INSTITUTO DE INFORMACIÓN ESTADÍSTICA Y GEOGRÁFICA

GEOSPATIAL WORLD AWARDS | PREMIO MUNDIAL GEOESPACIAL A LA EXCELENCIA 2018

“MAPA DE FRONTERA FORESTAL DEL COMPLEJO VOLCÁNICO DE COLIMA Y COBERTURA DE VEGETACIÓN DE LA SIERRA DEL TIGRE”

METODOLOGIA Y RESULTADOS

CONVENIO IIEG/DG/UAJ/CONV/008/2017

Tabla de contenido

1. Introducción 3
   a. Objetivo general 3
2. Elaboración del mapa de cobertura de vegetación para los municipios de la Sierra del Tigre para los años 2003, 2011 y 2017, mediante la utilización de imágenes de satélite Landsat. 4
   a. Área de estudio 4
   b. Fechas y tipo de escenas Landsat 6
   c. Agrupación de clases temáticas para el mapa de cobertura de vegetación 7
   d. Resumen de la metodología de clasificación supervisada 8
3. Identificación de cambios de uso del suelo forestal a huertos para predios de la Sierra del Tigre. 12
   a. Ganancias de huertos entre 2003 a 2011 12
   b. Ganancias de huertos entre 2011 a 2017 14
   c. Ganancias de huertos entre 2011 a 2017 15
   d. Localización geográfica de la Ganancia de Huertos 16
   e. Tablas de matriz de cambios 20
4. Delimitación de frontera forestal del Complejo Volcánico de Colima 22

1. Introducción

La Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, señalan las competencias y atribuciones del Estado en materia de medio ambiente, entre ellas la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, en bienes y zonas de jurisdicción del gobierno del Estado; participar en el ámbito de sus competencias, en la formulación y ejecución de los programas especiales que se propongan para la restauración del equilibrio ecológico, en aquellas zonas y áreas del Estado, que presentan graves desequilibrios.

Por otra parte, el Plan Estatal de Desarrollo 2013-2033 (actualización 2016) (PED 2013-2033), estableció como Eje/Propósito: Territorio y medio ambiente sustentable, Tema: Medio ambiente y acción climática. Objetivo de Desarrollo O1 incrementar la sostenibilidad del medio ambiente y reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático. Estrategia O1E3 Frenar la pérdida de diversidad biológica.

En relación con el Complejo Volcánico y la Sierra del Tigre sus áreas forestales se han visto amenazadas por los cambios de usos del suelo forestal y los incendios forestales, un estudio para el área del Volcán de Colima, aportado por la Semadet 2016, señala que se han perdido por deforestación poco más de 18,000 hectáreas de bosque templado y selvas, de ésta pérdida, casi 15,000 hectáreas podrían deberse a cambios por agricultura, destacando los huertos de durazno, aguacate y otros con más de cinco mil hectáreas, lo que nos podría indicar que no es solamente el cultivo de aguacate el que avanzó sobre los bosques y selvas si no que fue el sector agrícola en general el que afectó casi el 11% de la cobertura vegetal natural.

Debido a este comportamiento es necesario estudiar el avance de la agricultura y definir sus límites para ambas zonas de interés, nos referimos al Complejo Volcánico y a la Sierra de Tigre.

Por su parte, información de FIPRODEFO, 2017, señala que “el boom aguacatero en la región Sur Sureste del Estado de Jalisco, comenzó en los años 2003 – 2009, en principios se establecieron en parcelas agrícolas para después comenzar a establecerse en coberturas forestales.

La construcción de la presa de Vista Hermosa en Tamazula fue un detonante para un mayor auge de nuevas plantaciones en el municipio de Tamazula, enfatiza que las zonas potenciales en su mayoría son coberturas forestales, sujetas a presión de cambio de uso de suelo, aproximado 40,000 has en la región Sur-Sureste.

En su propio informe sobre el tema, la SEMADET, 2017, señala como problemática, una acelerada desaparición de los ecosistemas forestales, con una alarmante pérdida de la riqueza biológica del estado y señala una superficie aproximada de 22,200 hectáreas de este cultivo en el estado de Jalisco.

a. Objetivo general

Realizar el estudio de cambio de coberturas de vegetación para 9 municipios de la Sierra del Tigre para conocer el tamaño del problema.

Definir el polígono de frontera agrícola-forestal del complejo volcánico de colima.

2. Elaboración del mapa de cobertura de vegetación para los municipios de la Sierra del Tigre para los años 2003, 2011 y 2017, mediante la utilización de imágenes de satélite Landsat.

a. Área de estudio

Los municipios a analizar en la Sierra del Tigre son: Zapotlán el Grande, Zapotiltic, Tamazula de Gordiano, Quitupan, Mazamitla, Concepción de buenos Aires, Gómez Farías, San Gabriel y Sayula.

Sobre el polígono resultante de la unión de los 9 municipios, se realizó un buffer con una distancia de 10 km. Sobre el cual se generó un polígono regular resultando un área de estudio de 12,790.41 km2 (1, 279,041 ha). Esta área de estudio resulto con 36 municipios en Jalisco, 4 municipios en Colima y 8 en Michoacán. Con un porcentaje del 85.5 % situado en Jalisco, 4.57 % en Colima y 9.91 en Michoacán, según puede apreciarse en la imagen y en la tabla siguiente:

Figura 1. Municipios dentro del área de interés con los correspondientes de Jalisco, Colima y Michoacán.

