuantificación de los tres componentes del indicador 23.

REFERENCIAS

Dirección Nacional de Transporte (DINATRAN), 2015. Normativa sobre pesos y dimensiones vehiculares MOPC. Paraguay. Disponible en: <http://www.dinatran.gov.py/docum/dimensiones.pdf> (Acceso: 23 de junio de 2017)

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2016a. El Observatorio: Caña de Azúcar. Paraguay. Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/cana.htm> (Acceso: 18 de junio de 2017)

IICA, 2016b. El Observatorio: Maíz. Paraguay. Disponible en: <http://www.iica.org.py/observatorio/maiz.htm> (Acceso: 18 de junio de 2017)

Cámara Paraguaya de Cereales y Oleaginosas (CAPECO), 2017. Disponible en: <http://www.capeco.org.py/>

capeco.org.py/capacidad-estatica-de-silos-es/
(Acceso: 19 de junio de 2017)

Ministerio de Industria y Comercio (MIC),

2016a. Resumen de Ventas de Combustibles derivados del petróleo por mes. Histórico anual del 2016. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentCombust_2016Mes-2.pdf
(Acceso: 19 de junio de 2017)

MIC, 2016b. Resumen de Ventas de Combustibles derivados del petróleo por departamento.

Histórico anual del 2016. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentCombust_2016Dpto-2.pdf
(Acceso: 19 de junio de 2017)

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), 2016. Estado de rutas. Disponible en:

<http://www.mopc.gov.py/historico-2016-s361>
(Acceso: 23 de junio de 2017)

MOPC, 2018. Red vial 2018. Disponible en: <https://www.mopc.gov.py/red-vial-s1> (Acceso: 10 de febrero de 2018)

4.24 INDICADOR: 24 CAPACIDAD Y FLEXIBILIDAD DE USO DE LA BIOENERGÍA

Luis Carlos Pereira, Sebastián Denis Camp

Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental – Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción” (UCA).

DESCRIPCIÓN:

(24.1) Ratio de capacidad para el uso de bioenergía en comparación con el uso real por cada ruta significativa de utilización

(24.2) Ratio de capacidad flexible que puede usar bioenergía u otras fuentes energéticas frente a capacidad total

UNIDADES DE MEDICIÓN:

Ratios

4.24.1 Implementación del indicador 24 en Paraguay

Para la implementación de lo indicador 24 en Paraguay la información fue obtenida tanto de fuentes oficiales acerca del consumo anual de combustibles (MIC, 2012–2016), como también en base a estimaciones referente al parque automotor *Flex*, no disponible en datos del parque automotor nacional de la Cámara de Importadores de Automotores y Maquinarias (CADAM) del Paraguay.

Con el fin de realizar las mediciones de este indicador, se compilaron informaciones referentes a la tasa de uso de los combustibles en el transporte, así como información referente a la capacidad máxima de mezcla (“*blending wall*”) del etanol en las gasolinas.

En este estudio, la capacidad máxima de mezcla de etanol anhidro en las gasolinas, se considera igual a 27%, mientras que la mínima igual a 18%, conforme a estudios realizados en el Brasil y próximos a adoptarse a nivel MERCOSUR y en el Paraguay, y a las exigencias de los fabricantes de vehículos *Flex Fuel* de Brasil respectivamente.

Este Indicador nos proporciona una importante información sobre los efectos de la variación de la oferta del etanol y biomasa forestal en los programas bioenergéticos a nivel nacional, que podrían verse afectados ante escasez de materia prima por diversos efectos.

4.24.2 Resultados claves

Etanol

Para la evaluación del subindicador 24.1 se ha comparado el uso real en la actualidad con respecto a la capacidad de utilización del etanol. La capacidad de uso del etanol está dada por el volumen que puede migrar entre gasolina y etanol anhidro, así como entre gasolina y etanol hidratado. De acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes (principalmente de origen brasilero) se considera como aceptable un mínimo de 18% de etanol anhidro, y un máximo de 27%, acorde a regulaciones legales.

Para la elaboración de los ratios, se han utilizado informaciones estimadas en algunos casos debido a la ausencia de información de precisión necesaria. Una suposición realizada fue que el parque automotor *Flex* ha crecido linealmente, a una ratio de 6 000 autos por año, en base a las estadísticas de importación disponibles, y su consumo de combustible neto por año se estima suponiendo un viaje promedio diario de 20 km, y un consumo de 10 litros cada 100 km. Es importante aclarar que para este estudio a modo de simplificación se considera que los autos *Flex* utilizan el etanol hidratado ya que en la realidad realizan un uso combinado de etanol y gasolina, sin embargo, debido a la falta de datos disponibles referentes a la manera en que este uso es distribuido se realiza la simplificación mencionada anteriormente. Los resultados obtenidos pueden verse en el **Cuadro 117**.

