
Informe Técnico Final

Cultivos Sostenibles para Biocombustibles

Presentado a:



Santa Cruz, junio de 2009

Datos generales del Proyecto:

Título:

Cultivos Sostenibles para Biocombustibles

Responsables:

Fundación Amigos del Museo Noel Kempff:

Aspectos Técnicos: Liséte Correa (lcorrea@museonoelkempff.org)

Aspectos Administrativos: Maria Esther Montaña (mmontano@museonoelkempff.org)

Fecha de inicio: 01 de diciembre 2009

Duración: 6 meses

Introducción

El uso de biocombustibles, energía renovable alternativa al uso de combustibles fósiles, es una opción planteada y ya llevada a cabo por varios países; en el caso de los países andinos analizados en el presente estudio existen avances referidos a la investigación y a la implementación de proyectos para la producción de biocombustibles como el etanol y el biodiesel.

Con el presente estudio se pretende identificar áreas potenciales para el establecimiento de cultivos para biocombustibles en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, analizando los impactos potenciales tanto en términos de biodiversidad como de los servicios ecosistémicos, y con la consideración de que estos no comprometan la seguridad alimentaria ni las coberturas de vegetación natural.

Para la identificación de áreas de distribución potencial de cultivos que servirían como materia prima para la elaboración de biocombustibles se están utilizando modelos predictivos basados en factores climáticos, edáficos, altitudinales y latitudinales, e incorporando un análisis de las áreas deforestadas hasta el año 2000. Se considera sólo las áreas que hayan sido deforestadas para así asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y servicios ambientales de los ecosistemas naturales.

Si bien el estudio centra los análisis en la identificación de las áreas previamente deforestadas o áreas cultivables, la recomendación y la regulación para el establecimiento

de estos cultivos en última instancia dependerá de las acciones llevadas a cabo en cada país, basados principalmente en la identificación de las áreas que no estén siendo usadas como áreas de cultivos agrícolas, o que sean áreas abandonadas o con suelos degradados.

Objetivo General del Proyecto

Analizar a escala regional el potencial impacto ambiental del cultivo de las principales especies para producción de biocombustibles, tanto en términos de biodiversidad como de los servicios ecosistémicos.

Objetivos específicos

1. Modificar el mapa de cobertura forestal y cambio de la cobertura del suelo 1990 - 2000 de CABS, para identificar las tierras deforestadas antes de 1990.
2. Incorporar datos existentes sobre deforestación posterior a 2000 para los corredores de IIRSA (Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana), y otras zonas que disponen de esta información.
3. Crear modelos de la distribución potencial de los cultivos para biocombustibles.
4. Identificar áreas boscosas amenazadas por la ampliación de la frontera agrícola debido al cultivo.
5. Identificar áreas aptas para la producción de biocombustibles.

Área del estudio

El área de estudio para la realización de los análisis comprende los países de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Área de Estudio.

Fuentes de información

A continuación se detalla la información temática existente utilizada en el estudio y las imágenes satelitales revisadas.

Los análisis de coberturas naturales y deforestación parten del mapa Andes Tropicales 1991-2000, generado por Conservation International-Center for Applied Biodiversity Science - CI-CABS, para Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, y para Bolivia realizado por el Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado - Museo HNNKM, el cual se está

actualizando en base al análisis de 197 imágenes Landsat anteriores a 1990 (Figura 2 y Anexo 1), y mapas oficiales de cada país sobre la cobertura de la tierra.



Figura 2. Escenas Landsat analizadas, para fechas anteriores a 1990.

Para generar un mapa de cobertura del suelo y deforestación, lo más actualizado posible, se utilizó la información generada por el Museo HNNKM sobre deforestación en Bolivia y para corredores de IIRSA en Perú hasta el año 2005.

Para la utilización del modelo generado por CI, sobre la distribución potencial de cultivos para biocombustibles, se hizo uso de la información disponible en relación a las principales iniciativas sobre las materias primas en cada país, así como otros cultivos que probablemente serían usados como materias primas (Anexo 2 y 3); posteriormente se revisaron los datos sobre los requerimientos climáticos y ambientales para el desarrollo de estos cultivos, desde fuentes confiables disponibles en publicaciones y en Internet (Anexo 4). La información geográfica a escala regional que fue usada como insumo para la utilización del modelo de distribución potencial de los cultivos es la siguiente: los datos climáticos que se están utilizando son los que provienen del WORLDCLIM (<http://biogeo.berkeley.edu/worldclim/bioclim.htm>), la información topográfica proviene

del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, NGA-NASA-2000; <http://srtm.csi.cgiar.org>).

La identificación de áreas boscosas amenazadas por la ampliación de la frontera agrícola debido a cultivos, así como la identificación de áreas aptas para la producción de biocombustibles, se basa en el análisis de información generada en este estudio el cual se menciona en los párrafos anteriores; es decir, el mapa actualizado de cobertura del suelo y deforestación, y el área de distribución potencial de los cultivos.

Metodología de trabajo

La metodología utilizada en el presente estudio, se basa en el procesamiento y análisis de información geográfica, imágenes satelitales e información temática existente de la región.

Para contar con un mapa sobre la deforestación en los países andinos hasta el año 2000, se ha actualizado el mapa generado por CI-CABS, en que la clase *No bosque* englobaba el *No bosque natural* y el *No bosque antrópico* antes de 1990. El proceso realizado consiste en la revisión de imágenes Landsat anteriores a 1990, las mismas que fueron utilizadas por CABS, pero en este caso separando en la clase de *No bosque*, el *No bosque natural* del *No bosque antrópico* anterior a 1990, mediante recodificación con AOI en el programa ERDAS. Para este fin, también se procedió a revisar los mapas de cobertura de la tierra oficiales para cada país, para corroborar los sitios que presentaron dificultades en el análisis.

La actualización del Mapa de CABS con información posterior al 2000 se basó en adicionar, mediante recodificación en el programa ERDAS, los datos existentes sobre deforestación al 2005 para los corredores de IIRSA y de otras fuentes disponibles.

El área de distribución potencial de los cultivos para biocombustibles fue generada mediante la utilización del modelo elaborado por CI, incorporando la información climática y ambiental a nivel regional y global sobre los requerimientos de los cultivos.

Para la identificación de áreas boscosas amenazadas por la ampliación de la frontera agrícola debido a cultivos, y de las áreas aptas para la producción de biocombustibles, se realizaron análisis espaciales utilizando el programa ArcGIS, para relacionar la información generada sobre el Mapa actualizado de cobertura de la tierra y deforestación y del área de distribución potencial de los cultivos.

A continuación, se presentan de forma resumida las actividades realizadas para el desarrollo del estudio, y en el Anexo 4 existe una explicación más detallada de los procesos.

Objetivos	Actividades
<p>Objetivo 1 Modificar el Mapa de cobertura forestal y cambio de uso del suelo 1990-2000 de CABS para identificar las tierras deforestadas antes de 1990</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de 197 imágenes Landsat en ERDAS para la recodificación del Mapa de CABS, separando el <i>No bosque natural</i> del <i>No bosque antrópico</i> anterior a 1990. ▪ Revisión de mapas oficiales de coberturas naturales y áreas deforestadas por país, principalmente para áreas donde existían dificultades en el análisis. ▪ Generar el Mapa de coberturas naturales y deforestación hasta 2000.
<p>Objetivo 2 Incorporar datos sobre deforestación posterior a 2000 para los corredores de IIRSA y otras zonas que disponen de esta información</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actualización del Mapa de CABS con los datos sobre deforestación en los corredores de IIRSA al 2005. ▪ Revisión de otras fuentes sobre mapas de deforestación posterior a 2005, para actualizar el Mapa de CABS. ▪ Actualización del Mapa de coberturas naturales y deforestación de CABS hasta 2005, para Bolivia y para los corredores de IIRSA en Perú.
<p>Objetivo 3 Crear modelos de la distribución potencial de los cultivos para biocombustibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación de modelo de distribución potencial para cultivos (CI-Washington). ▪ Listado de cultivos propuestos como materia prima para biocombustibles en cada país (Anexo 2). ▪ Listado de cultivos para ser analizados con el modelo de distribución potencial y revisión de sus requerimientos (Anexo 3). ▪ Adquisición de información cartográfica a escala regional sobre variables climáticas y ambientales, para utilizar como insumos en el modelamiento. ▪ Aplicación del modelo de distribución potencial utilizando los datos sobre requerimientos globales y regionales.

<p>Objetivo 4 Identificar áreas boscosas amenazadas por la ampliación de la frontera agrícola debido a cultivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Combinar productos anteriores para identificar áreas de mayor presión antrópica sobre las coberturas boscosas.
<p>Objetivo 5 Identificar áreas aptas para la producción de biocombustibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Combinar productos anteriores para identificar donde las áreas potenciales de los cultivos se superponen con áreas previamente deforestadas.

Resultados

Como producto del análisis de la información existente y generada en el presente estudio, se tienen los siguientes resultados de acuerdo a cada uno de los objetivos del Proyecto.

1. Modificación del Mapa de cobertura de la tierra y deforestación para el período 1900-2000, identificando las tierras deforestadas antes de 1990

El Mapa sobre cobertura de la tierra y deforestación entre 1990 y 2000, elaborado por CI-CABS para Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela y por el Museo HNNKM para Bolivia ha sido modificado a través de revisión de imágenes satelitales, identificando las áreas deforestadas antes de 1990 para cada país, con lo cual se determina la localización y cuantificación de la deforestación para dos períodos, antes de 1990 y entre 1990 - 2000, como se muestra en la figura 3 y Tabla 1.

Tanto en la figura como en la tabla, se muestra un resumen de la información contenida en el mapa de cobertura y deforestación, se han agrupando las 24 clases que presentan los mapas en sólo 6 clases de cobertura natural y las clases que corresponden a deforestación. Es decir, se muestra la superficie de las coberturas naturales en el año 2000 y dos períodos de deforestación.