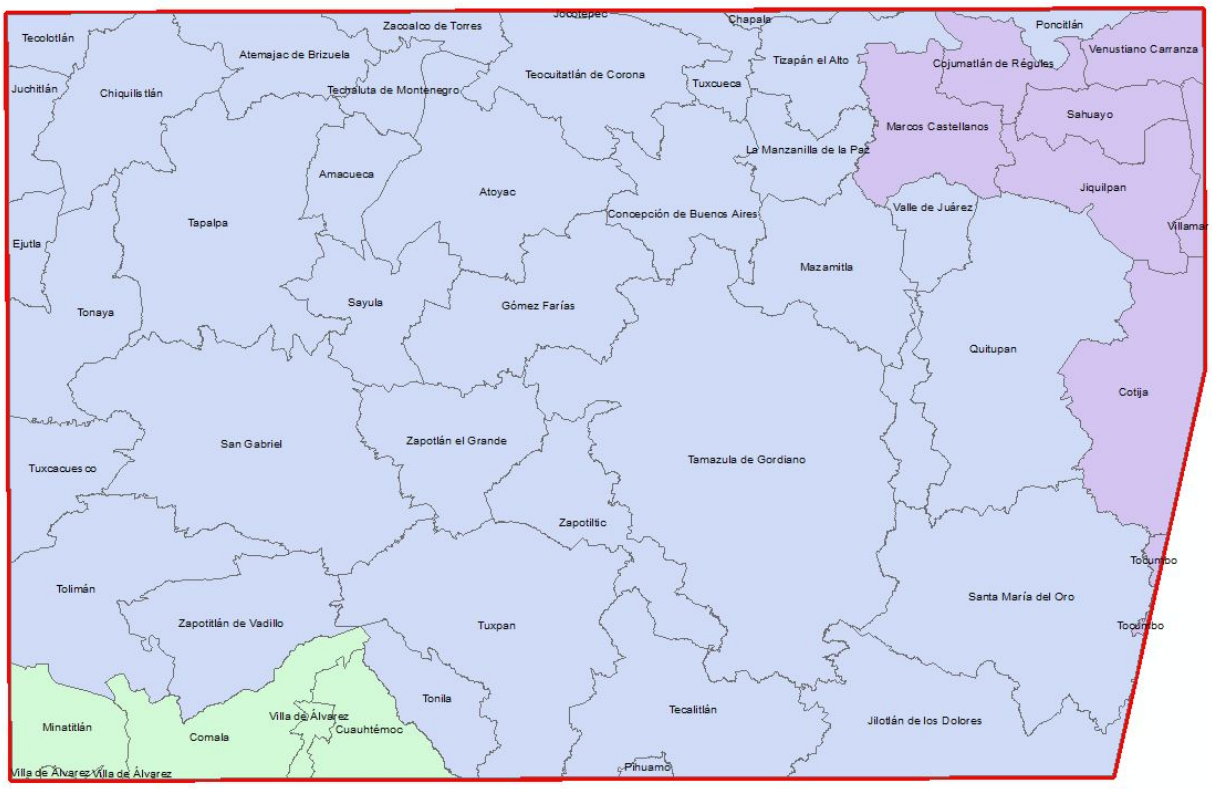


Figura 2. Municipios dentro del área de interés.

ESTADO	MUNICIPIO	SUPERFICIE, Ha (dentro del area de interes)
Colima (4.57%)	Villa de Álvarez	3166.33
	Comala	24885.70
	Minatitlán	15109.00
	Cuauhtémoc	15004.30
Jalisco (85.5%)	Amacueca	12393.10
	Juchitlán	8133.29
	Techaluta de Montenegro	7865.86
	Sayula	21449.80
	Tonaya	26761.00
	Tapalpa	61506.10
	Valle de Juárez	19391.40
	Ejutla	6643.84
	Atoyac	44831.90
	Concepción de Buenos Aires	26375.50
	Gómez Farías	35104.00
	La Manzanilla de la Paz	13303.10
	Mazamitla	28694.60
	Tizapán el Alto	18919.20
	Teocuitatlán de Corona	31983.70
	Chiquilistlán	28923.90
	Tuxcueca	8506.06
	Tecolotlán	7035.17
	Atemajac de Brizuela	18597.50
	Zacoalco de Torres	8292.25
	Chapala	1577.87
	Jocotepec	182.28
	Poncitlán	5931.97
	San Gabriel	74127.60
	Zapotiltic	25067.10
	Tuxcacuesco	16673.40
	Zapotlán el Grande	27171.80
	Quitupan	66979.90
	Pihuamo	1223.12
	Zapotitlán de Vadillo	30392.40
	Tonila	14405.50
	Tuxpan	61040.20
	Tecalitlán	39463.70
	Santa María del Oro	68303.40
	Tamazula de Gordiano	135492.00
	Jilotlán de los Dolores	42592.70
	Tolimán	41093.10
Michoacan (9.91%)	Tocumbo	1186.83
	Cotija	36713.60
	Jiquilpan	24151.10
	Villamar	3955.40
	Marcos Castellanos	23135.50
	Sahuayo	12718.50
	Cojumatlán de Régules	13003.20
	Venustiano Carranza	11167.30

b. Fechas y tipo de escenas Landsat

Sobre este polígono del área de estudio resultante, se buscaron escenas Landsat en la época seca (enero a mayo) en 2003, 2011 y 2017. El resultado fue que son necesarias 2 escenas con path y row 29/46 y 29/47 para cubrir toda el área de interés (el polígono de interés se truco en su parte SUR-ESTE, debido a que esta parte está fuera del buffer de 10 km y de no hacer esto se debería de emplear una tercera escena en diferente fecha). Las escenas en época seca y sin nubosidad más idóneas son:

1) **Landsat 7 de 20 de abril 2003** (15 y 30 metros de resolución espacial y 7 bandas espectrales; 6 de ellas útiles para la clasificación supervisada de 2003).
2) **Landsat 5 de 2 de abril 2011** (30 metros de resolución espacial y 7 bandas espectrales; 6 de ellas útiles para la clasificación supervisada 2011).
3) **Landsat 8 de 2 abril 2017**. (15 y 30 metros de resolución espacial y 9 bandas espectrales; 7 de ellas útiles para la clasificación supervisada de 2017).

Figura 3. Escenas Landsat 29/46 (norte) y 29/47 (sur) unidas en mosaico y los 9 municipios objeto de este estudio.