CUADRO 119

RATIO DE USO REAL EN LA ACTUALIDAD CON RESPECTO A LA CAPACIDAD DE UTILIZACIÓN DEL ETANOL EN PARAGUAY

Año	Etanol en E-85 ¹ (a)	Ventas naftas mezcladas ²	Etanol anhidro ³ (25%) (b)	Etanol hidratado ⁴ (c)	Etanol anhidro (27%) (d)	Consumo máximo autos Flex (e)	Ratio 24.1 ⁵
2012	11 761 501	637,645,814	159 411 454	3 363 263	172 164 370	18 980 000	0,92
2013	9 837 373	663,461,220	165 865 305	5 489 246	179 134 529	23 360 000	0,90
2014	8 866 912	718,877,511	179 719 378	11 951 766	194 096 928	27 740 000	0,91
2015	10 627 289	839,240,053	209 810 013	17 609 375	226 594 814	32 120 000	0,93
2016	9 715 505	999,588,281	249 897 070	19 620 095	269 888 836	36 500 000	0,92

¹ El combustible E-85 se compone de 85% de etanol anhidro y 15% de gasolina

² Sum of ventas de Nafta Económica, Sin plomo 85, Sin plomo 90, Sin plomo 95

³ El etanol anhidro contiene hasta 5% de agua

⁴ El etanol hidratado es alcohol carburante utilizado como combustible para los vehículos Flex Fuel de procedencia brasilera

⁵ $(a+b+c)/(d+e)$

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Industria y Comercio (MIC, 2012–2016)

Para la evaluación del subindicador 24.2 se ha comparado la capacidad flexible con respecto a la capacidad de utilización del etanol. La capacidad flexible es el volumen que puede migrar entre la gasolina y etanol anhidro y entre gasolina y etanol hidratado, asumiendo un nivel mínimo de etanol del 18% y un máximo del 27%. La capacidad flexible se define como la diferencia

del volumen de gasolinas del 27% y las del 18%, o dicho de otra manera, la capacidad flexible en este caso es del 9%. A ello se debe agregar el total del consumo de los autos Flex que pueden migrar entre gasolinas y etanol hidratado. En el **Cuadro 118** se puede observar los cálculos realizados de acuerdo al procedimiento mencionado anteriormente.

CUADRO 120

RATIO DE LA CAPACIDAD FLEXIBLE CON RESPECTO A LA CAPACIDAD DE UTILIZACIÓN DEL ETANOL EN PARAGUAY

Año	Etanol anhidro (27%) (a)	Etanol anhidro (18%) (b)	Uso flexible de etanol anhidro (c = a-b)	Consumo máximo autos Flex (d)	Ratio 24.2 ¹
2012	172 164 370	114 776 247	57 388 123	18 980 000	0,40
2013	179 134 529	119 423 020	59 711 510	23 360 000	0,41
2014	194 096 928	129 397 952	64 698 976	27 740 000	0,42
2015	226 594 814	151 063 210	75 531 605	32 120 000	0,42
2016	269 888 836	179 925 891	89 962 945	36 500 000	0,41

¹ Ratio 24.2 = $(c+d)/(a+d)$

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Industria y Comercio (MIC, 2012–2016)

Biomasa forestal con fines energéticos

De acuerdo a datos del indicador 3, existe en el Paraguay un balance negativo entre la oferta de biomasa sostenible para energía y la demanda

actual de madera para la producción de energía a nivel doméstico e industrial comprendido en un rango de 7,5 a 11 millones de toneladas por año de biomasa sólida. De la demanda solo una cantidad comprendida entre 927 560 y 1 162 365 t/año es

cubierta de manera sostenible. El subindicador 24.1 se puede definir como igual a 1,00 dado que toda la capacidad para el uso de bioenergía es efectivamente utilizada. Sin embargo, el ratio de capacidad flexible (subindicador 24.2) es igual a cero porque las tecnologías utilizadas a nivel industrial y de hogares pueden utilizar solamente leña y no tienen la flexibilidad de reemplazarla con otros combustibles.

4.2.4.3 Principales conclusiones y recomendaciones

Planteamiento utilizado

Para el desarrollo de este indicador se ha utilizado información del Ministerio de Industria y Comercio, utilizando los informes oficiales anuales tanto sobre producción y uso de combustible y etanol.

Con respecto al parque automotor *flex* se ha realizado algunas suposiciones basadas en datos de importación de dichos vehículos para de esta manera determinar el crecimiento de dicho parque automotor.

Por último es importante mencionar que para este estudio se consideró un mínimo nivel de etanol de 18% y un máximo de 27%, conforme a estudios realizados en Brasil y próximo a ser adoptados a nivel Mercosur.

Resultados

De acuerdo a los datos obtenidos en el indicador 24.1 puede observarse que el consumo real de etanol, sea de caña de azúcar o de maíz, se encuentra alrededor del 0,90 de su capacidad a lo largo del periodo estudiado (2012-2016). Por otro lado podemos observar que la capacidad flexible con respecto a la capacidad de utilización del etanol se mantiene en un orden de alrededor al 0,40.

Para la biomasa forestal con fines energéticos se obtuvo como resultado para el Indicador 24.1 el valor de 1,00 lo que significa que el uso real iguala a la capacidad de uso disponible. Sin embargo, el ratio de capacidad flexible (subindicador 24.2) es igual a cero porque las tecnologías utilizadas a nivel industrial y de hogares pueden utilizar solamente leña y no

tienen la flexibilidad de reemplazarla con otros combustibles.

Prácticas y políticas para mejorar la sustentabilidad

De acuerdo al informe final de biocombustibles del año 2012, el gobierno justamente se encuentra en proyectos de adecuar los biocombustibles a los equipos ya existentes, invirtiendo en tecnologías para poder llevar a cabo el mencionado objetivo. Podemos decir que en materia de biocombustible existen avances en la implementación de tecnología, infraestructura e inversión, pero aún existen factores pendientes para alcanzar los estándares internacionales.

