



“Estudio preliminar de factibilidad para la elaboración de un programa de biocombustibles en la VII Región, orientado a favorecer familias campesinas de escasos recursos”.

“Potencial de producción de biocombustibles en base a cultivos agrícolas”

Centro Avanzado de Gestión, Innovación y Tecnología para la Agricultura (CATA)

Departamento de Industrias

Universidad Federico Santa María.



**UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA**

Santiago, 09 de julio de 2009





Introducción

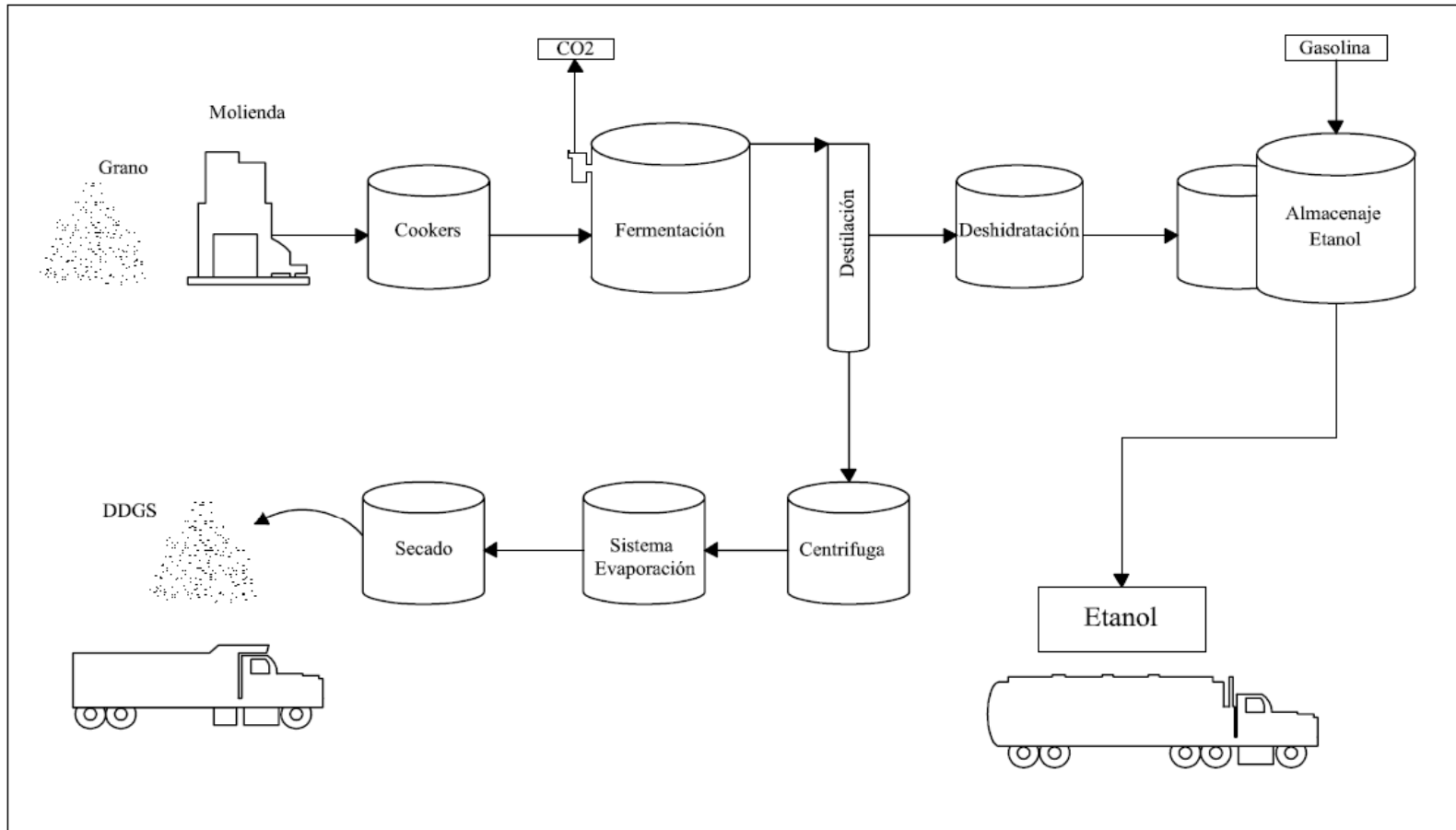
- Selección de una gama de materias primas, diferenciadas principalmente por su contenido de azúcares fermentables o contenido de aceite, según sea para la producción de etanol o biodiesel, respectivamente.