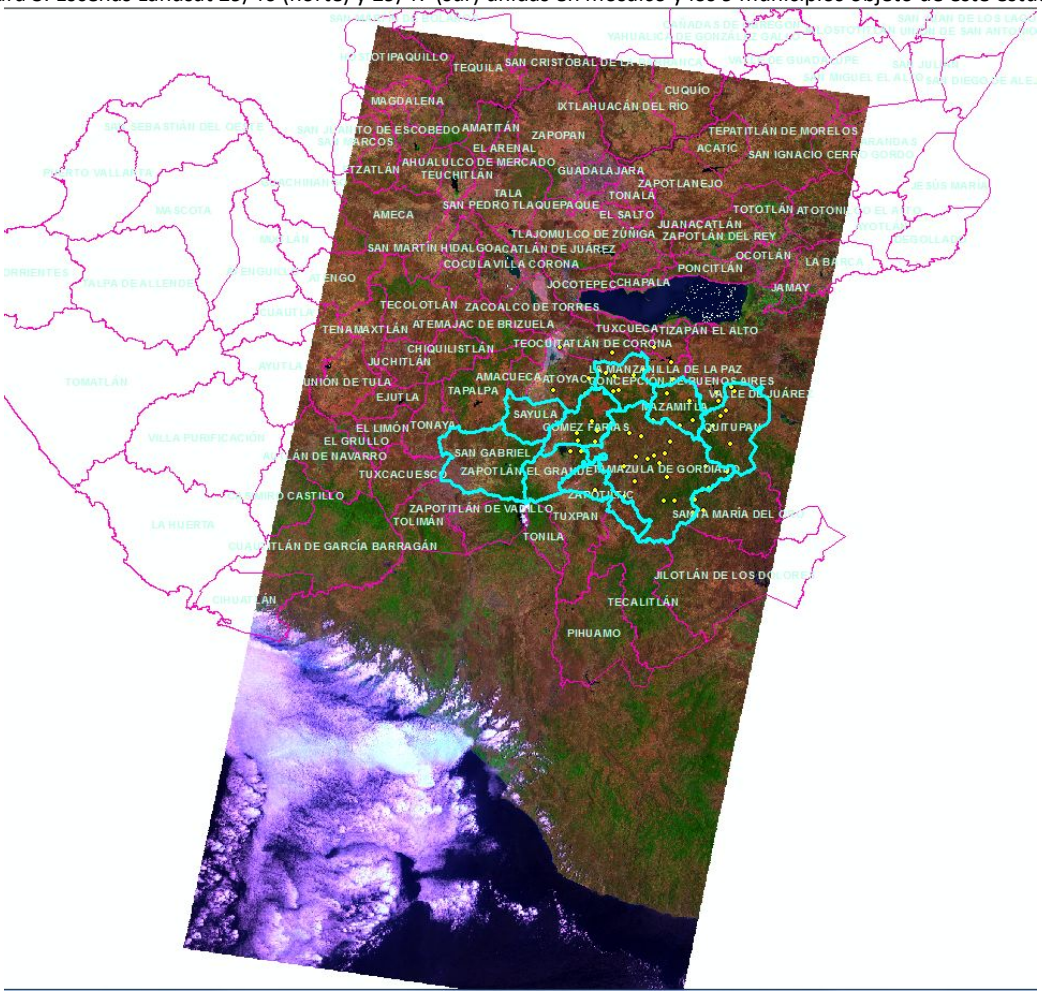
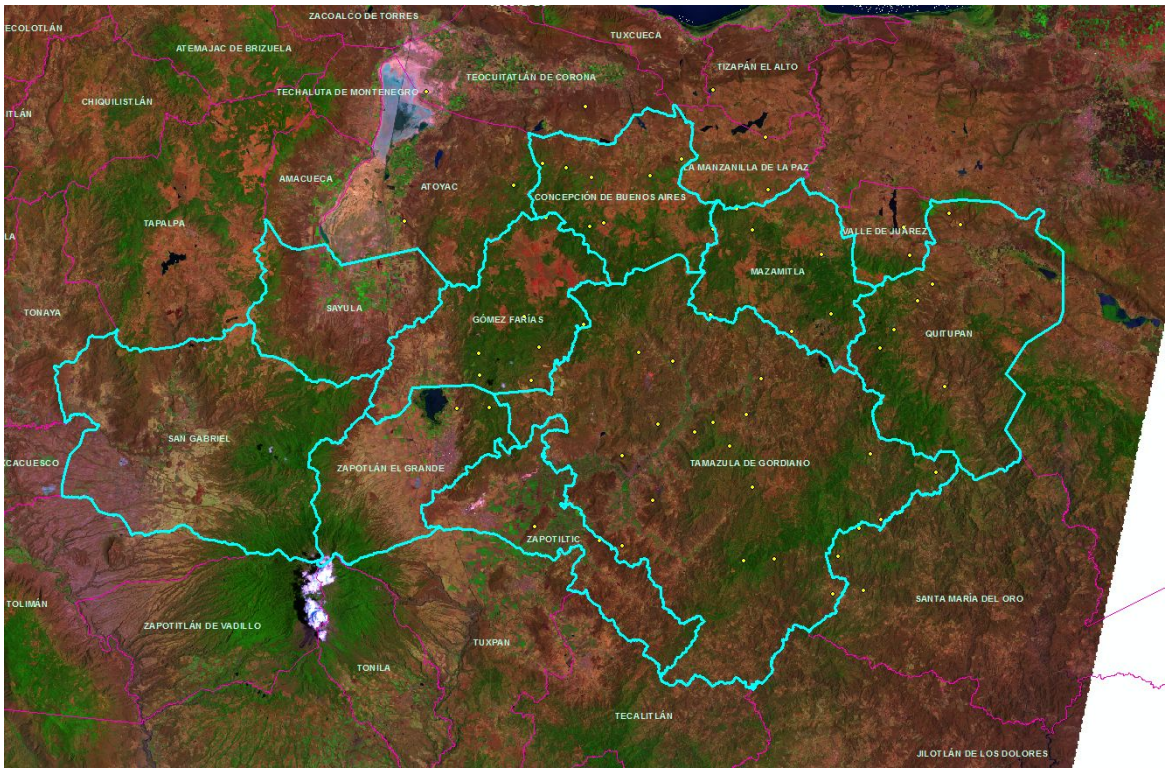


Figura 4. Escenas Landsat 29/46 (norte) y 29/47 (sur) unidas en mosaico y los 9 municipios objeto de este estudio.



c. Agrupación de clases temáticas para el mapa de cobertura de vegetación

Los diferentes tipos de coberturas de usos del suelo y vegetación existentes en el área de estudio se agruparon en 12 clases temáticas para la clasificación de las imágenes de satélite y obtención de los mapas de cobertura para los años 2003, 2011 y 2017. Estas clases fueron:

1. Agricultura de riego
2. Agricultura de temporal
3. Área urbana
4. Bosque templado
5. Bosque tropical
6. Cuerpos de agua
7. Desprovisto de vegetación
8. Huertos
9. Invernaderos (agricultura protegida)
10. Pastizal
11. Pradera de alta montaña
12. Vegetación hidrófila

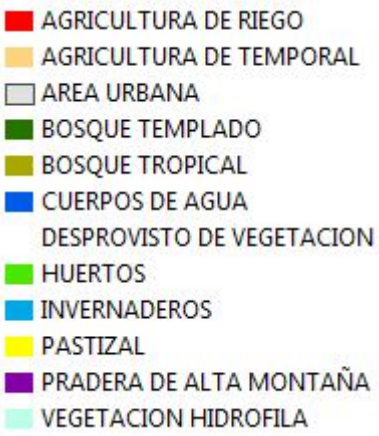
Todas las clases se tematizaron en base a clasificaciones semi-automaticas supervisadas de las imágenes Landsat de cada año, excepto las dos siguientes:

- **Área Urbana** que se obtuvo mediante la rasterización de las coberturas vectoriales 1:50,000 de INEGI en la edición de fecha más próxima a cada año de este estudio.
- **Huertos** que se obtuvo mediante digitalización sobre la imagen Landsat del año correspondiente comparando con imágenes de alta resolución del mismo o similar año en Google Earth.

d. Resumen de la metodología de clasificación supervisada

- Las imágenes se eligen en época seca para minimizar lo más posible el ruido que pueda introducir otro tipo de cobertura vegetal no relevante para este estudio y debido a que en esta época ofrece el mayor contraste entre las coberturas que se pretenden diferenciar.
- Para los 3 años se utilizó la resolución de 30 metros de Landsat.
- Corrección atmosférica y paso a valores de reflectancia de superficie (mayor nivel de corrección de Landsat) para todas las fechas. Se aplicó el Nivel 2 de corrección del USGS (servicio geológico de EEUU) https://lta.cr.usgs.gov/L8Level2SR
- Tratamientos previos (recorte según área de estudio y mosaico).
- Toma de un promedio de 45 muestras de entrenamiento por año
- Elección del algoritmo de clasificación (máxima probabilidad)
- Edición manual mediante regiones de interés de la clasificación resultante y automática mediante un MDE de 30 metros de resolución de la zona (ASTER ASTGTM) y mediante la generación de un mapa de pendientes del terreno.
- Integración de las clases temáticas de **Urbano y Huertos**, obtenidas por otros métodos.
- Generalización del mapa raster resultante con escala aproximada de 1:100,000 para cada año (los polígonos menores a 3 ha se integraron dentro de la clase mayoritaria en la que se encuentre).
- Vectorización y conversión en shp file del mapa resultante.

Figura 5. Mapa de cobertura de vegetación del año 2017 (superficies en ha)



CUERPOS DE AGUA	**8,886.24**
VEGETACION HIDROFILA	**3,548.43**
AGRICULTURA DE RIEGO	**52,741.6**
HUERTOS	**28,833.5**
BOSQUE TEMPLADO	**273,532**
BOSQUE TROPICAL	**490,990**
AGRICULTURA DE TEMPORAL	**261,456**
PASTIZAL	**113,574**
INVERNADEROS	**3,314.07**
DESPROVISTO DE VEGETACION	**17,780.7**
PRADERA DE MONTAÑA	**1,499.31**
AREA URBANA	**2,1491.6**

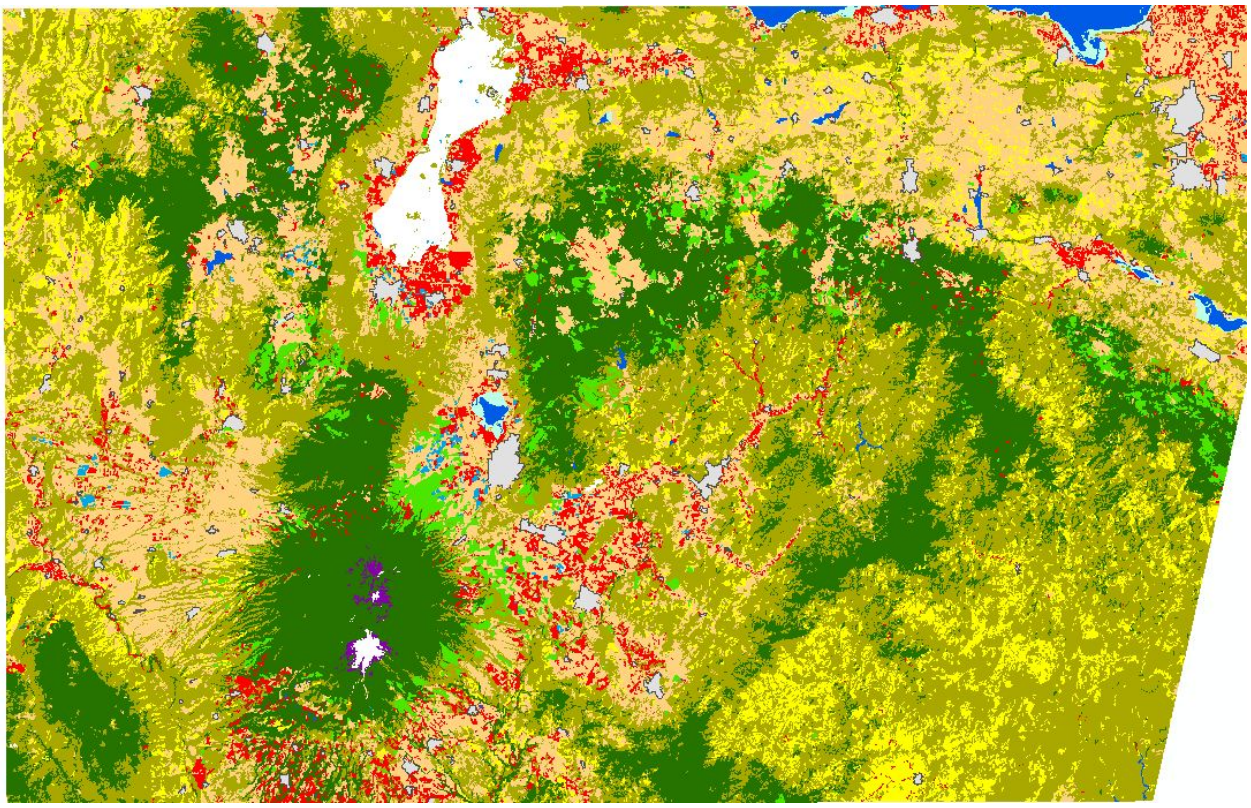
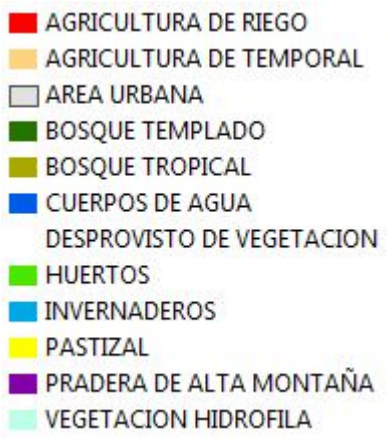