La ley de fomento a los biocombustibles resulta muy importante en cuanto al impacto de las mezclas de combustibles, pero se debe mencionar que existen otros factores externos como por ejemplo condiciones del mercado, precios internacionales del petróleo que en algunos casos puede influir en la proporción de combustible mezclado y de esta manera el uso de biocombustibles.

Por último, es muy importante señalar que, debido a que en el Paraguay el total del combustible fósil es importado, una posible migración de combustibles fósiles a biocombustibles representaría un importante ahorro en divisas, ya mencionado en el indicador 20.

En cuanto a Biomasa, se sugiere realizar una planificación y seguimiento de programas de reforestación, especialmente de eucaliptos, siendo los chips de eucaliptos la fuente de biomasa más utilizada a nivel industrial.

Monitoreo del indicador en el futuro

El indicador es relevante debido a que el mismo evalúa si los recursos e infraestructura disponible se encuentran preparadas para un cambio en los combustibles (tipo y composición) y para determinar la necesidad de adaptaciones.

También el Ministerio de Industria y Comercio debe mantener igualmente actualizada su base de datos del Parque Automotor *Flex* y realizar un estudio estadístico del consumo de los distintos tipos de combustibles de este parque automotor

Flex ya que se necesita una cantidad real y representativa para realizar un estudio más objetivo debido a que para esta investigación,

como ya fue mencionado solo se utilizó una suposición.

REFERENCIAS

Ministerio de Industria y Comercio (MIC),

2012-2016. Resumen de venta de derivados del petróleo.

Histórico anual 2012. Disponible en:

http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2012.pdf (Acceso: 28 de junio de 2017)

Histórico anual 2013. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2013.pdf

(Acceso: 28 de junio de 2017)

Histórico anual 2014. Disponible en: <http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/>

[ResumenVentasCombustibles_2014.pdf](#)

(Acceso: 28 de junio de 2017)

Histórico anual 2015. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2015.pdf

(Acceso: 28 de junio de 2017)

Histórico anual 2016. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2016.pdf

(Acceso: 28 de junio de 2017)

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Andrea Rossi, Tiziana Pirelli

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

5.1 RESULTADOS DEL PROYECTO

El proyecto que la FAO implementó en cooperación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) contribuyó a mejorar la capacidad del país para evaluar la sostenibilidad de la bioenergía a través de los indicadores de la GBEP. En particular, el proyecto aportó evidencias útiles para fundamentar la toma de decisiones, dentro del contexto más amplio del desarrollo bajo en carbono, en relación con los procesos bioenergéticos prioritarios en Paraguay, es decir, biomasa forestal para energía y etanol de caña de azúcar y maíz.

En la implementación del proyecto, la FAO trabajó en estrecha cooperación con los centros nacionales de excelencia relevantes, proporcionándoles orientación técnica y apoyo.

Con el fin de fortalecer la capacidad del país para monitorear la sostenibilidad de la bioenergía, se organizaron entrenamientos para expertos clave de dichos centros y de instituciones nacionales pertinentes, sobre metodologías seleccionadas para evaluar los impactos de la bioenergía. Estas metodologías son relevantes, y podrían aplicarse, para los sectores de la agricultura y la energía en general, pudiendo contribuir así a fundamentar el diseño e implementación de políticas para promover el desarrollo bajo en carbono en estos sectores de forma más amplia, además específicamente de la bioenergía.

El proyecto contribuyó también a sentar las bases para la creación de una plataforma nacional para el monitoreo a largo plazo de la sostenibilidad de la bioenergía. En particular, a través del Grupo de Trabajo Multi Actores (MSWG, por sus siglas en inglés) que se estableció en el país, el proyecto promovió la coordinación interministerial y fomentó un diálogo constructivo entre los responsables de

la formulación de políticas, el sector privado y las instituciones académicas. Además, aumentó la concienciación de cada una de estas partes interesadas sobre los principales asuntos de sostenibilidad asociados con los procesos bioenergéticos seleccionados y sobre la importancia de monitorear los impactos de la producción y el uso de bioenergía con el paso del tiempo.

Igualmente, el proyecto promovió el intercambio de información, experiencias y buenas prácticas entre las partes interesadas nacionales antes mencionadas y también a nivel regional. Con respecto a este último, se organizó un taller regional en Paraguay, que dio ocasión a fructíferos debates entre los responsables de la formulación de políticas de 12 países de América Latina y el Caribe, y allanó el camino para posibles oportunidades de cooperación en el futuro.

Finalmente, la implementación de los indicadores de sostenibilidad para la bioenergía de la GBEP en Paraguay brindó lecciones útiles sobre cómo aplicar los indicadores como herramienta para el desarrollo sostenible y cómo mejorar la practicidad de esta herramienta. Estas lecciones se reflejan en la Guía de Implementación de los Indicadores de Sostenibilidad para la Bioenergía de la GBEP según el Grupo de Trabajo sobre Sostenibilidad.

5.2 SOSTENIBILIDAD DE LA BIOMASA FORESTAL PARA ENERGÍA Y ETANOL DE MAÍZ Y CAÑA DE AZÚCAR EN PARAGUAY: RESULTADOS CLAVES Y RECOMENDACIONES

En consulta con el MSWG, se identificaron dos procesos bioenergéticos prioritarios en Paraguay. Fueron elegidas en función de su difusión, su relevancia en términos de toma de decisiones y la necesidad de más evidencias y análisis con respecto a su sostenibilidad y competitividad. Los siguientes procesos bioenergéticos y los asuntos de sostenibilidad relacionados representaron el enfoque principal del proyecto:

- ▶ Biomasa forestal para energía; y
- ▶ Etanol de caña de azúcar y maíz.