Etanol	Biocombustible
Habas	Cártamo
Sorgo	Lupino
Maíz	Raps
Trigo	



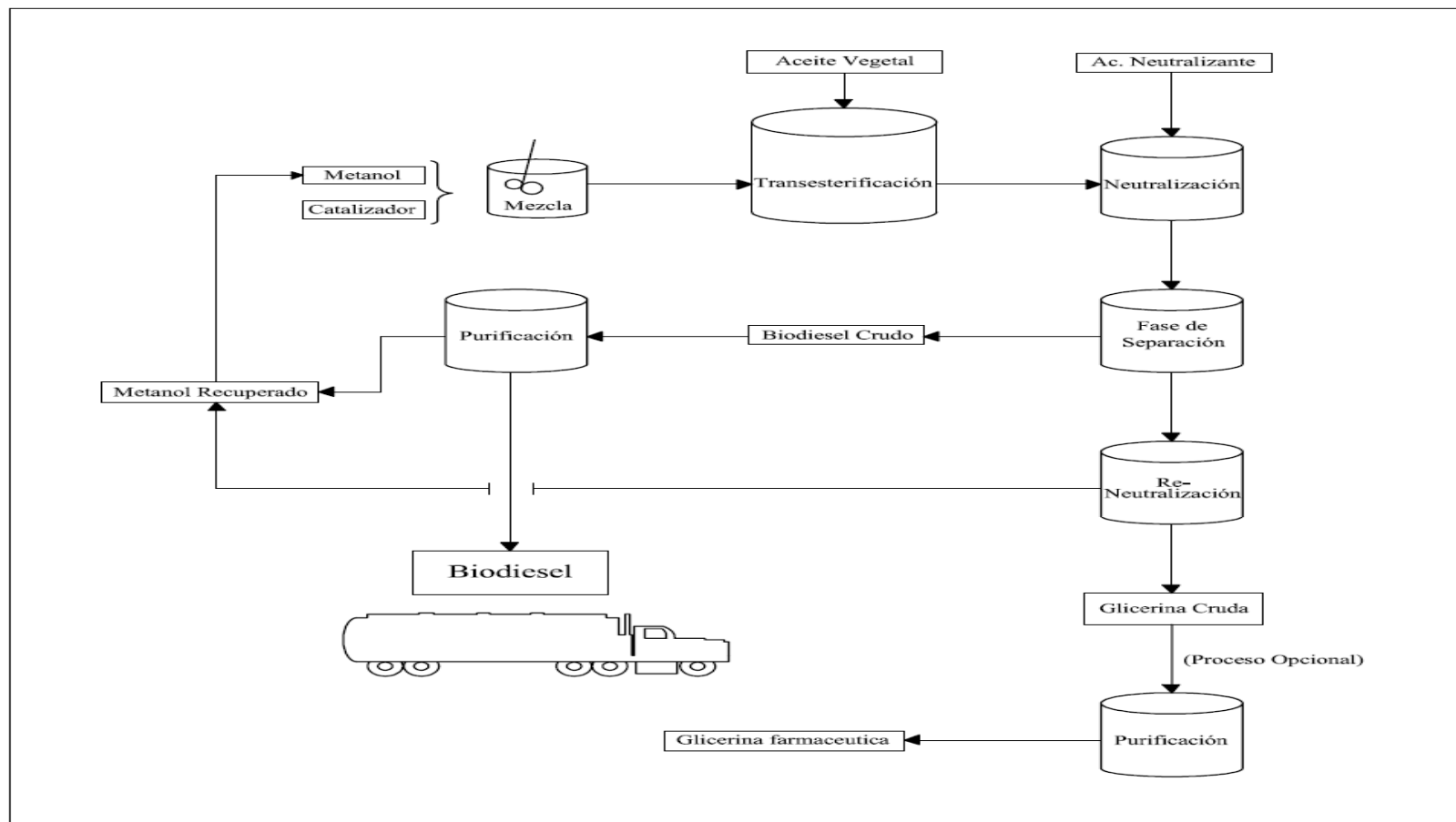


Proceso Obtención Etanol



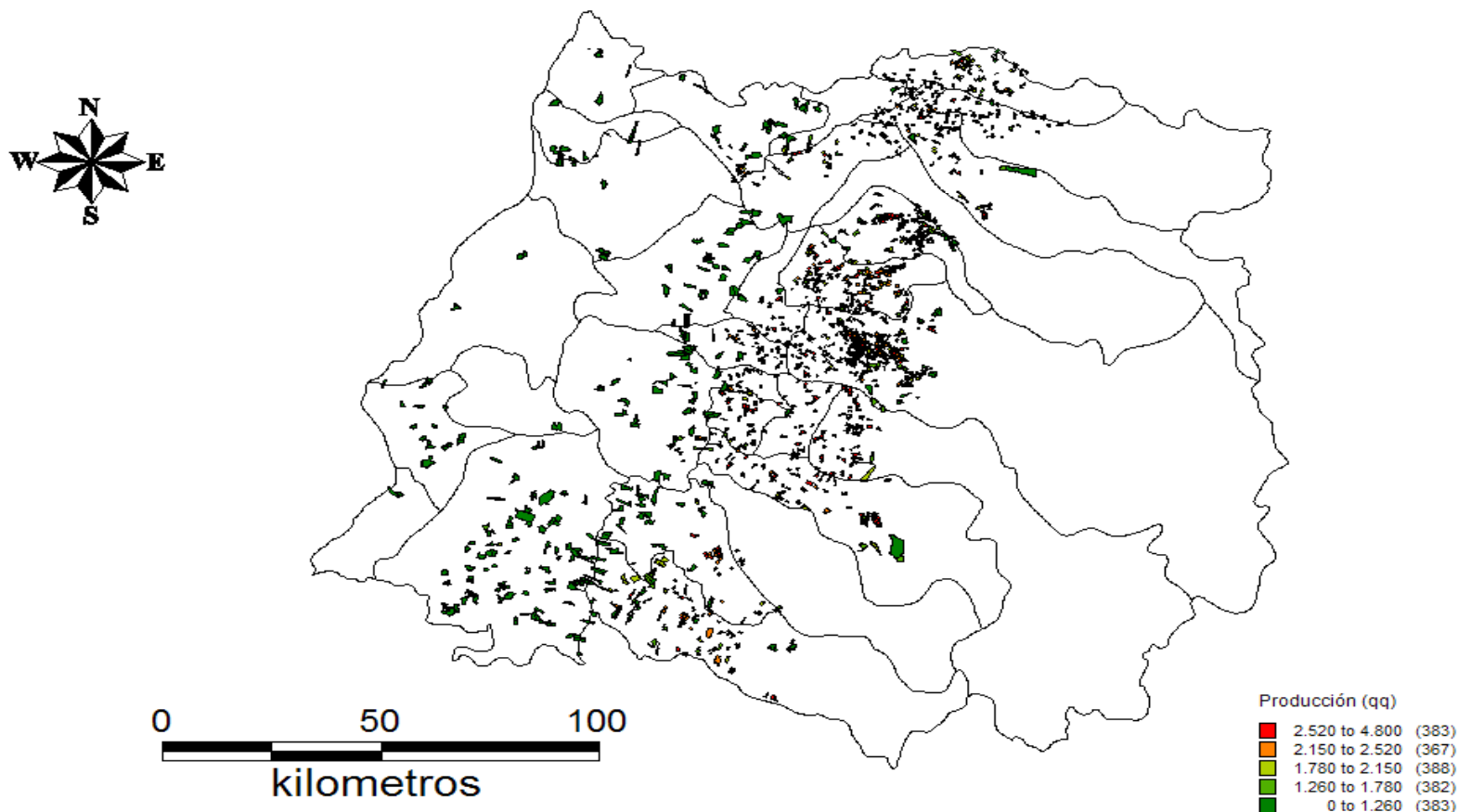


Proceso de obtención de Biodiesel





Distribución de la producción de biomasa de haba en la VII región.





Potencial de producción de biomasa agrícola para biocombustibles en la VII región.

Cultivo	Producción potencial (ton)	Producción actual (ton)	Producción disponible para biocombustibles (ton)
Maíz	322.235,7	278.153,3	44.082,4
Trigo	205.310,2	103.110,5	102.199,7
Haba	93.750,9	12,6	93.738,3
Sorgo	225.991,3	0,0	225.991,3
Cártamo	93.750,9	7,5	93.743,4
Lupino	33.662,0	127,2	33.534,8
Raps	21.458,3	547,8	20.910,5





Potencial de producción de etanol en la VII región.