Figura 6. Mapa de cobertura de vegetación del año 2011 (superficies en ha)



CUERPOS DE AGUA	**11,373**
VEGETACION HIDROFILA	**1,093.86**
AGRICULTURA DE RIEGO	**37,336.5**
HUERTOS	**19,904**
BOSQUE TEMPLADO	**280,726**
BOSQUE TROPICAL	**534,614**
AGRICULTURA DE TEMPORAL	**257,209**
PASTIZAL	**94,814.9**
INVERNADEROS	**1,241.46**
DESPROVISTO DE VEGETACION	**1,7867.7**
PRADERA DE MONTAÑA	**1,212.3**
AREA URBANA	**20,408.5**

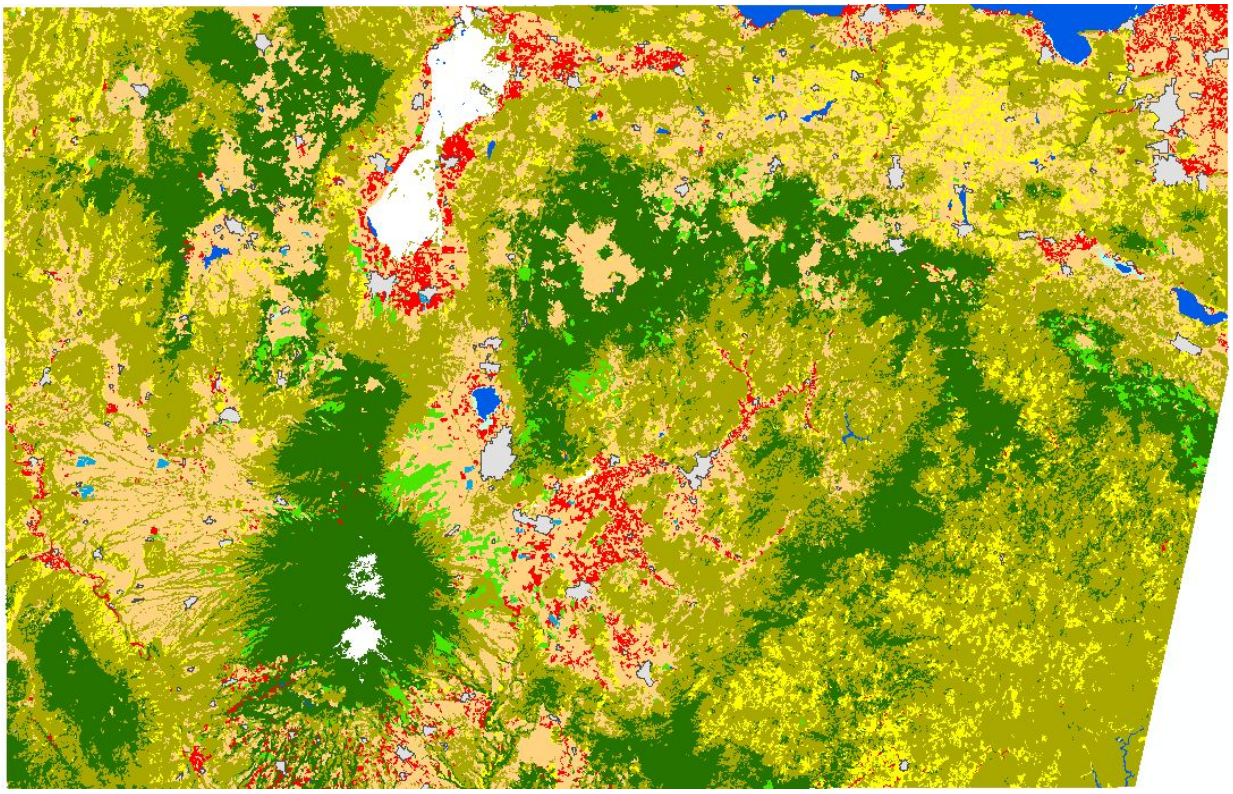
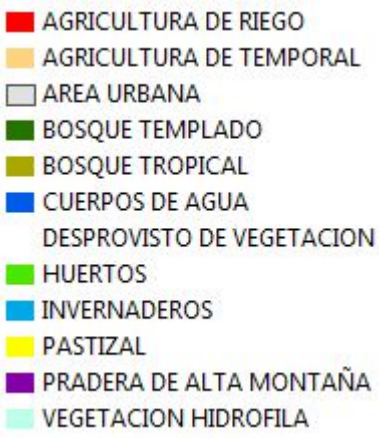


Figura 7. Mapa de Cobertura de vegetación del año 2003 (superficies en ha)



CUERPOS DE AGUA	**4,479.75**
VEGETACION HIDROFILA	**4,382.91**
AGRICULTURA DE RIEGO	**36,646.9**
HUERTOS	**1,260.63**
BOSQUE TEMPLADO	**298,460**
BOSQUE TROPICAL	**562,736**
AGRICULTURA DE TEMPORAL	**243,330**
PASTIZAL	**95,453.6**
INVERNADEROS	**278.64**
DESPROVISTO DE VEGETACION	**16,804.4**
PRADERA DE MONTAÑA	**1,132.2**
AREA URBANA	**1,2674**