Los principales resultados que surgen de la implementación de los indicadores de la GBEP para estas dos cadenas de valor y las recomendaciones relacionadas se discuten a continuación.

5.2.1 Biomasa forestal para energía

La energía procedente de la biomasa forestal es una de las más relevantes en Paraguay, teniendo una elevada participación en el Balance Energético Nacional. De hecho, la biomasa sólida y los biocombustibles representan el 43% del consumo total de energía. En el país, la leña se

utiliza a nivel de los hogares para hacer fuego en chimeneas o cocinas, y a nivel industrial para la producción de energía térmica y de vapor (Indicador 14).

A pesar del hecho de que Paraguay tiene una de las tasas de electrificación más altas en América Latina, con el 100% de los hogares urbanos y 98% de los hogares rurales con acceso a la electricidad (IEA, 2015), cerca del 50% de los hogares rural dependían todavía de la biomasa tradicional para cocinar y calefacción en 2015, incluso si este porcentaje ha descendido rápidamente en los últimos años (en 2008 era del 73,6%). El uso de la leña se da principalmente a través del fuego abierto, con consecuencias negativas sobre la salud debido a la exposición negativa a la contaminación del aire en el interior de las viviendas (Indicador 15). Debido a la pérdida de los bosques, la leña comienza a escasear, en especial en la parte este del país, y la población debe comprarla o invertir mucho tiempo en obtenerla (MOPC, VMME y GIZ, 2013 - Indicador 13). A nivel industrial, las agroindustrias, las industrias madereras, alcoholeras y azucareras, la industria de acero y las aceiteras son los mayores consumidores de biomasa para energía en forma de leña, chips y carbón vegetal (Indicadores 3 y 14). En particular, dentro del sector agroindustrial, se estima que se requieren cada año más de 500 000 toneladas de leña para secar soja y se necesitan cantidades similares para el trigo, el maíz y otros granos (Global Forest Coalition, 2014).

En conjunto, según los resultados del Indicador 3, la demanda de biomasa sólida para la producción de energía a nivel doméstico e industrial es de entre 8 515 000 y 12 147 000 t/año, y la oferta de biomasa sostenible para energía (incluyendo biomasa de plantaciones forestales y la recolección sustentable de bosques nativos manejados) es de entre 927 560 y 1 162 365 t/año. Por tanto, la oferta de madera de producción sostenible no es suficiente para cubrir la demanda actual de madera para la producción de energía a nivel doméstico e industrial, con un balance negativo de entre 7,5 y 11 millones de t/año aproximadamente. Existe una presión añadida de la demanda de carbón vegetal para el mercado de exportación, sobre todo hacia Brasil,

a donde la mayor parte del carbón se exporta ilegalmente a través de camiones que cruzan las fronteras (Atlas Mundial, 2016).

La recogida de leña y la producción de carbón vegetal, al igual que la expansión de las áreas agrícolas y pasturas, son los principales motores de la deforestación y degradación de los bosques en Paraguay. Hasta la década de 1990, el 52% del área total de la tierra de Paraguay eran bosques. En los últimos 25 años el país ha padecido una deforestación a gran escala, que ha causado la pérdida de 5,8 millones de hectáreas de tierra boscosa, a una tasa de más de 203 000 hectáreas por año. Entre 2002 y 2012, Paraguay fue el segundo país en el mundo con el mayor porcentaje de bosques perdidos (9,6% - Hansen *et al.*, 2013).

En los últimos años, se han adoptado diversas iniciativas legislativas en Paraguay con el objetivo de proteger los bosques nativos, promover el establecimiento de plantaciones forestales y mejorar la trazabilidad y sostenibilidad de la cadena de suministro de biomasa forestal. Como se describe en el Capítulo 2, la Ley 524/04 (mejor conocida con el nombre de “Deforestación Cero”) fue promulgada para prohibir el procesamiento y conversión de áreas con cobertura boscosa en la región oriental. Desde entonces, las tasas de deforestación en el Bosque Atlántico del Alto Paraná han caído drásticamente, en un 90% comparadas con el 2002 (WWF, 2011). En el 2012 se ha elaborado el Plan Nacional de Reforestación, que contempla establecer 450 000 ha de plantaciones forestales, entre 2013 y 2027. Además, a través del Decreto Presidencial 4056/2015 del Viceministerio de Minas y Energía, en coordinación con el Instituto Forestal Nacional, la Secretaría del Ambiente y el Ministerio de Industria y Comercio se autoriza a establecer regímenes de certificación, control y promoción de uso de bioenergías que garanticen la sostenibilidad de estos recursos energéticos renovables (SEAM, 2015).

Una implementación efectiva de las medidas antes mencionadas puede contribuir a mejorar la sostenibilidad de las cadenas de valor de la biomasa forestal y la dendroenergía en Paraguay. El recién aprobado proyecto Pobreza, Reforestación, Energía y Cambio Climático (PROEZA) puede también jugar un papel importante en este sentido (véase la Sección

5.3). Sin embargo, sería necesario realizar esfuerzos adicionales para seguir mejorando la sostenibilidad del sector y explotar plenamente su potencial para el desarrollo rural y la reducción de la pobreza.