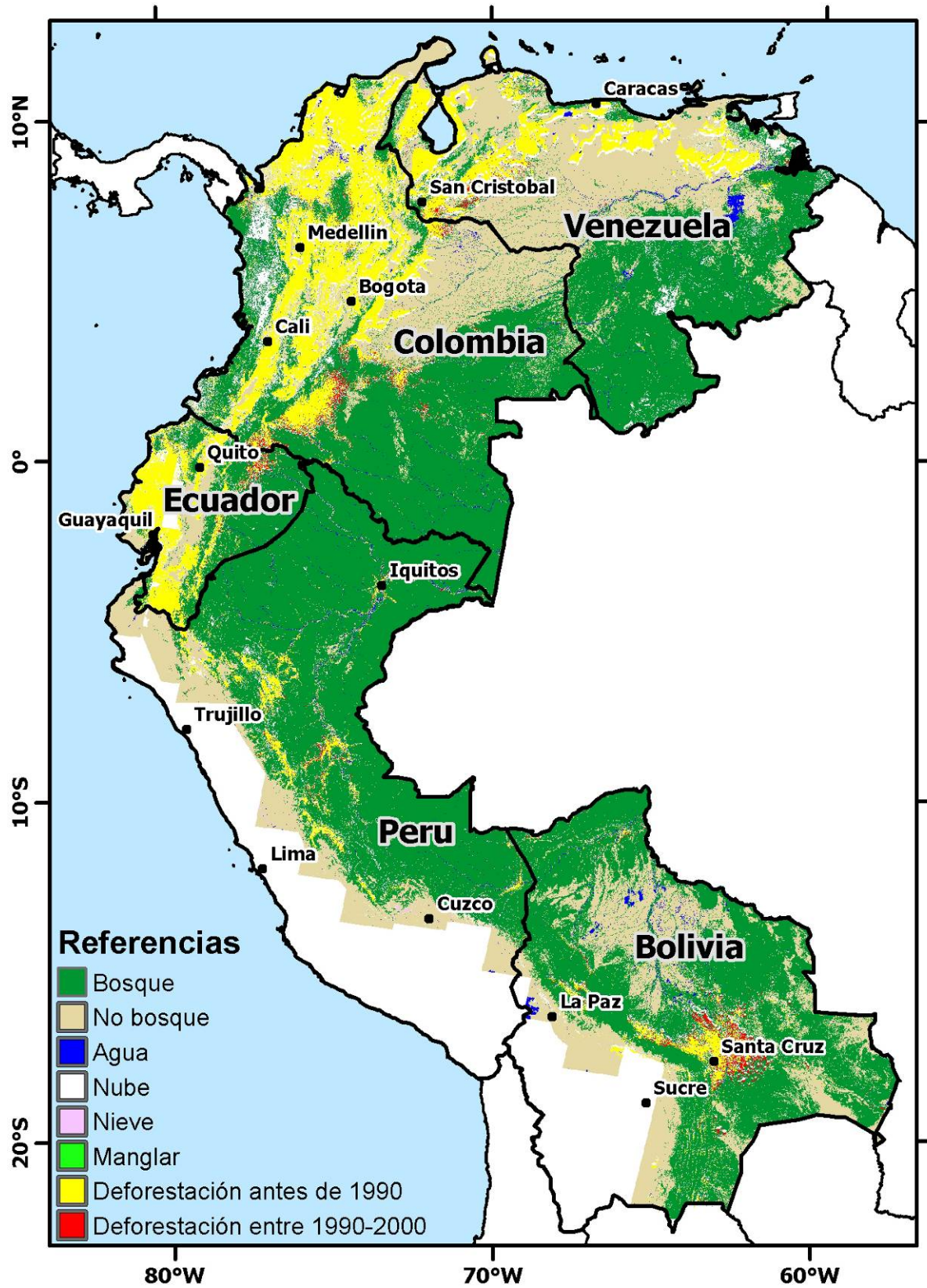


Figura 3. Cobertura de la tierra y Deforestación hasta el año 2000.

Tabla 1. Cobertura de la tierra y Deforestación en los países andinos.

Cobertura	Bolivia		Perú		Ecuador		Colombia		Venezuela	
	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%
Bosque	54.492.111	61	70.686.604	76	11.753.233	47	55.313.249	49	40.233.131	44
No bosque natural	28.403.518	32	16.031.017	17	3.234.084	13	27.161.375	24	36.287.720	40
Deforestación antes de 1990	2.893.564	3	2.919.756	3	7.413.520	30	24.511.059	21	9.552.062	10
Deforestación entre 1990-2000	1.604.217	2	455.833	0	366.409	1	1.433.323	1	540.839	1
Agua	1.187.886	1	1.038.876	1	339.471	1	1.477.539	1	1.495.341	2
Nube/Sombra			1.247.803	1	1.687.508	7	3.994.394	4	3.150.694	3
Nieve	88.061	0,1	81.637	0,1	10.861	0,04	11.112	0,01		
Manglar			3.321	0,00	72.611	0,3	103.576	0,09	195.617	0,2

2. Actualización del Mapa de cobertura de la tierra y deforestación, incorporando datos disponibles sobre deforestación posterior a 2000

Se ha actualizado el Mapa de cobertura de la tierra y deforestación de CABS incorporando información sobre el avance de la deforestación para toda Bolivia hasta el año 2005, y en Perú en áreas de influencia de los corredores de transporte de IIRSA, que abarcan un 25% del territorio peruano y corresponden a las regiones con mayor actividad agrícola; esta información fue generada por el Museo HNNKM en un estudio previo.

De esta manera, para las áreas mencionadas se ha identificado la deforestación para tres períodos, antes de 1990, entre 1990-2000 y entre 2000-2005 (Tabla 2 y Figura 4). Esta es la información sobre deforestación que se ha usado en los análisis de los puntos 4 y 5.

Tabla 2. Cobertura de la tierra y Deforestación, actualización al 2005.

Cobertura	Bolivia		Perú	
	Has	%	Has	%
Bosque	53.515.300	60	22.768.348	74
No bosque natural	28.403.518	32	4.028.251	13
Deforestación antes de 1990	2.893.564	3	2.097.667	7
Deforestación entre 1990-2000	1.604.217	2	297.923	1
Deforestación entre 2000-2005	976.811	1	448.444	1
Agua	1.187.886	1	246.916	1
Nube/Sombra			738.818	2
Nieve	88.061	0,1	26.458	0,1

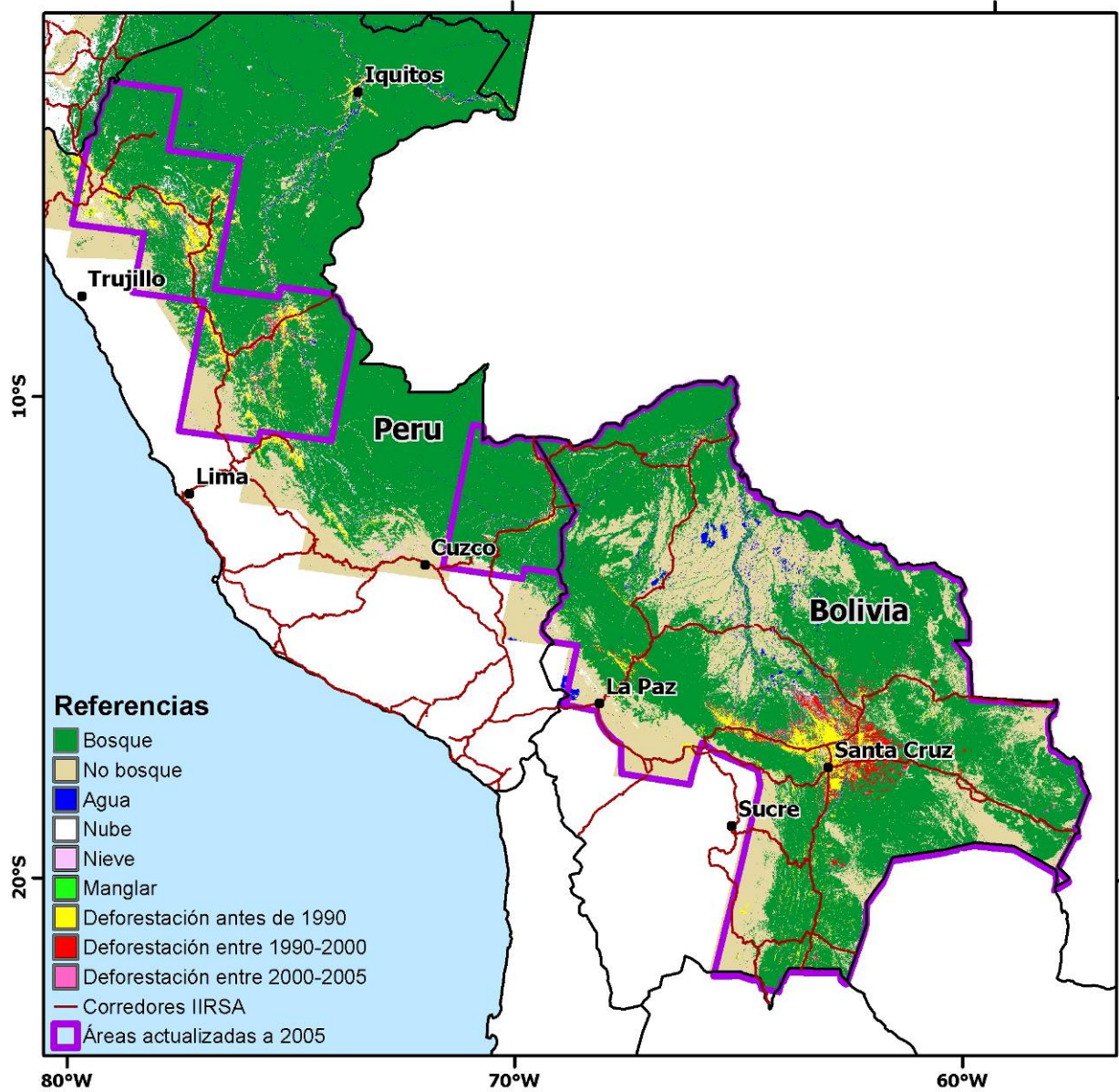


Figura 4. Cobertura de la tierra y Deforestación, actualizado al 2005.

3. Modelamiento de la distribución potencial de los cultivos para biocombustibles

Se analizó la distribución potencial para seis cultivos - Caña, Cassava, Pasto elefante, Jatropha, Palma africana y Soya - mediante la aplicación del Modelo de Idoneidad de Distribución de Especies desarrollado por Conservación Internacional. Se han generado áreas que presentan diferentes grados de aptitud para el desarrollo de los cultivos, en base a la información sobre los requerimientos climáticos y ambientales; para ello se ha utilizado tanto datos globales como regionales, sobre los requerimientos climáticos y de altitud, y datos regionales sobre suelos.

Se obtuvieron los mapas de distribución potencial para cada cultivo, los cuales se muestran en detalle en el Anexo 4. En primer lugar se presenta el mapa de aptitud según el suelo, luego el mapa de aptitud según la variable clima, y finalmente la distribución potencial que resulta de un análisis cruzado de los dos anteriores, que muestra las áreas que presentan suelos y clima aptos para determinado cultivo; las zonas con valores de 10 serían óptimos para el desarrollo del cultivo.