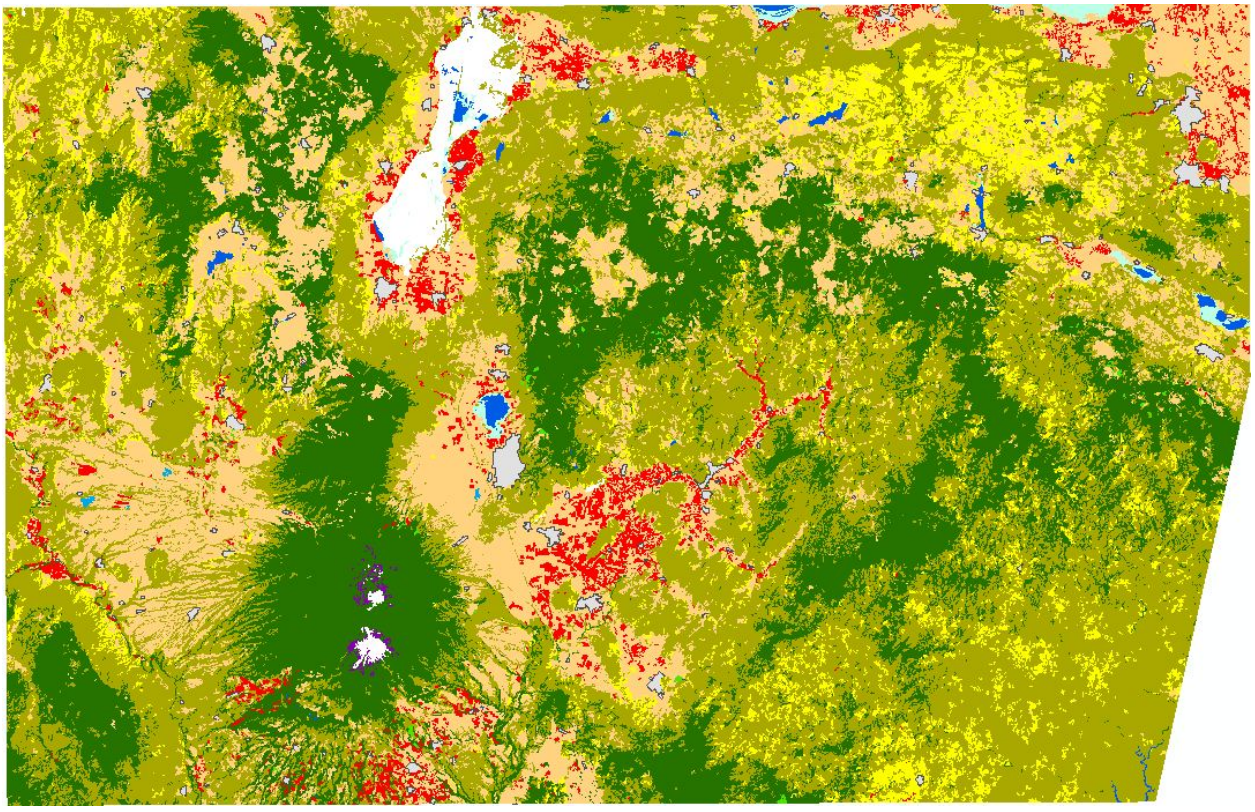
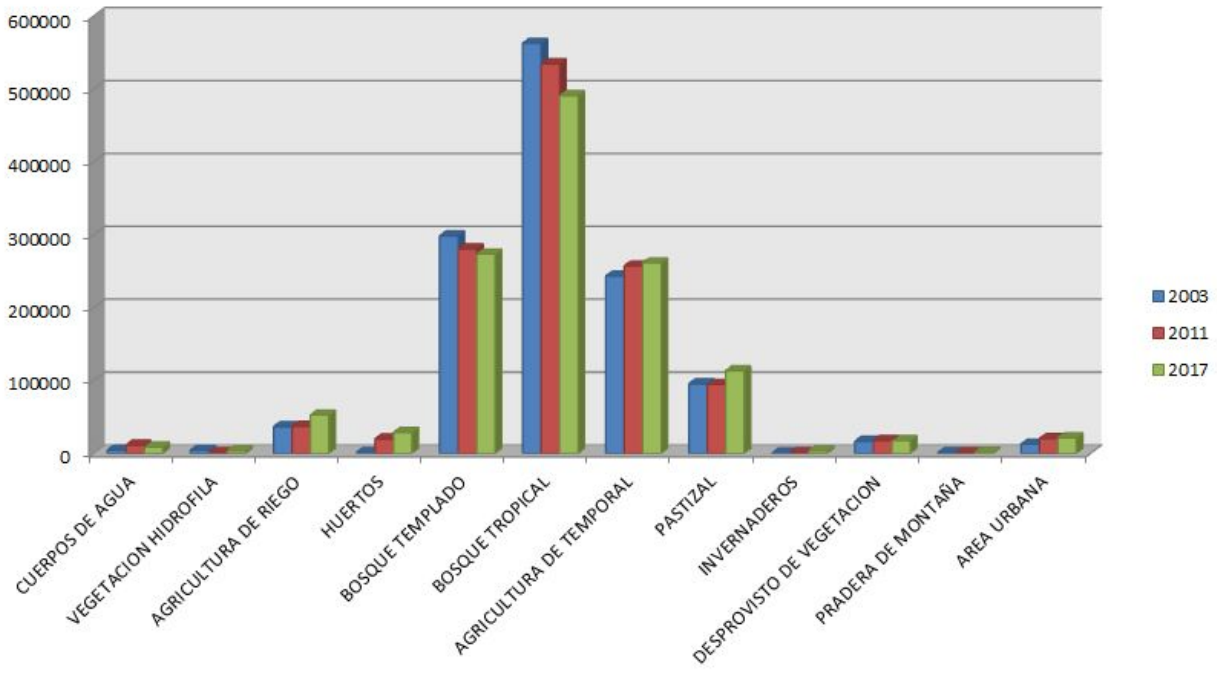


Figura 8. Variación de superficies (ha) de cada clase temática en 2003, 2011 y 2017



3. Identificación de cambios de uso del suelo forestal a huertos para predios de la Sierra del Tigre.

Se generó la matriz de cambios para los periodos: 2003-2011, 2011-2017 y 2003-2017 y posteriormente se analizaron los datos mediante tablas, gráficos y generación de nuevos mapas de cambio, especialmente para el caso de los huertos. En el caso de los huertos la gran mayoría del cambio es ganancia de superficie en estos periodos.