En particular, en el informe se recomiendan las siguientes medidas:

- ▶ Incentivar el manejo sostenible de los bosques nativos productivos, por ejemplo, a través de la adopción de políticas e incentivos apropiados para prácticas de manejos de bosques sostenibles.
- ▶ Maximizar el control de la deforestación y del comercio ilegal de productos y subproductos y sancionarlo.
- ▶ Garantizar la trazabilidad de productos y subproductos de la biomasa.
- ▶ En línea con el Plan Nacional de Eficiencia Energética, promover:
 - A nivel doméstico, la introducción de cocinas de biomasa mejoradas, con efectos ambientales y socioeconómicos positivos, en especial en términos de salud; y
 - a nivel industrial, el uso de chips y pellets (en lugar de leña y carbón vegetal) y la adopción de tecnologías de combustión más eficientes, con efectos positivos en términos de sostenibilidad ambiental (por ejemplo menores emisiones de GEI) y también de competitividad.
- ▶ Acelerar la aplicación del Plan Nacional de Reforestación, utilizando igualmente especies nativas, además de las especies exóticas – principalmente Eucalipto– que actualmente predominan en las plantaciones forestales.

Además, para un control eficaz de la sostenibilidad de la biomasa forestal para energía en el futuro, se han elaborado las siguientes recomendaciones:

- ▶ A nivel de país se requiere realizar el monitoreo sistemático de los datos de los recursos madereros recolectados, incluyendo a los dendrocombustibles y los residuos forestales recolectados anualmente; y se

debe continuar con las estimaciones del crecimiento neto medio anual de los bosques nativos y plantaciones.

- ▶ Deben mejorarse los registros de datos de plantaciones, la finalidad y el destino final de los productos y subproductos, así como el censo de las pequeñas y grandes industrias productoras y consumidoras de biomasa maderera.
- ▶ Los datos del sector forestal deben de ser sistematizados, actualizados y publicados a través del trabajo conjunto entre los sectores productivos, de investigación y normativos.

5.2.2 Etanol de maíz y caña de azúcar

La mezcla de etanol anhidro en las gasolinas se inició en Paraguay en 1999. Sin embargo, el aumento significativo y rápido de la producción y consumo de etanol a nivel nacional se inició solo tras la adopción de la Ley 2748/05 de “Fomento de los Biocombustibles”. De hecho, la producción de etanol pasó de menos de 60 millones de litros en 2006 a casi 280 millones de litros en 2016, cuando este biocombustible representaba ya cerca del 28% del consumo total de gasolina en Paraguay, reduciendo su dependencia de las importaciones de combustibles fósiles³². En el país se utiliza principalmente etanol anhidro en las mezclas (hasta el 25%) con gasolina, y también E85 (85% de etanol anhidro) y etanol hidratado en uso directo como combustible en los vehículos Flex Fuel (Indicador 20, MIC, 2012 – 2016). Se espera que el crecimiento del mercado doméstico del etanol continúe gracias a la Ley 5444/15, promulgada en julio 2015, que busca promover aún más el consumo de etanol, impulsar la importación de vehículos *Flex Fuel*, y obligar que al menos el 30% de los vehículos del Estado sean *Flex Fuel*.

En Paraguay existen actualmente 12 plantas de etanol, con una capacidad total de producción de 340 millones de litros anuales. Nueve plantas ofrecen la flexibilidad de utilizar caña de azúcar y/o granos como materia prima; mientras que tres de ellas –incluyendo una propiedad de PETROPAR– producen etanol exclusivamente a

³² Además de reducir la importación de gasolinas y el consecuente ahorro de divisas, el uso de etanol anhidro en las gasolinas como mezcla permite técnicamente que las gasolinas comercializadas como RON 85, RON 90 y RON 95 alcancen estos octanajes, permitiendo el uso de una nafta de bajo octanaje –como la Nafta Virgen (RON 70 aprox.)– en la formulación de aquellas, siendo la Nafta Virgen de mucho menor coste, lo que hace que el ahorro de divisas sea aún mayor.

partir de caña de azúcar.

La Ley 5444/15 establece que el etanol debe producirse a partir de caña de azúcar y que una vez que no exista más disponibilidad de ésta, puede elaborarse con otras materias primas³³. La realidad es que el uso del maíz como materia prima para la producción de etanol ha ido ganando terreno, en detrimento de la caña de azúcar. En 2016, casi el 56% del etanol en Paraguay se producía a partir de cereales (principalmente maíz), comparado con cerca del 44% en 2014 (MIC, 2016).

Desde la adopción de la Ley de “Fomento a los Biocombustibles”, el área cosechada de caña de azúcar en Paraguay ha aumentado desde 74 000 ha en 2006 a 120 000 ha en 2016. En el mismo periodo, la caña de azúcar ha experimentado además un leve incremento en la productividad por área cultivada (Indicador 8). Sin embargo, el rendimiento medio de la caña en Paraguay (56 t/ha en 2016) es uno de los más bajos de la región, por ejemplo menos de la mitad que el de Perú (120 t/ha). Los escasos rendimientos se atribuyen al uso de suelos marginales o degradados y variedades de caña de azúcar de escasa productividad. Los rendimientos son particularmente bajos a pequeña escala (40 t/ha, comparado con 65 t/ha a media y gran escala), debido al reducido nivel de mecanización e insumos (Indicador 18).