En la Figura 5 se muestra un resumen de los mapas generados presentando la distribución potencial más amplia para los seis cultivos analizados, considerando sólo los requerimientos climáticos y de altitud ya que al incorporar los datos regionales de suelo la distribución se restringe sólo a las tierras bajas pues son las que corresponde al área del estudio de suelos. Por lo expuesto, la distribución que se presenta en la Figura 5 es la que se ha utilizado para los análisis de los puntos 4 y 5.

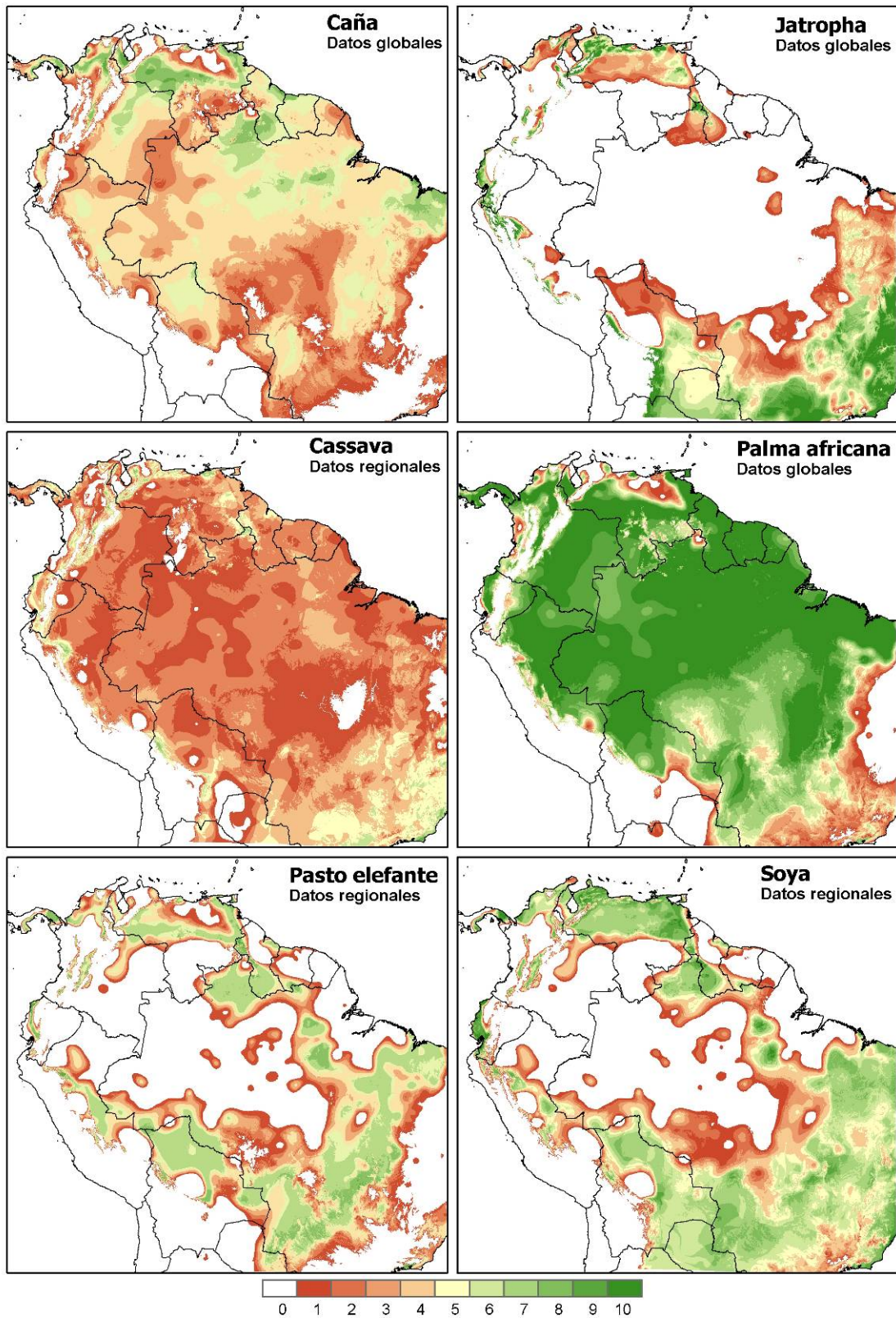


Figura 5. Mapa de aptitud para el establecimiento de cultivos para la producción de biocombustibles, en base a datos climáticos y de altitud.

4. Identificación de áreas boscosas amenazadas por la ampliación de la frontera agrícola debido al cultivo de biocombustibles

Se determinó la superficie boscosa dentro de un área de influencia de 50 Km. a cada lado de los corredores de IIRSA para cada país, considerando que estos bosques podrían ser afectados por el establecimiento de nuevas áreas de cultivo (Figura 6 y Tabla 3).

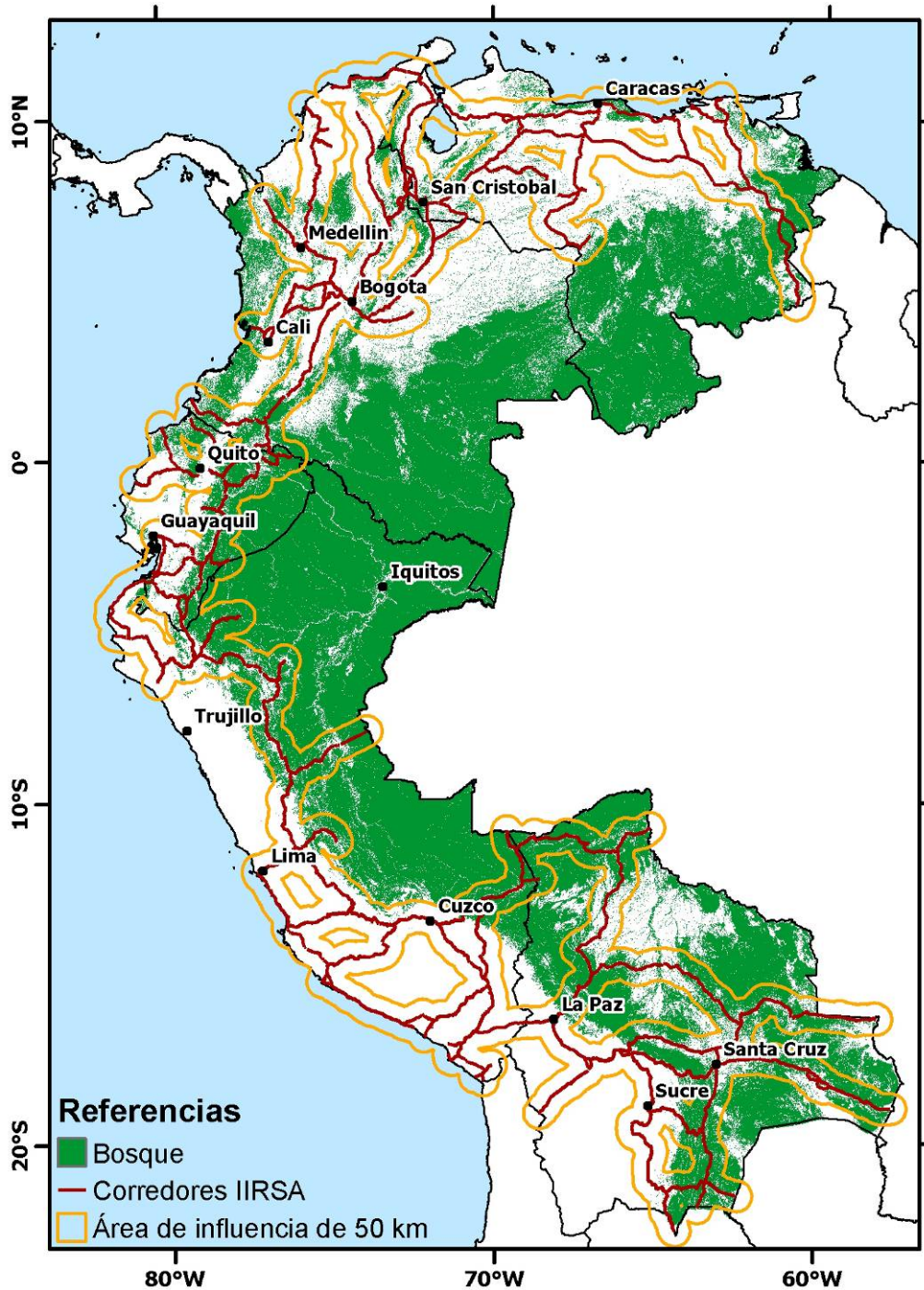


Figura 6. Áreas boscosas con mayor presión por expansión de la frontera agrícola.

Tabla 3. Superficie boscosa en áreas de influencia de los corredores de IIRSA.

País	Bosque	
	Has	%
Bolivia	25.054.965	55
Perú	15.239.048	51
Ecuador	8.249.192	21
Venezuela	7.497.560	43
Colombia	6.495.538	17

La tabla 4 muestra la superficie boscosa que podría ser susceptible a expansión de la frontera agrícola en cada país, dentro del área de influencia de los corredores de IIRSA, basándose en la distribución potencial de los cultivos.

Tabla 4. Áreas de bosque en corredores de IIRSA, con relación a potencial distribución de cultivos.

	Caña		Cassava		Pasto elefante		Jatropha		Palma africana		Soya	
	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%
Bolivia	16.354.010	65	17.659.157	70	16.022.205	64	13.585.102	54	17.711.078	71	23.135.079	92
Perú	9.223.865	61	2.861.365	19	4.964.990	33	1.171.655	8	11.184.955	73	6.613.195	43
Ecuador	3.595.304	44	516.058	6	436.896	5	334.178	4	4.545.761	55	1.231.843	15
Venezuela	5.080.356	68	4.580.521	61	4.922.953	66	3.819.955	51	5.566.050	74	5.762.464	77
Colombia	3.258.553	50	602.327	9	839.098	13	162.173	2	4.193.109	65	1.748.449	27

5. Identificación de tierras ya intervenidas como áreas aptas para la producción de biocombustibles

Se analizó la superficie de áreas antrópicas hasta el 2000 para Ecuador, Colombia y Venezuela y hasta 2005 en las áreas actualizadas de Bolivia y Perú, dentro de un área de influencia de 50 km. a cada lado de los corredores de IIRSA, considerando que estas áreas podrían ser aptas para la producción de biocombustibles (Figura 7 y Tabla 5).