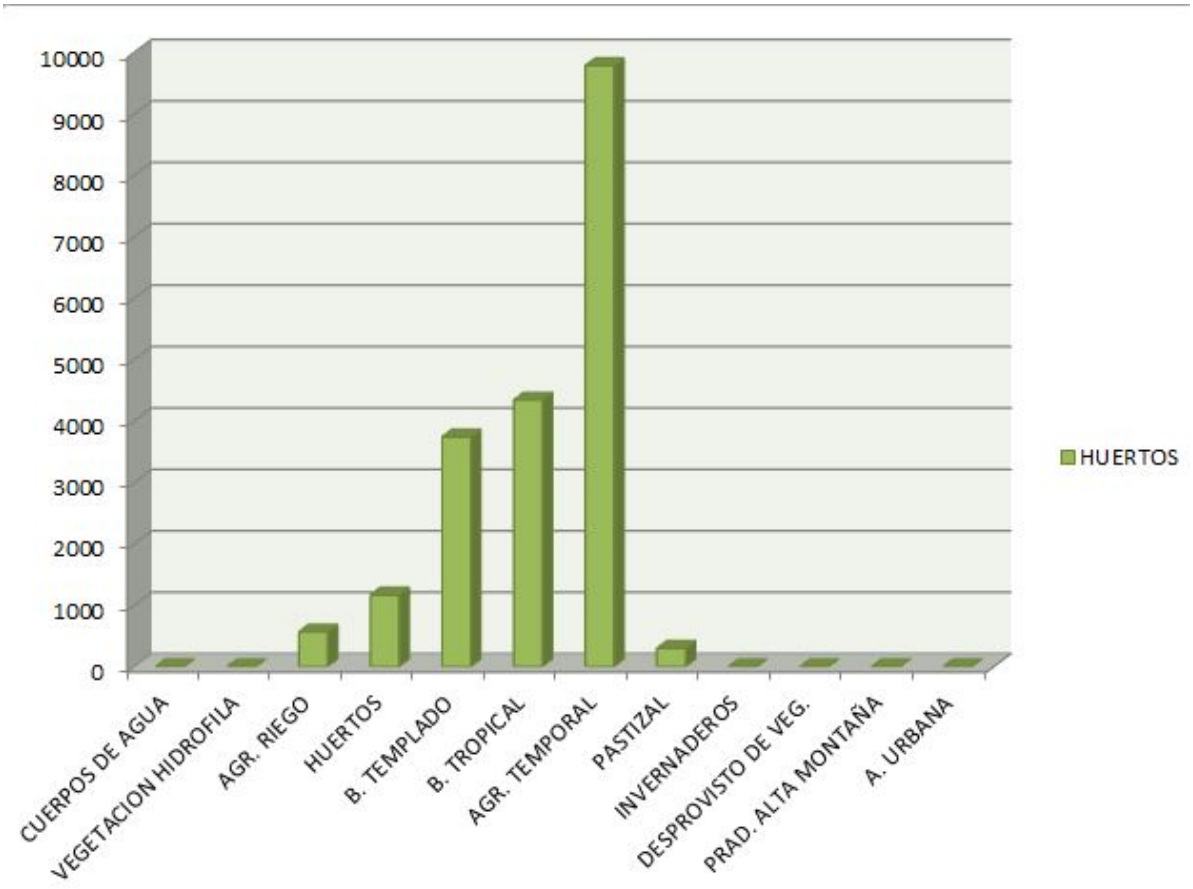
a. Ganancias de huertos entre 2003 a 2011

Los huertos pasaron de 1,260 ha en 2003 a 19,904 ha en 2011, una ganancia de 18,644 ha.

La siguiente tabla y grafico correspondiente hace referencia a que tipo de cobertura le correspondía en 2003 a los huertos existentes en 2011; por ejemplo 566.28 ha de los huertos de 2011 en 2003 eran agricultura de riego. O bien 3,740 ha de bosque templado de 2003, en 2011 se convirtieron en huertos. La cobertura mayoritaria cuya superficie se convirtió en huertos en 2011 era agricultura de temporal en 2003 (9,785.7 ha).

Figura 9. Ganancias de huertos entre 2003 a 2011

CUERPOS DE AGUA	0.09
VEGETACION HIDROFILA	0
AGR. RIEGO	566.28
HUERTOS	1,169.46
B. TEMPLADO	3,740.4
B. TROPICAL	4,340.07
AGR. TEMPORAL	9,785.7
PASTIZAL	299.16
INVERNADEROS	0
DESPROVISTO DE VEG.	0
PRAD. ALTA MONTAÑA	0
A. URBANA	0.63