El maíz usado para la producción de etanol se denomina maíz entre zafra (o maíz zafriña). Se siembra entre los meses de enero y febrero, inmediatamente después de la cosecha de la soja, y se cultiva en fincas de media y gran escala, mientras que el maíz producido en pequeña escala se destina en general al consumo humano. En relación a este cultivo, el área recolectada aumentó de 546 000 ha en 2010 a 839 000 ha en 2016 (Indicador 8). En los últimos años, la productividad también creció en forma notable, llegando a 5,37 t/ha en 2016, en línea con otros países de la región.

Los principales hallazgos y recomendaciones relacionados con la sostenibilidad del etanol de caña de azúcar y maíz en Paraguay se resumen a continuación:

- ▶ El ciclo de vida del etanol a partir de maíz zafriña es el que menores emisiones de GEI genera (-53% comparado con la gasolina), seguido por el etanol a base de caña de azúcar de productores de media y gran escala (-40%) y por último el etanol a partir de caña de azúcar de productores en pequeña escala (-23%). Para lograr un mayor ahorro de emisiones de GEI, debe aumentarse la productividad de las materias primas (en especial para la caña de azúcar y en pequeña escala) y deben reducirse –y si es posible evitar– los cambios en el uso de la tierra.
- ▶ En las áreas donde se cultivan y procesan la caña de azúcar y el maíz, los resultados del Indicador 6 muestran niveles de contaminación (especialmente P-fósforo) de los recursos hídricos por encima de los límites establecidos por la Secretaría del Ambiente (SEAM). Se recomienda en estas áreas un monitoreo sistemático de las aguas superficiales y subterráneas.
- ▶ Respecto a la tenencia de la tierra, las fincas de menos de 50 hectáreas, que representan casi el 55% de la superficie cultivada de caña de azúcar, son las que mayormente tienen problemas de titulación. Además, parte de las tierras utilizadas para el cultivo de caña de azúcar y maíz (incluyendo para la producción de etanol) ha experimentado un aumento significativo en su valor de mercado (Indicador 9). Para mejorar la sostenibilidad social de la cadena de valor del etanol, es importante monitorear y abordar estos asuntos.
- ▶ Según los resultados del Indicador 10, la producción de etanol contribuyó a que los precios del maíz –y en especial de la caña de azúcar– subiesen. No obstante, la producción de etanol no revertió la tendencia de los precios reales, que fue a la baja y por tanto no influyó en la reducción del uso de caña de azúcar y maíz como alimento. A medida que el mercado del etanol continúa expandiéndose, debe monitorearse su impacto en el suministro y precios de los alimentos.
- ▶ En 2016, se estima que existen unos 20 000 empleos en la producción de caña de azúcar

³³ Anteriormente, el Decreto ministerial 2998/2015 obligaba que la caña de azúcar fuese la materia prima exclusiva para la producción de etanol anhidro que se utiliza en la mezcla con la gasolina RON 85 o “Económica” (la de coste más bajo). Solo si no hay suficiente suministro de caña de azúcar en las “áreas de influencia” de las plantas de etanol (en un radio de 50 km), el Ministerio de Industria y Comercio autorizará el uso de otras materias primas.

para etanol y unos 3 500 en las plantas de procesamiento, por lo que considerando los empleos indirectos (unos 112 000), habría unas 135 500 personas vinculadas directa o indirectamente a la producción de etanol de caña de azúcar³⁴ (Indicador 12). A medida que avanza la mecanización de este cultivo, se van perdiendo puestos de trabajo temporales y no cualificados, principalmente de cortadores de caña. Deben preverse programas de recualificación para estos trabajadores desechados, a fin de facilitar su reintroducción en el mercado de trabajo.

En general, para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la cadena de valor del etanol en Paraguay y permitir una expansión de su producción sin mayores presiones sobre la tierra y el uso de la tierra, se requiere una intensificación sostenible del cultivo de materias primas, en especial de la caña de azúcar y en pequeña escala. Esto puede lograrse adoptando variedades más productivas y mejores prácticas de gestión³⁵, insumos y tecnologías, que deberían promoverse a través de políticas e incentivos adecuados. Entre otras opciones, se debería explorar la posibilidad de utilizar el riego durante los períodos más secos, dando prioridad a tecnologías de gran eficiencia y precisión que minimicen el riesgo de lixiviación y escorrentía de nutrientes.

Para garantizar la sostenibilidad del etanol en su ciclo de vida, se recomienda además establecer una política de incentivos a aquellas industrias que cuenten con certificación de sostenibilidad. Con ello se fomentaría la certificación sostenible desde el inicio, minimizando así los principales riesgos ambientales y sociales, y el mercado global se encontraría más abierto a comprar los excedentes de etanol a futuro.

5.3 RECOMENDACIONES PARA EL MONITOREO FUTURO DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA BIOENERGÍA EN PARAGUAY

Como se explicó anteriormente, el proyecto sentó las bases para la constitución de una plataforma nacional para el monitoreo a largo plazo de la sostenibilidad de la bioenergía, mediante el establecimiento de un Grupo de Trabajo Multi Actores (MSWG, por sus siglas en inglés), que reúne a representantes de ministerios y organismos nacionales pertinentes, sector privado y del mundo académico.