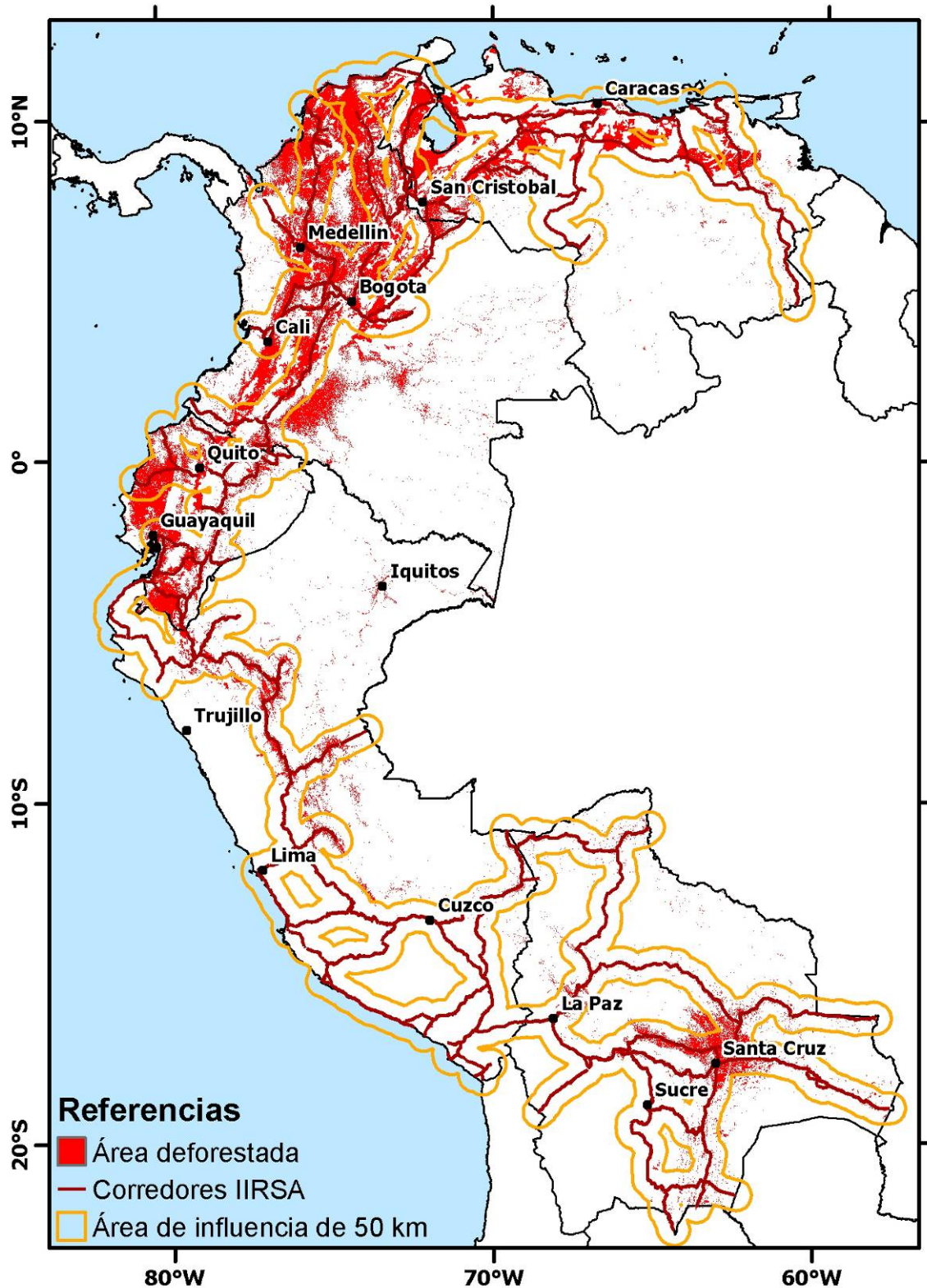


Figura 7. Superficie deforestada en los países andinos, áreas potencialmente disponibles para el establecimiento de cultivos para biocombustibles.

Tabla 5. Superficie deforestada en áreas de influencia de los corredores de IIRSA.

País	Área deforestada	
	Has	%
Bolivia	4.828.458	11
Perú	2.830.596	9
Ecuador	17.590.134	45
Venezuela	6.554.813	37
Colombia	8.210.076	21

Tabla 6. Superficie deforestada en áreas de influencia de los corredores de IIRSA, con relación a potencial distribución de cultivos.

País	Caña		Cassava		Pasto elefante		Jatropha		Palma africana		Soya	
	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%	Has	%
Bolivia	2.900.645	60	3.696.531	77	2.801.387	58	3.332.653	69	3.259.649	68	4.230.506	88
Perú	2.031.753	72	1.282.241	45	1.469.473	52	595.642	21	2.230.204	79	1.968.290	70
Ecuador	3.116.244	18	2.446.167	14	1.733.622	10	1.679.523	10	3.580.876	20	3.188.666	18
Venezuela	5.296.831	81	7.132.515	98	5.032.917	77	6.724.874	98	6.405.404	98	7.820.847	98
Colombia	11.663.667	98	6.813.880	83	7.730.553	94	4.480.713	55	11.970.151	98	9.925.173	98

Según lo observado, en el análisis de las áreas deforestadas y la distribución potencial de los cultivos para cada país (Tabla 6), en la mayoría de los casos la sobreposición del área distribución del cultivo supera el 50% de las áreas intervenidas, con excepción de Ecuador, donde la distribución potencial de cada cultivo no supera el 20% de las áreas deforestadas.

Con estos análisis se han identificado las áreas ya intervenidas en cada país, a partir de las cuales se podría seleccionar aquellas que actualmente no estén siendo utilizadas para cultivos destinados a la alimentación y que puedan ser destinadas al cultivo para biocombustibles, según las consideraciones de cada país.

Anexos

Anexo 1

Listado de las imágenes Landsat analizadas

	Path	Row		Path	Row		Path	Row		Path	Row
1	1	53	51	5	52	101	7	66	151	227	72
2	1	54	52	5	53	102	7	67	152	227	73
3	1	55	53	5	54	103	7	68	153	227	74
4	1	56	54	5	55	104	8	52	154	228	71
5	1	57	55	5	56	105	8	53	155	228	72
6	1	58	56	5	57	106	8	54	156	228	73
7	1	59	57	5	58	107	8	55	157	229	70
8	1	60	58	5	59	108	8	56	158	229	71
9	1	67	59	5	60	109	8	57	159	229	72
10	1	68	60	5	61	110	8	58	160	229	73
11	1	69	61	5	62	111	8	59	161	229	74
12	1	70	62	5	63	112	8	60	162	230	69
13	1	71	63	5	64	113	8	61	163	230	70
14	2	52	64	5	66	114	8	62	164	230	71
15	2	53	65	5	67	115	8	63	165	230	72
16	2	54	66	5	68	116	8	64	166	230	73
17	2	55	67	5	69	117	8	65	167	230	74
18	2	56	68	6	52	118	8	66	168	230	75
19	2	57	69	6	53	119	9	52	169	231	69
20	2	58	70	6	54	120	9	53	170	231	70
21	2	59	71	6	55	121	9	54	171	231	71
22	2	67	72	6	56	122	9	55	172	231	72
23	2	68	73	6	57	123	9	56	173	231	73
24	2	69	74	6	58	124	9	57	174	231	74
25	2	70	75	6	59	125	9	58	175	231	75
26	3	53	76	6	60	126	9	59	176	232	54
27	3	54	77	6	61	127	9	60	177	232	55
28	3	55	78	6	62	128	9	61	178	232	56
29	3	56	79	6	63	129	9	62	179	232	57
30	3	57	80	6	64	130	9	63	180	232	68
31	3	58	81	6	65	131	9	64	181	232	69
32	3	59	82	6	66	132	9	65	182	232	70
33	3	67	83	6	67	133	10	53	183	232	71
34	3	68	84	6	68	134	10	54	184	232	72
35	3	69	85	6	69	135	10	55	185	233	53
36	4	53	86	7	51	136	10	56	186	233	54
37	4	54	87	7	52	137	10	57	187	233	55
38	4	55	88	7	53	138	10	58	188	233	56
39	4	56	89	7	54	139	10	59	189	233	57
40	4	57	90	7	55	140	10	60	190	233	58
41	4	58	91	7	56	141	10	61	191	233	59
42	4	59	92	7	57	142	10	62	192	233	67
43	4	60	93	7	58	143	10	63	193	233	68
44	4	61	94	7	59	144	10	64	194	233	69
45	4	62	95	7	60	145	11	55	195	233	70
46	4	63	96	7	61	146	11	59	196	233	71
47	4	66	97	7	62	147	11	60	197	233	72
48	4	67	98	7	63	148	11	61			
49	4	68	99	7	64	149	11	62			
50	4	69	100	7	65	150	11	63			

Anexo 2

Cultivos utilizados como materias primas para la producción de biocombustibles en los países andinos

En general, las iniciativas sobre el uso de fuentes de energía renovable de base agropecuaria en Latinoamérica están centradas en que el establecimiento de cultivos que sirvan como materia prima para la producción de biocombustibles no comprometa la seguridad alimentaria ni el medio ambiente.

En los países andinos la producción de biocombustibles se basa principalmente en los cultivos que se mencionan a continuación, sobre los cuales se pondrá mayor énfasis en el desarrollo de los análisis en el presente estudio.

	Cultivos	Venezuela	Colombia (*)	Ecuador	Perú	Bolivia
Etanol	Caña (<i>Saccharum officinarum</i>)	x	x	x	x	x
	Cassava (<i>Manihot esculenta</i>)	x	x			
Biodiesel	Palma africana (<i>Elaeis guineensis</i>)		x	x	x	
	Piñón (<i>Jatropha curcas</i>)		x	x	x	x
	Ricino (<i>Ricinus communis</i>)		x		x	x
	Colza (<i>Brassica napus</i>)				x	

* Colombia es el segundo productor de etanol de caña en Latinoamérica, después de Brasil, y es el líder en producción de biodiesel a partir de palma africana.