Indicador	Unidad	Haba ^a	Sorgo	Maíz	Trigo
Superficie actual	ha	6,2	0,0	29.406,8	24.100,8
Superficie máxima disponible	ha	46.329,0	46.329,0	33.155,3	46.329,0
Superficie disponible para etanol	ha	46.322,8	46.329,0	3.748,5	22.228,2
Rendimiento promedio pequeños prod.	Ton/ha	2,0	4,9	9,7	4,4
Producción actual de la VII Región	Ton	12,4	0,0	278.153,3	103.110,5
Producción potencial de la VII Región	Ton	93.750,9	225.991,3	322.235,7	205.310,2
Producción disponible para etanol	Ton	93.738,5	225.991,3	44.082,4	102.199,7
Factor de conversión	m ³ /ton	0,36	0,41	0,46	0,40
Producción máxima de etanol	m³	33.745,9	92.656,4	20.277,9	40.879,9





Potencial de producción de biodiesel en la VII región.

Indicador	Unidad	Cártamo	Lupino	Raps
Superficie actual	ha	5,0	82,0	140,8
Superficie máxima disponible	ha	46.329,0	13.173,7	13.173,7
Superficie disponible para etanol	ha	46.324,0	13.091,7	13.032,9
Rendimiento promedio pequeños prod.	Ton/ha	2,0	2,6	1,6
Producción actual de la VII Región	Ton	7,5	127,2	547,8
Producción potencial de la VII Región	Ton	93.750,9	33.662,0	21.458,3
Producción disponible para biodiesel	Ton	93.743,4	33.534,8	20.910,5
Factor de conversión	m ³ /ton	0,40	0,14	0,44
Producción máxima de biodiesel	m³	37.497,4	4.694,9	9.200,6





Balance energético para cultivos seleccionados. Etanol.

Indicador	Haba Riego		Sorgo Riego		Maíz Riego		Trigo Riego	
	Exhaustivo	Nacional	Exhaustivo	Nacional	Exhaustivo	Nacional	Exhaustivo	Nacional
NIVEL DE CAMPO								
Rendimiento (Ton/ha)	3,5	3,5	8,5	8,5	13,5	13,5	8,0	8,0
Energía de entrada (MJ/ha)	10.810	3.882	18.828	3.933	29.401	5.232	18.065	4.976
Energía de salida (MJ/ha)	35.000	35.000	85.000	85.000	135.000	135.000	80.000	80.000
Energía neta (MJ/ha)	24.190	31.018	66.172	81.067	105.599	129.768	61.935	75.024
Cuociente salida/entrada	3,2	9,0	4,5	21,6	4,6	25,8	4,4	16,1
Producción neta (MJ/kg grano)	6,9	8,9	7,8	9,5	7,8	9,6	7,7	9,4
PROCESO COMPLETO								
Energía de entrada (MJ/Lt)	19,56	14,06	16,38	12,11	15,71	11,82	19,52	13,46
Energía de salida (MJ/Lt)	24,33	23,45	23,82	23,14	23,71	23,09	24,32	23,35
Valor de energía neta NEV (MJ/Lt)	4,77	8,88	7,44	11,03	8,00	11,27	4,80	9,98
Relación de energía neta	1,24	1,67	1,45	1,91	1,51	1,95	1,25	1,74





Balance energético para cultivos seleccionados. Biodiesel.

Indicador	Cártamo Riego		Lupino Valle Central S.		Raps Precordillera	
	Exhaustivo	Nacional	Exhaustivo	Nacional	Exhaustivo	Nacional
NIVEL DE CAMPO						
Rendimiento (Ton/ha)	3,5	3,5	5,5	5,5	3,5	3,5
Energía de entrada (MJ/ha)	16.030	16.030	15.637	7.344	18.544	3.985
Energía de salida (MJ/ha)	80.500	80.500	126.500	126.500	94.500	94.500
Energía neta (MJ/ha)	64.470	75.803	110.863	119.156	75.956	90.515
Cuociente salida/entrada	5,0	17,1	8,1	17,2	5,1	23,7
Producción neta (MJ/kg grano)	18,4	21,7	20,2	21,7	21,7	25,9
PROCESO COMPLETO						
Energía de entrada (MJ/Lt)	14,55	6,45	23,41	12,64	15,73	5,83
Energía de salida (MJ/Lt)	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Valor de energía neta NEV (MJ/Lt)	17,45	25,55	8,59	19,36	16,27	26,17
Relación de energía neta	2,20	4,96	1,37	2,53	2,03	5,49





Precios promedio 2000-2007.