Aprovechando el impulso creado por el proyecto, sería importante institucionalizar el MSWG, convirtiéndolo en un organismo permanente y oficial, y designando formalmente a los representantes de los grupos de partes interesadas antes mencionados. Para garantizar un proceso participativo, en el futuro sería deseable abrir aún más el MSWG a los representantes de la sociedad civil.

El MSWG podría jugar un papel clave en el debate de cuestiones relacionadas con el desarrollo de la bioenergía moderna y su sostenibilidad, y podría proporcionar orientación y asesoramiento a los responsables de la toma de decisiones. El MSWG podría también actuar como custodio de los indicadores de la GBEP, y supervisar así el monitoreo de los impactos ambientales, sociales y económicos de la producción y el uso de la bioenergía a través de estos indicadores.

³⁴ Debido a la falta de datos, tan solo fue posible estimar el número de empleos vinculados a la cadena de valor del etanol a partir de caña de azúcar.

³⁵ Por ejemplo, en el cultivo de caña de azúcar en pequeña escala, resultaría clave reducir la incidencia de la quema de caña de azúcar antes de la cosecha. En el cultivo de maíz, aumentar la densidad de siembra redundaría en una mayor productividad.

Con el establecimiento de un marco a largo plazo para el monitoreo de la sostenibilidad de la bioenergía, sería posible evaluar la contribución de la bioenergía moderna a la mitigación del cambio climático y el desarrollo sostenible y, por lo tanto, a la implementación de las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, al monitorear la sostenibilidad de la producción y uso de la bioenergía moderna, se podrían obtener indicaciones importantes sobre la efectividad de las políticas de apoyo a la bioenergía y el logro de los objetivos asociados (por ejemplo reducción de emisiones de GEI, mayor diversidad y acceso a la energía, etc.), además de la identificación de cualquier efecto involuntario que tales políticas pudieran tener. Los resultados del monitoreo podrían usarse para fundamentar posibles revisiones y ajustes a estas políticas.

Los indicadores de la GBEP servirían también como herramienta útil en el contexto del proyecto Pobreza, Reforestación, Energía y Cambio Climático (PROEZA), que fue aprobado por la Junta del Fondo Verde para el Clima (GCF) en febrero de 2018 y que será implementado conjuntamente por FAO y el Gobierno de Paraguay. Con un presupuesto de 90 millones de dólares estadounidenses, este proyecto de mitigación y adaptación al cambio climático tiene como objetivo atenuar los efectos adversos del cambio climático en el país, al tiempo que reduce la pobreza rural, combate la deforestación y mitiga las emisiones de gases de efecto invernadero. Apoyará la transición a la gestión forestal sostenible para reducir la pérdida de cobertura forestal del país y mejorar la calidad de vida de cerca de 17 000 familias vulnerables, en 64 distritos municipales ubicados en ocho departamentos de la región oriental de Paraguay. La capacidad y experiencia adquirida por los centros locales de excelencia en la implementación de las metodologías de indicadores de la GBEP, y los datos de referencia generados a través de la aplicación de estas metodologías al sector de biomasa forestal para energía en Paraguay, serían muy valiosos en la evaluación y manejo de los riesgos ambientales y sociales de PROEZA y en el monitoreo de los impactos de este proyecto.

Monitorear la sostenibilidad ambiental, social y económica de la producción y uso de la bioenergía de manera regular puede resultar costoso. Por tanto, sería necesario un compromiso financiero del Gobierno. Sin embargo, los costos de monitoreo deberían ser relativamente bajos, ya que podrían contratarse los centros nacionales de excelencia que aplicaron las metodologías de los indicadores de la GBEP en el país (y algunos de los cuales son públicos y responden más o menos directamente al gobierno). Además, para los diversos indicadores de la GBEP, ya se establecieron valores de referencia para las cadenas de valor relacionadas con la biomasa forestal para energía y el etanol de maíz y la caña de azúcar en Paraguay. Al usar estos valores de referencia, se podrían monitorear los impactos futuros de estos procesos bioenergéticos.

Bajo este proyecto, solo se analizaron los procesos bioenergéticos más relevantes. Además, para estas vías, solo fue posible contar con conjuntos de datos parciales en la mayoría de los casos. Para el monitoreo futuro, sería importante ampliar el alcance del análisis a procesos adicionales. Igualmente, se deben compilar o recopilar datos adicionales, en especial para los procesos bioenergéticos que se espera experimenten un crecimiento significativo y para aquellas que se consideran particularmente estratégicas.

Con respecto a los datos secundarios, cada una de las instituciones gubernamentales relevantes representadas en el MSWG deberían comprometerse a proporcionar toda la información necesaria. El acceso a los datos que posee el sector privado también es clave para un monitoreo exhaustivo de las cadenas de valor de la bioenergía seleccionadas. Parte de la información podría ser de naturaleza delicada a nivel comercial (o podría ser percibida como tal por los operadores) y, por lo tanto, debería tratarse como confidencial. La cooperación de las asociaciones empresariales, idealmente como parte del MSWG, podría desempeñar un papel clave en este sentido. Donde fuese necesario, podrían también firmarse acuerdos de confidencialidad con las empresas privadas.