Anexo 3

**Requerimientos de los cultivos a nivel regional
(Variables climáticas y ambientales)**

Requirements	Cassava <i>Manihot esculenta</i>	Jatropha <i>Jatropha curcas</i>	Oil Palm <i>Elaeis guineensis</i>	Soybean <i>Glycine max</i>	Pasto elefante <i>Pennisetum purpureum</i>	Sugar cane <i>Saccharum officinarum</i>
Temperatura Optimal Min (dC)	24	20	24	20	18	22
Temperatura Optimal Max (dC)	25	28	26	30	24	30
Temperatura Absolute Min (dC)	20	18	22	10	15	19
Temperatura Absolute Max (dC)	38	28	33	40	40	32
Rainfall Optimal Min (annual mm)	1000	600	2000	450	1500	1200
Rainfall Optimal Max (annual mm)	1500	1500	3000	1800	2000	1300
Rainfall Absolute Min (annual mm)	600	300	1500	300	1000	1000
Rainfall Absolute Max (annual mm)	5000	2000	5000	2500	2500	2500
Latitude Min (S) (absolute)	30	30	15	30	20	35
Latitude Max (N) (absolute)	30	30	20	30	20	35
Altitude Range (m)	0-2300	0-800	0-1300	0-3000	0-1800	0-1500
Soil PH	M	A, M	M	M	M	M
Soil depth (cm)	M, P	P	P	M	M, P	M, P
Soil texture	L	C, L, S	L	L	C, L, S	L
Soil fertility (cmol kg ⁻¹)	A, M	A, M, E	M	A	A, M	A, M, E
Soil drainage	B	B	B	B	B	B

Listado de fuentes de información consultadas (páginas WEB)

-  **Cassava**
Clayuca (www.clayuca.org/PDF/produccion.pdf)
EMBRAPA (www.sct.embrapa.br/500p500r/)

-  **Jatropha**
Plant Research International (<http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1858843.pdf>)
Biodieselbr (www.pinhaomanso.com.br/)
Reporterbrasil(www.reporterbrasil.org.br/documentos/o_brasil_dos_agrocombustiveis_v2_espanhol.pdf)

-  **Ricino**
EMBRAPA (www.sct.embrapa.br/500p500r/)
CAINCO-IBCE. 2008. Biocombustibles Sostenibles en Bolivia.

-  **Oil Palm**
www.sag.gob.hn/infoagro/agroindustria/palma/Ficha%20Tecnica.pdf
Plant Research International (<http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1858843.pdf>)

-  **Soya**
EMBRAPA Soja, Brasil (www.cnpso.embrapa.br/download/cirtec/circtec48.pdf,
www.cnpso.embrapa.br/download/Tecnol2009.pdf)
www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea17s/ch30.htm

-  **Switchgrass**
www.switchgrass.nl/summary.htm, <http://www.switchgrass.nl/pdf/Sw-FinaRep-chapter4.pdf>, <http://www.switchgrass.nl/pdf/Sw-FinalRep-chapter10.pdf>,
www.switchgrass.nl/public.htm

-  **Sugar cane**
EMBRAPA (www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_20_3112006152934.html,
www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_10_711200516716.html)
Instituto de Investigación Agropecuaria, Perú (www.inia.gob.pe/cana/zonas.htm)

-  **Colza**
http://www.oleaginosas.org/impr_196.shtml
http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/agricultura/colza/manual_colza.pdf
CAINCO-IBCE. 2008. Biocombustibles Sostenibles en Bolivia.

Anexo 4

Metodología utilizada para la generación de los productos

A continuación se describe la metodología utilizada en el presente estudio que se basa en el análisis de imágenes satelitales e información temática del área de estudio.

1. Modificación del mapa de cobertura y uso de la Tierra 1990 – 2000 de CABS

Determinar áreas deforestadas antes de 1990

- El mapa de cobertura de la tierra y deforestación para el año 1990 y 2000 generado por CI-CABS (Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela) y Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (Bolivia), fue modificado a partir de la revisión de las imágenes satelitales de los años 1900, para determinar la deforestación en estos años.
- Mediante el uso de herramientas de recodificación con AOI del programa ERDAS, se procedió a revisar las mismas imágenes que fueron utilizadas por CABS, en este caso separando la clase *No Bosque natural* y *No Bosque antrópico* ya que anteriormente había sido clasificado como una sola clase. Posteriormente, estos mapas fueron re proyectados a la proyección Lambert Azimuthal Equal Area (Datum y Esferoide WGS 84).

2. Actualización del mapa de cobertura de la tierra y deforestación, incorporando datos de deforestación posterior al 2000.

- La actualización del mapa de cobertura de la tierra 1990 – 2000, consistió en adicionar información sobre deforestación hasta el año 2005, para esto se utilizó información del mapa de cambio de cobertura realizado por el Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado para Bolivia y en áreas de influencia de corredores IIRSA para Perú.
- Mediante el uso de herramientas de recodificación del programa ERDAS se adicionó la información de deforestación del 2005 para Bolivia, en un total de 48 escenas analizadas, y en las áreas de influencia de corredores IIRSA para Perú, 12 escenas.

Lista de imágenes Landsat analizadas para deforestación 2005

Bolivia			Perú		
	PATH	ROW		PATH	ROW
1	230	69	23	231	71
2	230	70	24	231	72
3	230	71	25	231	73
4	230	72	26	231	74
5	230	73	27	231	75
6	230	74	28	229	70
7	230	75	29	229	71
8	228	71	30	229	72
9	228	72	31	229	73
10	228	73	32	229	74
11	2	67	33	227	72
12	2	68	34	227	73
13	2	69	35	227	74
14	2	70	36	1	67
15	233	67	37	1	68
16	233	68	38	1	69
17	233	69	39	1	70
18	233	70	40	1	71
19	233	71	41	232	68
20	233	72	42	232	69
21	231	69	43	232	70
22	231	70	44	232	71
			45	232	72

3. Modelos de distribución potencial de los cultivos para Biocombustibles

Para generar los mapas de áreas de distribución potencial de los cultivos para biocombustibles se utilizó el modelo elaborado por CI, el cual requiere la siguiente información temática ambiental y de suelos:

- **Datos Climáticos** Se obtuvo información sobre datos climáticos como ser Temperatura Máxima, Temperatura Mínima y datos de Precipitación del WORLDCLIM vía FTP (<http://biogeo.berkeley.edu/worldclim/bioclim.htm>)
- **Datos de Suelos** Se utilizó la cobertura de Suelos en America Tropical información generada por Cochrane *et al.* La cobertura de suelos contiene dos fases, para cada una de ellas se procedió a seleccionar las variables a utilizar como ser drenaje, pH, fertilidad, textura y profundidad.
- **Datos Topográficos** Se utilizó información topográfica SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, NGA-NASA-2000; <http://srtm.csi.cgiar.org>).

- **Tabla de requerimientos** con datos climáticos, altitud y características de suelo para cada uno de los cultivos (Cassava, Jatropha, Caña, Palma africana, Soya, Pasto Elefante)

El modelo elaborado por Conservación Internacional consiste en realizar análisis usando herramientas de ArcGIS en base a los requerimientos a escala global y regional de cada uno de los cultivos seleccionados.

4. Áreas boscosas amenazadas por la ampliación de la frontera agrícola debido al cultivo.

- Para la identificación del área boscosa amenazada, primeramente se identificó los corredores de IIRSA digitalizados como caminos a los cuales, usando herramientas de Análisis de ArcGIS, se les generó un área de influencia (buffer) de 50 Km. a cada lado.
- Posteriormente mediante el programa ArcGIS se seleccionó del mapa de cobertura generado por CABS y Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado la clase *Bosque* para cada uno de los países; estos fueron recortados utilizando el Buffer de 50 Km. para obtener el área boscosa dentro de los corredores. Esta área boscosa fue analizada con cada uno de los cultivos, identificando las áreas boscosas que sería amenazados por la ampliación de la frontera agrícola.
- Se realizó el cálculo del área total del bosque dentro de los corredores.

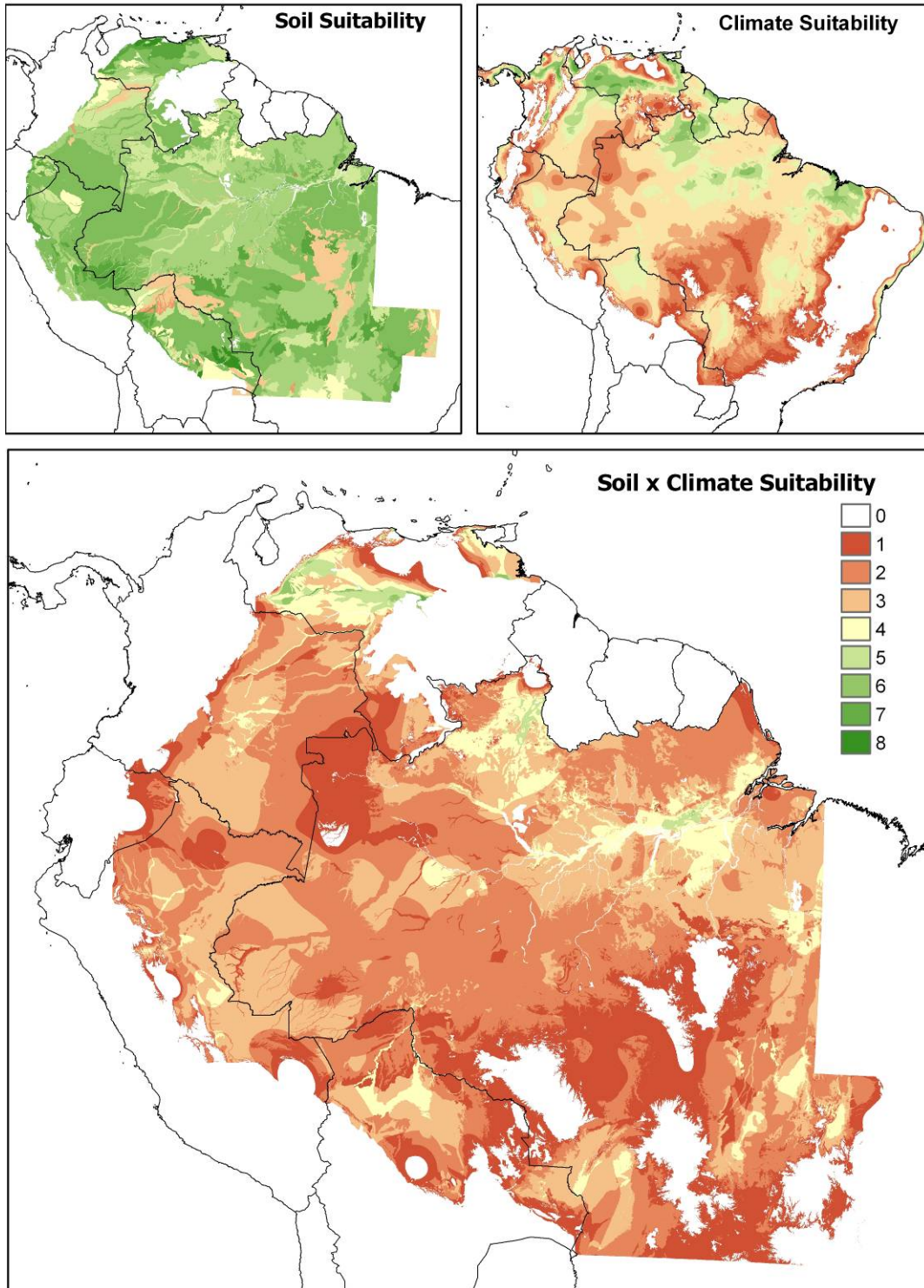
5. Áreas aptas para la producción de biocombustibles

- Para localizar las áreas aptas para la producción de biocombustibles se utilizó la misma cobertura de corredores IIRSA con el buffer de 50 Km.
- Del mapa de cobertura de la tierra se seleccionó la clase de *Áreas antrópicas* desde 1990 hasta el 2005, estas fueron recortados con el buffer y fueron analizadas con cada uno de los cultivos para identificar las áreas potenciales para biocombustibles.
- Se hizo el cálculo del área total que podría ser apta para los cultivos.