Cultivo	Precio	
	US\$/kg	\$/qq
Haba	0,190	9.628
Sorgo	0,119	6.053
Maíz	0,197	9.976
Trigo	0,258	13.075
Cártamo	0,249	12.608
Lupino	0,390	19.795
Raps	0,280	14.177





Rentabilidad a nivel de productor para distintos sistemas productivos para etanol.

Item	HR	HSI	SR	SSC	MR	MSA	TR	TSI
Rendimiento (qq/ha)	35	20	85	70	135	95	80	40
Precio (\$/qq)	9.628	9.628	6.053	6.053	9.976	9.976	13.075	13.075
Total Labores (\$/ha)	201.518	168.268	197.318	157.318	243.856	243.856	211.450	217.450
Total Insumos (\$/ha)	222.259	160.943	248.899	207.244	402.797	295.914	276.052	185.073
Flete (\$)	10.500	6.000	25.500	21.000	40.500	28.500	24.000	12.000
Secado (\$)	24.500	14.000			68.850	48.450		
Imprevistos (\$)	22.939	17.461	23.586	19.278	37.800	30.836	25.575	20.726
Renta de la Tierra (\$)	200.000	100.000	200.000	100.000	200.000	150.000	250.000	100.000
Costo Total (\$)	681.716	466.671	695.303	504.840	993.803	797.556	787.077	535.249
Ingreso bruto (\$)	336.980	192.560	514.505	423.710	1.346.760	947.720	1.046.000	523.000
Margen bruto (\$)	-344.736	-274.111	-180.798	-81.130	352.957	150.164	258.923	-12.249
Rent. Anual por há.	-50,57%	-58,74%	-26,00%	-16,07%	35,52%	18,83%	32,90%	-2,29%





Rentabilidad a nivel de productor para distintos sistemas productivos para biodiesel.

Item	CR	CSI	LVCS	LSI	RP	RSI
Rendimiento (qq/ha)	35	20	55	37	35	24
Precio (\$/qq)	12.608	12.608	19.795	19.795	14.177	14.177
Total Labores (\$/ha)	191.128	173.128	182.283	182.283	126.620	126.620
Total Insumos (\$/ha)	243.822	158.514	209.235	159.655	256.527	190.932
Flete (\$)	10.500	6.000	16.500	11.100	10.500	7.200
Secado (\$)						
Imprevistos (\$)	22.273	16.882	20.401	17.652	19.682	16.238
Renta de la Tierra (\$)	200.000	100.000	200.000	100.000	150.000	100.000
Costo Total (\$)	667.723	454.524	628.418	470.689	563.329	440.989
Ingreso bruto (\$)	441.280	252.160	1.088.725	732.415	496.195	340.248
Margen bruto (\$)	-226.443	-202.364	460.307	261.726	-67.134	-100.741
Rent. Anual por há.	-33,91%	-44,52%	73,25%	55,60%	-11,92%	-22,84%





Precios equivalentes de etanol con precios promedio.

cultivo	Precio etanol salida planta		Precio etanol-gasolina equivalente		Precio (\$/Lt) etanol-gasolina equivalente consumidor		Precio etanol-crudo WTI equivalente (sin IE)	
	(US\$/m ³)	(\$/Lt)	(US\$/m ³)	(\$/Lt)	(sin IE)	con (IE)	(US\$/m ³)	(US\$/brl)
Haba	757	383,799	1.129,851	572,834	750,693	958,701	836,090	132,923
Sorgo	535	271,245	798,507	404,843	550,784	758,792	590,896	93,942
Maíz	686	347,802	1.023,881	519,107	686,758	894,766	757,672	120,456
Trigo	887	449,709	1.323,881	671,207	867,757	1.075,765	979,672	155,750

Precio etanol-gasolina equiv. Consumidor = PEG + MD + CT + IVA + IE

Donde:

PEG : Precio equivalente gasolina

MD : Margen de distribución

CT : Costos de transporte

IVA : Impuesto al valor agregado

IE : Impuesto específico





Precios equivalentes de biodiesel con precios promedio.

cultivo	Precio biodiesel salida planta		Precio biodiesel-diesel equivalente		Precio (\$/Lt) biodiesel-diesel equivalente consumidor		Precio diesel -crudo WTI equivalente (sin IE)	
	(US\$/m ³)	(\$/Lt)	(US\$/m ³)	(\$/Lt)	(sin IE)	con (IE)	(US\$/m ³)	(US\$/brl)
Cártamo	714,000	361,998	793,333	402,220	547,662	599,664	571,200	90,811
Lupino	2.298,000	1.165,086	2.553,333	1.294,540	1.609,523	1.661,525	1.838,400	292,273
Raps	756,000	383,292	840,000	425,880	575,817	627,819	604,800	96,152

Precio biodiesel-diesel equiv. Consumidor = PED + MD + CT + IVA + IE

Donde:

PED : Precio equivalente diesel

MD : Margen de distribución

CT : Costos de transporte

IVA : Impuesto al valor agregado

IE : Impuesto específico





Precios equivalentes de etanol con precios que aseguran un 12% de rentabilidad al productor.

cultivo	Precio etanol salida planta		Precio etanol-gasolina equivalente		Precio (\$/Lt) etanol-gasolina equivalente consumidor		Precio etanol-crudo WTI equivalente (sin IE)	
	(US\$/m ³)	(\$/Lt)	(US\$/m ³)	(\$/Lt)	(sin IE)	con (IE)	(US\$/m ³)	(US\$/brl)
Haba	1.429	724,503	2.132,836	1.081,348	1.355,824	1.563,832	1.578,299	250,921
Sorgo	633	320,931	944,776	479,001	639,032	847,040	699,134	111,150
Maíz	612	310,284	913,433	463,110	620,121	828,129	675,940	107,462
Trigo	784	397,488	1.170,149	593,266	775,006	983,014	865,910	137,664

Precio etanol-gasolina equiv. Consumidor = PEG + MD + CT + IVA + IE

Donde:

PEG : Precio equivalente gasolina

MD : Margen de distribución

CT : Costos de transporte

IVA : Impuesto al valor agregado

IE : Impuesto específico





Precios equivalentes de biodiesel con precios que aseguran un 12% de rentabilidad al productor.

cultivo	Precio biodiesel salida planta		Precio biodiesel-diesel equivalente		Precio (\$/Lt) biodiesel-diesel equivalente consumidor		Precio diesel -crudo WTI equivalente (sin IE)	
	(US\$/m ³)	(\$/Lt)	(US\$/m ³)	(\$/Lt)	(sin IE)	con (IE)	(US\$/m ³)	(US\$/brl)
Cártamo	1.169,000	592,683	1.298,889	658,537	852,679	904,681	935,200	148,680
Lupino	1.253,000	635,271	1.392,222	705,857	908,989	960,991	1.002,400	159,364
Raps	939,000	476,073	1.043,333	528,970	698,494	750,496	751,200	119,427

Precio biodiesel-diesel equiv. Consumidor = PED + MD + CT + IVA + IE

Donde:

PED : Precio equivalente diesel

MD : Margen de distribución

CT : Costos de transporte

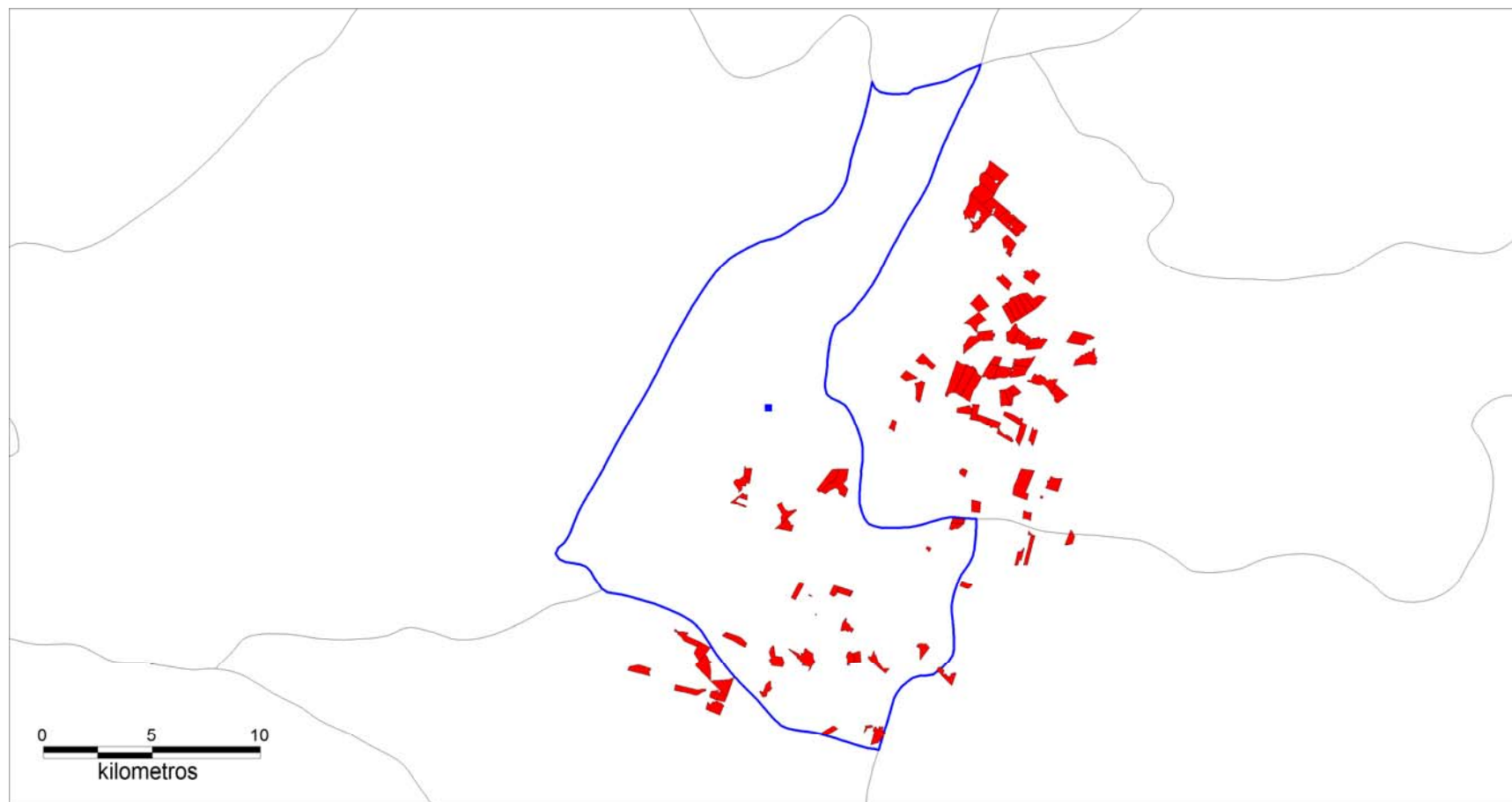
IVA : Impuesto al valor agregado

IE : Impuesto específico





Localización de planta de etanol: maíz 5% de sustitución de gasolina x etanol.