En cuanto a los datos primarios, el tamaño y la cobertura geográfica de las encuestas de campo

realizadas durante el proyecto fueron bastante limitadas, debido a restricciones de tiempo y recursos. Para obtener una imagen precisa de los efectos del desarrollo de la bioenergía moderna en las diferentes regiones de Paraguay, se recomienda recopilar datos adicionales. Se debe dar prioridad a las áreas que son más relevantes en términos de prominencia de las diversas cuestiones de sostenibilidad abordadas por los indicadores de la GBEP, así como en términos de volumen de producción y uso de los procesos bioenergéticos seleccionados.

Para promover el desarrollo sostenible de la bioenergía, es fundamental el intercambio de buenas prácticas, experiencias y lecciones aprendidas, tanto a nivel nacional como

internacional. El MSWG establecido en el marco del proyecto representa un medio excelente para fomentar este intercambio entre las partes interesadas nacionales relevantes. Además, se organizó un taller regional en Paraguay, que llevó a fructíferos debates entre los responsables de la formulación de políticas y expertos de 12 países de América Latina y el Caribe, allanando el camino para posibles oportunidades de cooperación en el futuro. Para aprovechar estas oportunidades, sería importante mantener un diálogo regional activo sobre cuestiones relacionadas con el desarrollo sostenible de la bioenergía, incluyendo la organización de eventos similares en el futuro, idealmente con periodicidad regular.

REFERENCIAS

- Atlas Mundial**, 2016. Top wood charcoal exporting and importing countries. Disponible en: <http://www.worldatlas.com/articles/top-wood-charcoal-exporting-and-importing-countries.html> (Acceso: 9 de noviembre de 2016)
- Global Forest Coalition**, 2014. A Global Overview of Wood Based Bioenergy: Production, Consumption, Trends and Impacts. Disponible en: <http://globalforestcoalition.org/wp-content/uploads/2010/06/REPORT-WOOD-BASED-BIOENERGY-FINAL.pdf>
- Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S.V., Goetz, S.J., Loveland, T.R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C.O. and Townshend, J.R.G.**, 2013. 'High-resolution global maps of 21st-century Forest Cover change', *Science*, 342(6160), pp. 850–853. doi: 10.1126/science.1244693.
- International Energy Agency (IEA)**, 2015. WEO 2015 Electricity access database. Disponible en: <http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/energyaccessdatabase/>
- Ministerio de Industria y Comercio (MIC)**, 2012–2016. Resumen de venta de derivados del petróleo.
- Histórico anual 2012. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2012.pdf (Acceso: 28 de junio de 2017)
- Histórico anual 2013. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2013.pdf (Acceso: 28 de junio de 2017)
- Histórico anual 2014. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2014.pdf (Acceso: 28 de junio de 2017)
- Histórico anual 2015. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2015.pdf (Acceso: 28 de junio de 2017)
- Histórico anual 2016. Disponible en: http://www.mic.gov.py/mic/site/comercio/pdf/resumen/ResumenVentasCombustibles_2016.pdf (Acceso: 28 de junio de 2017)
- MIC**, 2016. Sector Industrial. Informe S.Nº 337/2016.
- MOPC, VMME y GIZ**, 2013. Producción y consumo de biomasa sólida en Paraguay. Proyecto de mejoramiento de la base de datos para una política energética más sustentable en Paraguay.

Asunción. Disponible en: [https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20\(1\).pdf](https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/biomasa/base/37.%20Produccion%20y%20Consumo%20Biomasa%20(1).pdf)

Secretaría del Ambiente (SEAM), 2015. Paraguay trabaja en forma interinstitucional y a nivel continental los Green Commodities. Disponible en: <http://www.seam.gov.py/content/paraguay-trabaja-en-forma-interinstitucional-y-nivel-continental-los-green-commoditties>

WWF, 2011. Making a Pact to Tackle Deforestation in Paraguay. Disponible en: <http://internationaltreefoundation.org/wp-content/uploads/2011/04/Paraguay-FINAL-30-march-2011.pdf>



La Asociación Global para la Bioenergía (GBEP, para sus siglas en inglés) ha producido un conjunto de veinte y cuatro indicadores para la evaluación y monitoreo de la sostenibilidad de la bioenergía a nivel nacional. Los indicadores de la GBEP tienen por objetivo informar a las autoridades sobre los aspectos ambientales, sociales y económicos de la sostenibilidad del sector de la bioenergía en el país y guiarlos hacia políticas que fomenten el desarrollo sostenible. La FAO, que es uno de los miembros fundadores de la GBEP, implementó los indicadores en Paraguay, bajo la dirección del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Este informe presenta los resultados de la aplicación de los indicadores de la GBEP a los dos procesos bioenergéticos prioritarios

identificados en Paraguay: biomasa forestal para energía y etanol de maíz y caña de azúcar. El proyecto proporcionó a Paraguay una comprensión de como establecer los medios de un monitoreo periódico a largo plazo del sector de la bioenergía nacional basado en los indicadores de la GBEP. Dicho monitoreo periódico mejoraría el conocimiento y la comprensión de este sector y, en terminos más generales, la forma en que podría evaluarse la contribución de los sectores agrícola y energético al desarrollo sostenible nacional. La implementación de los indicadores GBEP en Paraguay proporcionó, además, una serie de lecciones aprendidas sobre cómo aplicarlas como una herramienta para el desarrollo sostenible y cómo mejorar su practicidad.

Climate and Environment Division (CBC) Publications

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO)
WWW.FAO.ORG

ISBN 978-92-5-130579-9 ISSN 2226-6062



9 7 8 9 2 5 1 3 0 5 7 9 9

I9576ES/1/05.18