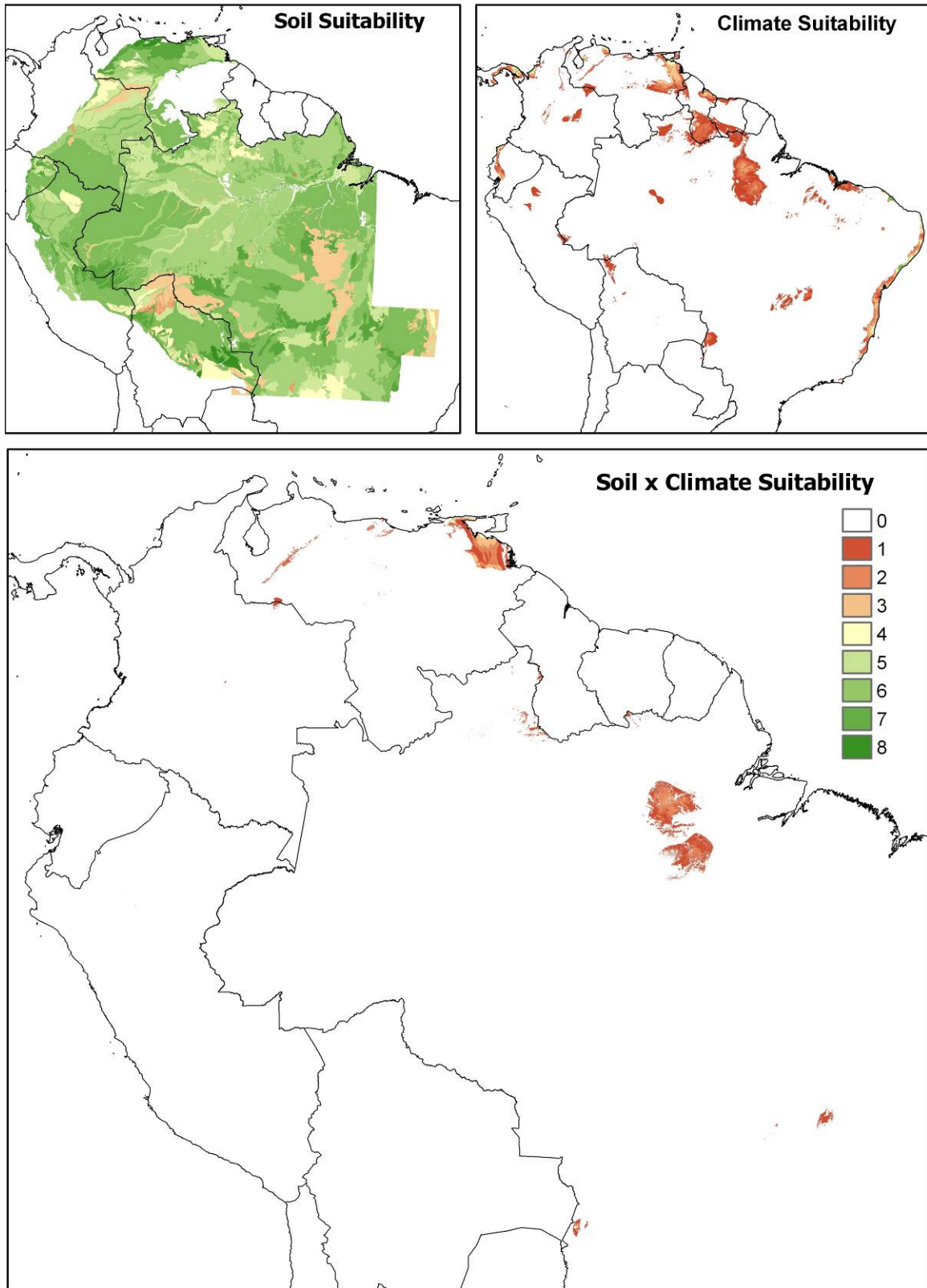
Anexo 5

Modelamiento de la distribución potencial de los cultivos para biocombustibles

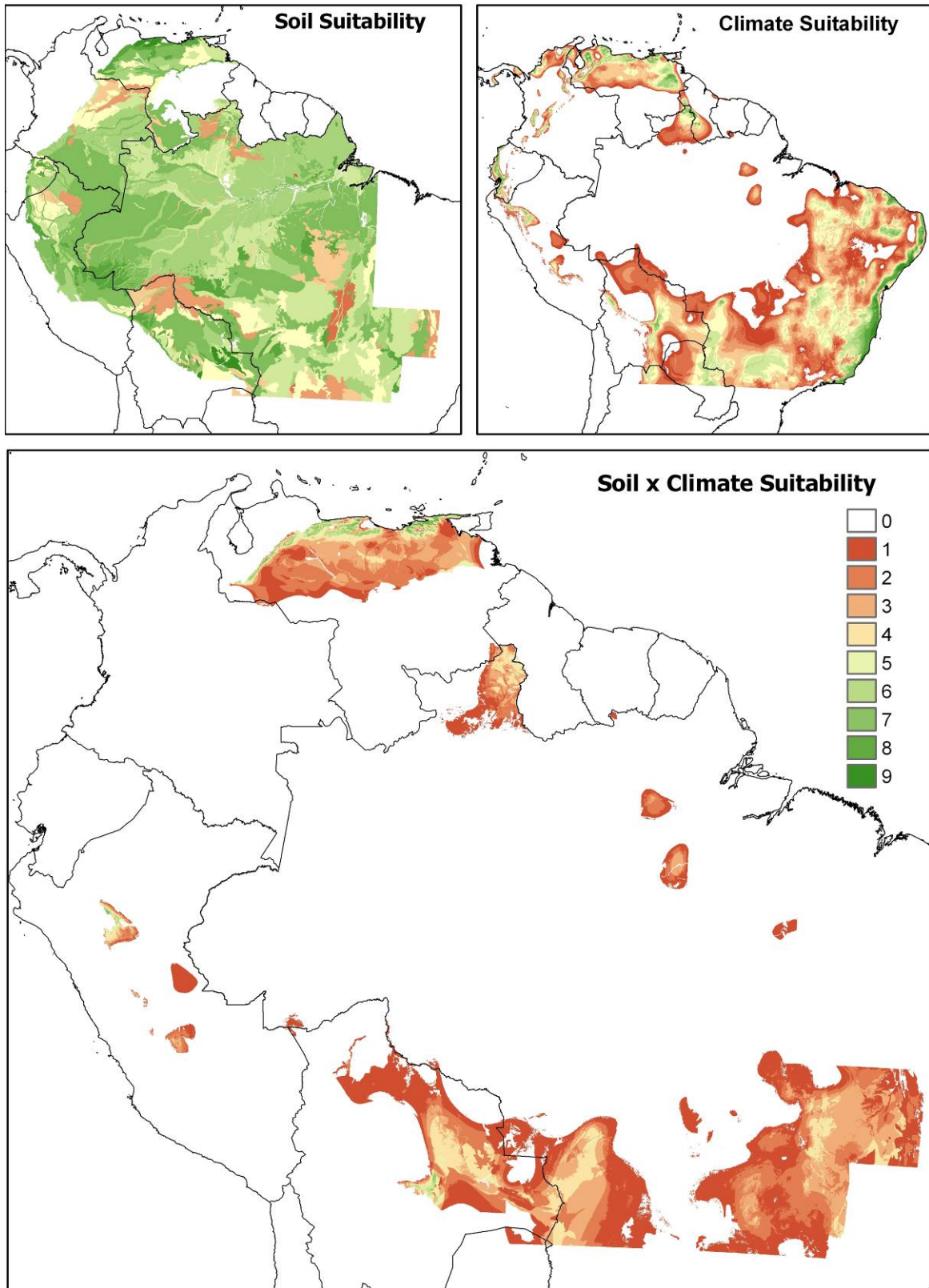
Sugar Cane, en base a datos climáticos globales



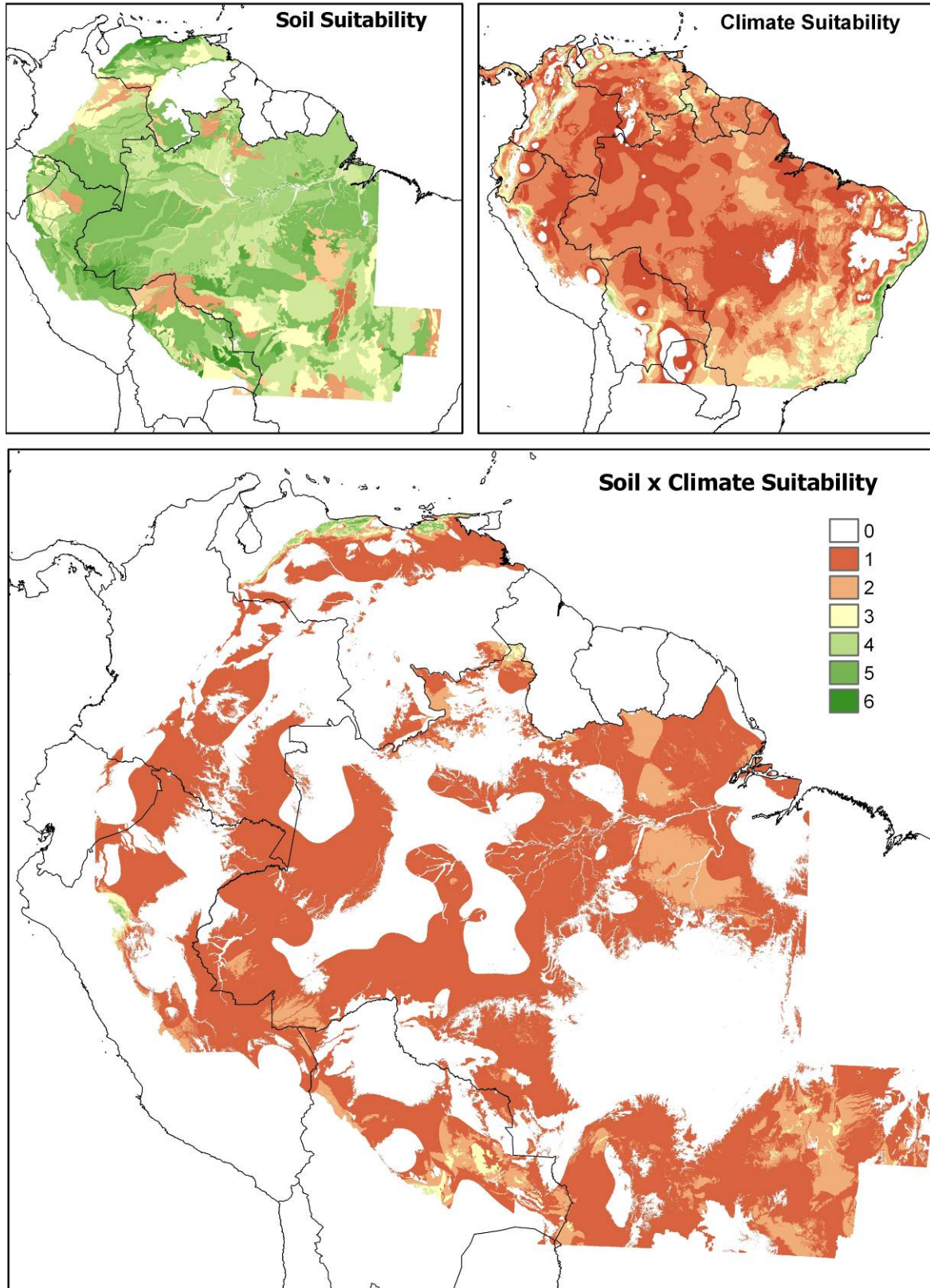
Sugar Cane, en base a datos climáticos regionales