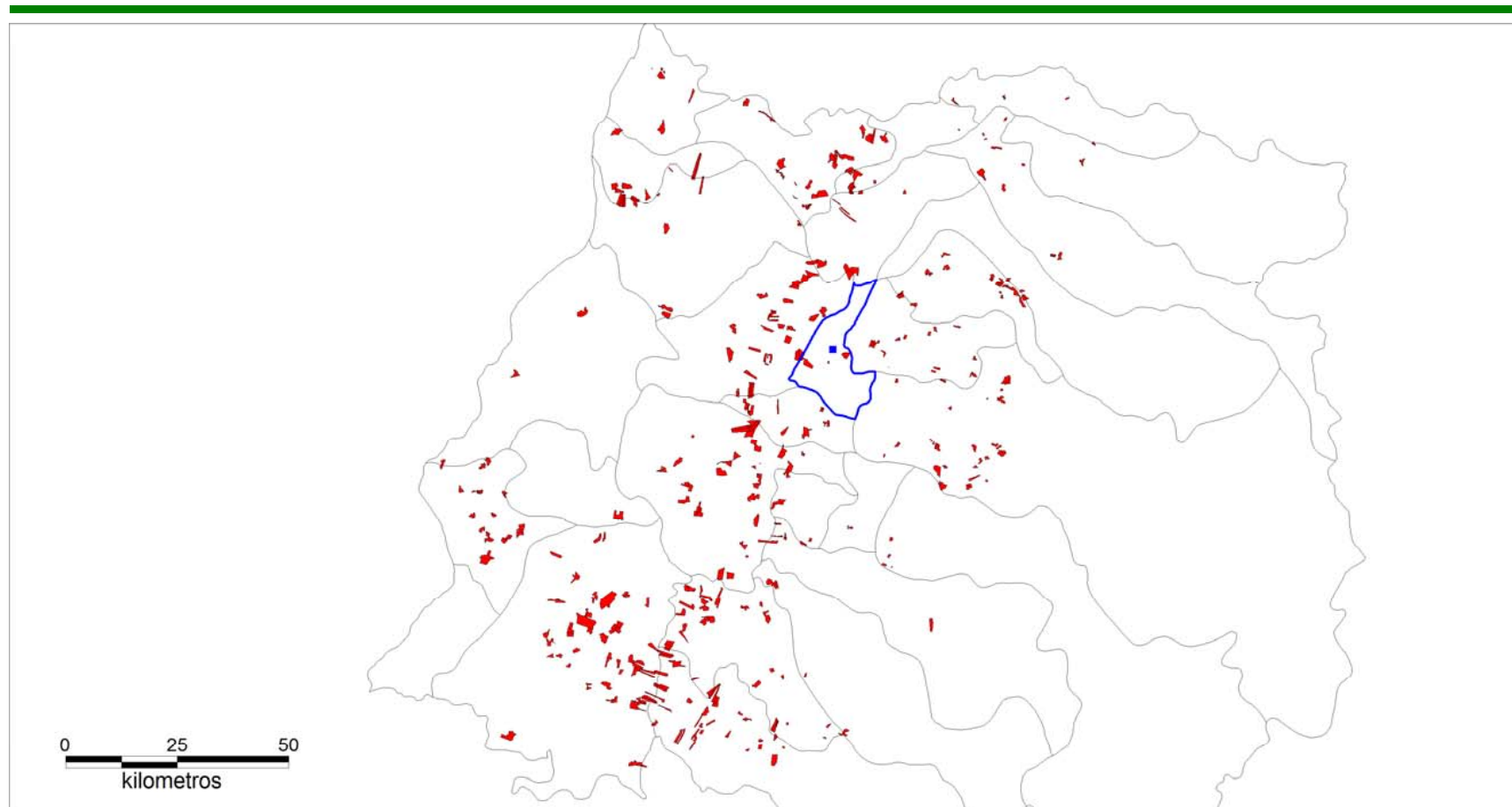
Localización de plantas de etanol para distintos escenarios.

Demanda	Materia prima	Localización	Factibilidad de materia prima
2%	Haba	TALCA	SI
2%	Sorgo	TALCA	SI
2%	Maíz	TALCA	SI
2%	Trigo	TALCA	SI
5%	Haba	TALCA	SI
5%	Sorgo	TALCA	SI
5%	Maíz	TALCA	SI
5%	Trigo	TALCA	SI
10%	Haba	TALCA	SI
10%	Sorgo	TALCA	SI
10%	Maíz	TALCA	SI
10%	Trigo	TALCA	SI





Localización de planta de biodiesel: raps, 2% de sustitución de diesel x biodiesel.





Localización de plantas de biodiesel para distintos escenarios.

Demanda	Materia prima	Localización	Factibilidad de materia prima
2%	Cartamo	TALCA	SI
2%	Lupino	TALCA	NO
2%	Raps	TALCA	SI
5%	Cartamo	TALCA	SI
5%	Lupino	TALCA	NO
5%	Raps	TALCA	NO
10%	Cartamo	TALCA	NO
10%	Lupino	TALCA	NO
10%	Raps	TALCA	NO





Conclusiones generales

- Existe potencial en la VII región para la producción de biomasa para satisfacer las necesidades de BC a nivel regional.
- Lupino es el único cultivo descartado a priori: producción no alcanza y precios a salida de planta elevados.
- No existe suficiente materia prima en la región para ocupar las plantas en un 100%. Se requeriría importar grano de otras regiones o del extranjero.
- Plantas debieran localizarse en la comuna de Talca.
- La instalación de una planta y la elección de la materia prima definida principalmente por el precio del petróleo.