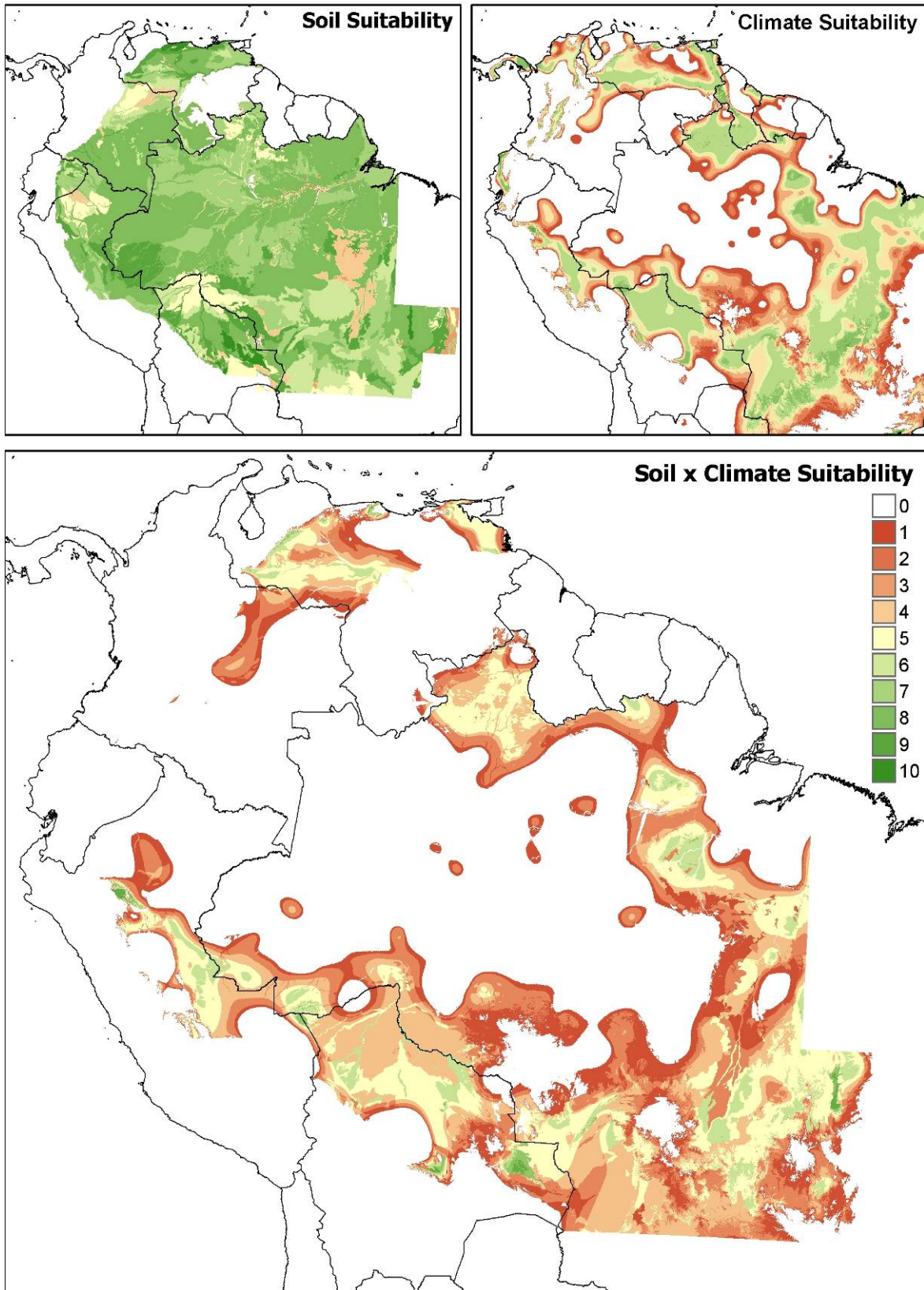
Cassava, en base a datos climáticos globales



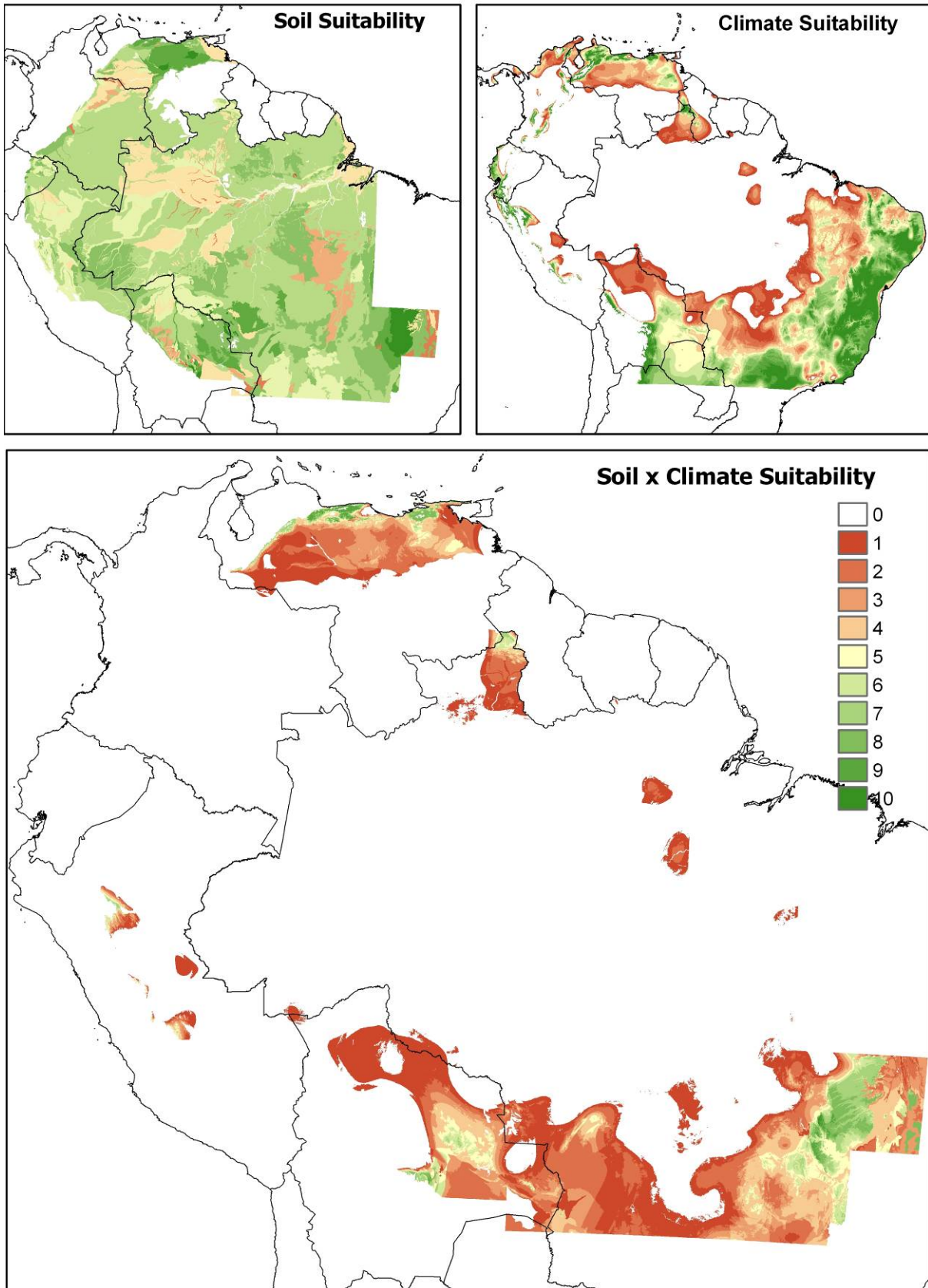
Cassava, en base a datos climáticos regionales



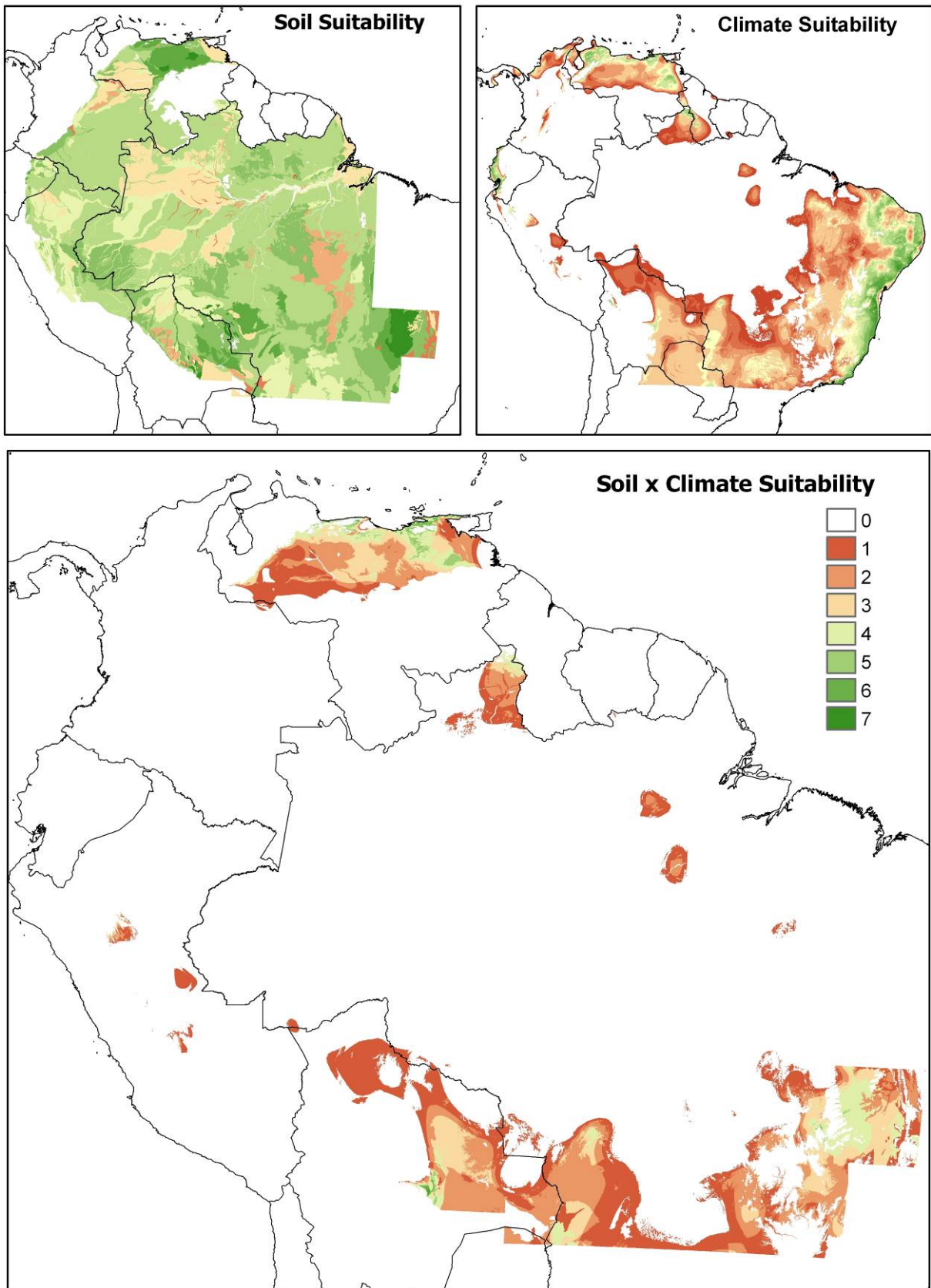
Pasto elefante, en base a datos climáticos regionales



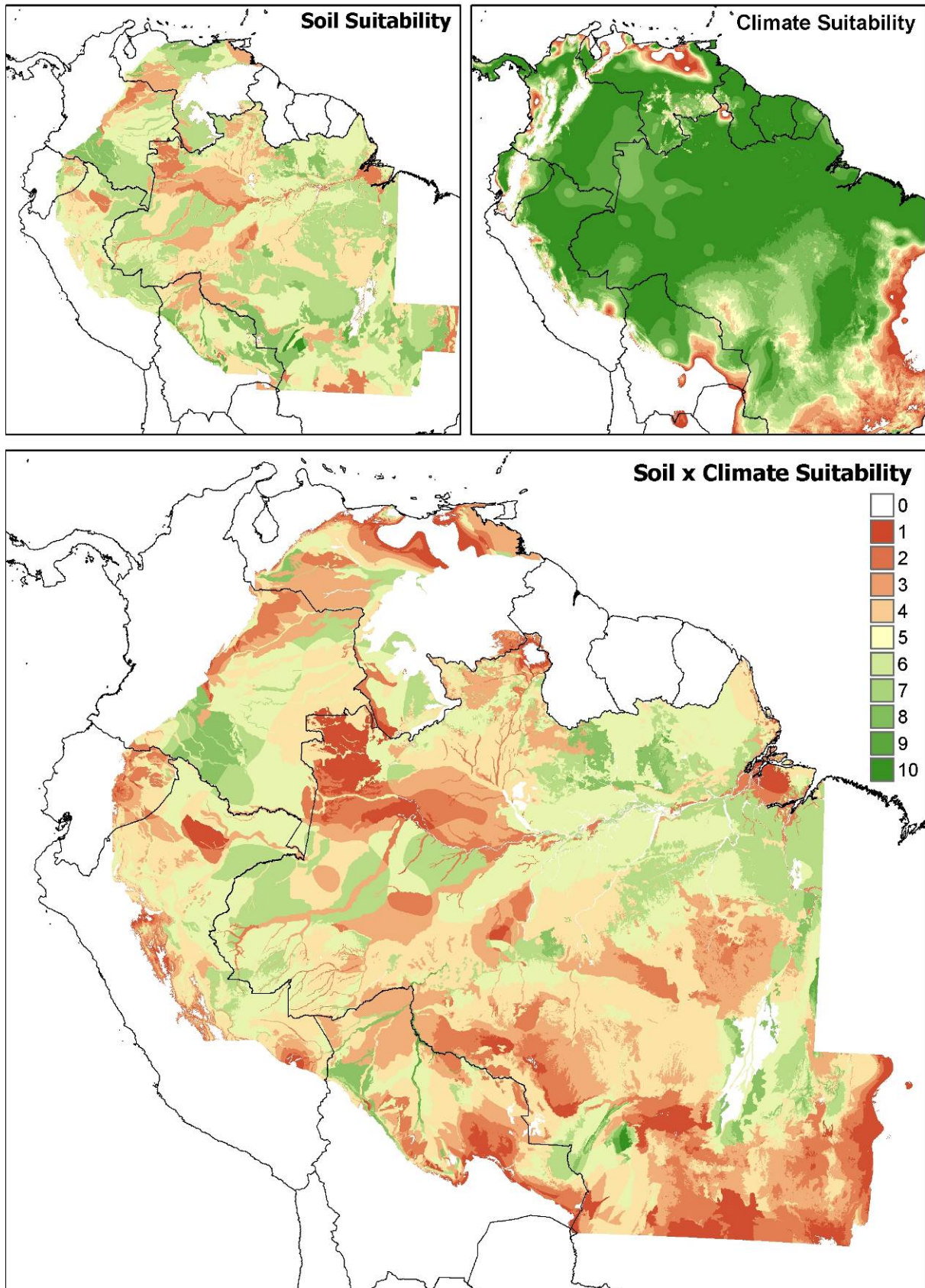
Jatropha, en base a datos climáticos globales



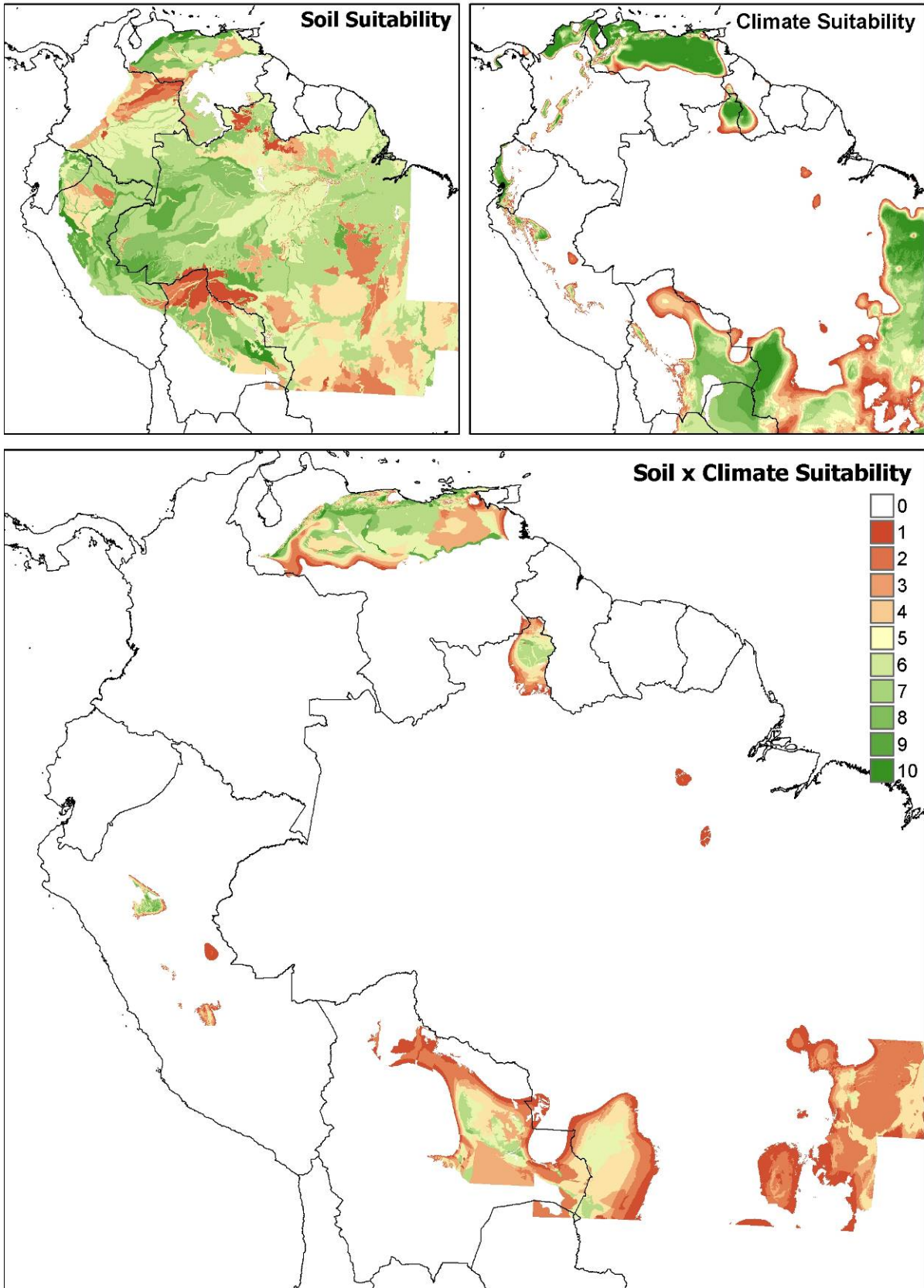
Jatropha, en base a datos climáticos regionales



Palma africana, en base a datos climáticos regionales



Soya, en base a datos climáticos globales



Soya, en base a datos climáticos regionales