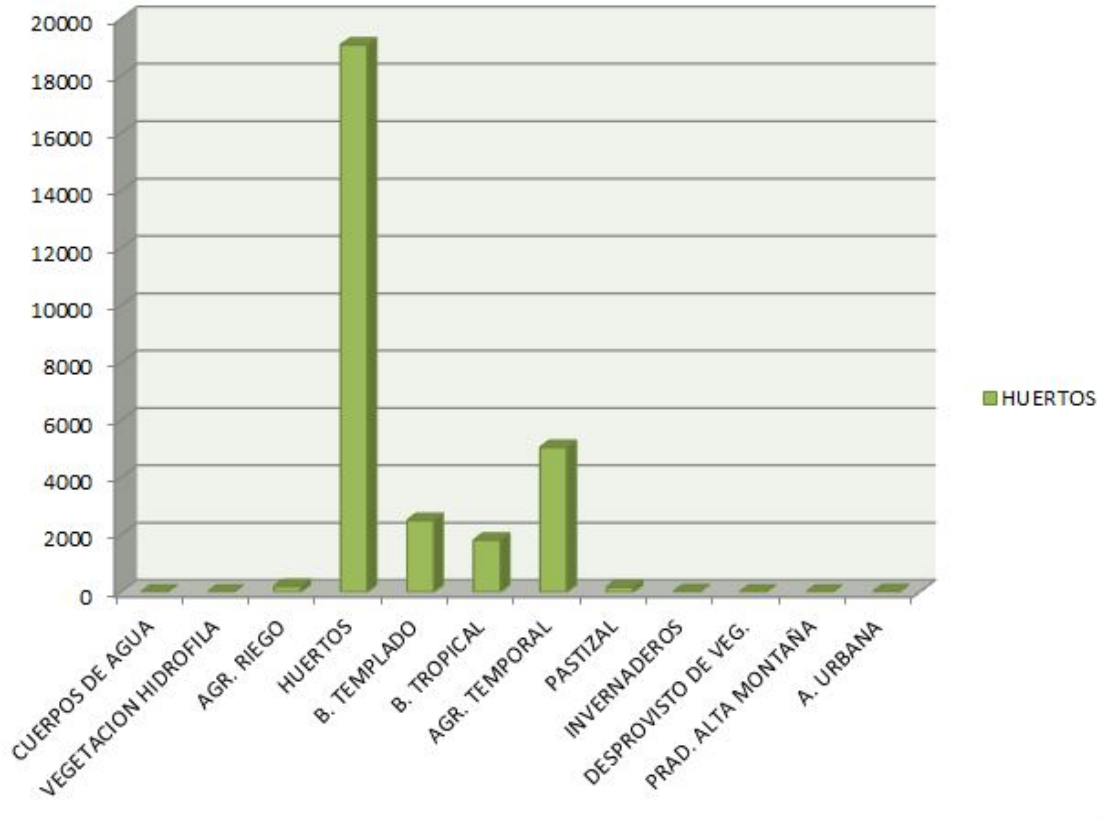


b. Ganancias de huertos entre 2011 a 2017

Los Huertos pasaron de 19,904 ha en 2011 a 28,883 ha en 2011, una ganancia de 8,979 ha. La cobertura mayoritaria de los Huertos de 2017 ya eran Huertos en 2011 (19,073 ha), a continuación, siguen agricultura de temporal (5,048 ha de agricultura de temporal de 2011 es huerto en 2017) y bosque templado (2,502 ha de Huertos de 2017 eran bosque templado en 2011).

Figura 10. Ganancias de huertos entre 2011 a 2017

CUERPOS DE AGUA	0.09
VEGETACION HIDROFILA	0
AGR. RIEGO	208.08
HUERTOS	1,9073.9
B. TEMPLADO	2,502.9
B. TROPICAL	1,812.96
AGR. TEMPORAL	5,048.55
PASTIZAL	172.8
INVERNADEROS	4.68
DESPROVISTO DE VEG.	0
PRAD. ALTA MONTAÑA	0
A. URBANA	5.67



c. Ganancias de huertos entre 2011 a 2017

Tomando el cambio directamente entre 2003 y 2017 la ganancia de huertos fue de 27,623 ha, en donde el uso mayoritario de estos era agricultura de temporal en 2003 (14,088 ha), seguido de bosque tropical y bosque templado con 6,205 y 6,308 ha respectivamente.

Figura 11. Ganancias de huertos entre 2003 a 2017

CUERPOS DE AGUA	0
VEGETACION HIDROFILA	0
AGR. RIEGO	673.2
HUERTOS	1,075.5
B. TEMPLADO	6,205.68
B. TROPICAL	6,308.64
AGR. TEMPORAL	14,088
PASTIZAL	474.66
INVERNADEROS	0
DESPROVISTO DE VEG.	0
PRAD. ALTA MONTAÑA	0
A. URBANA	0.9

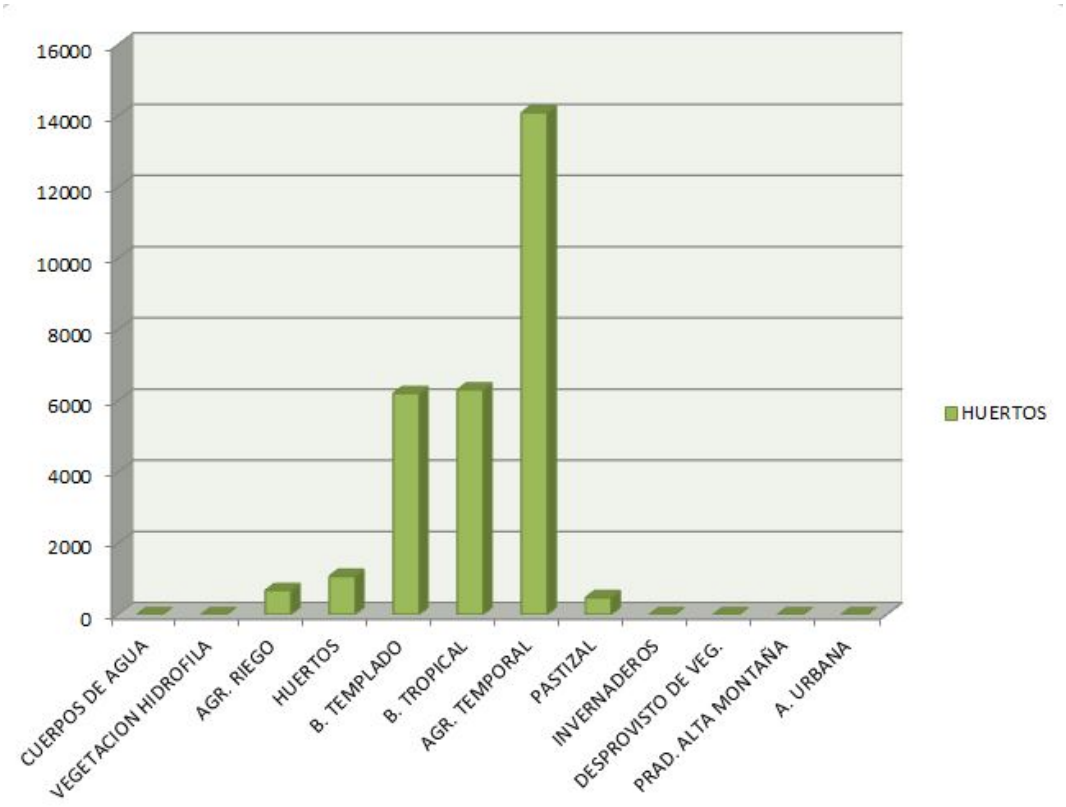
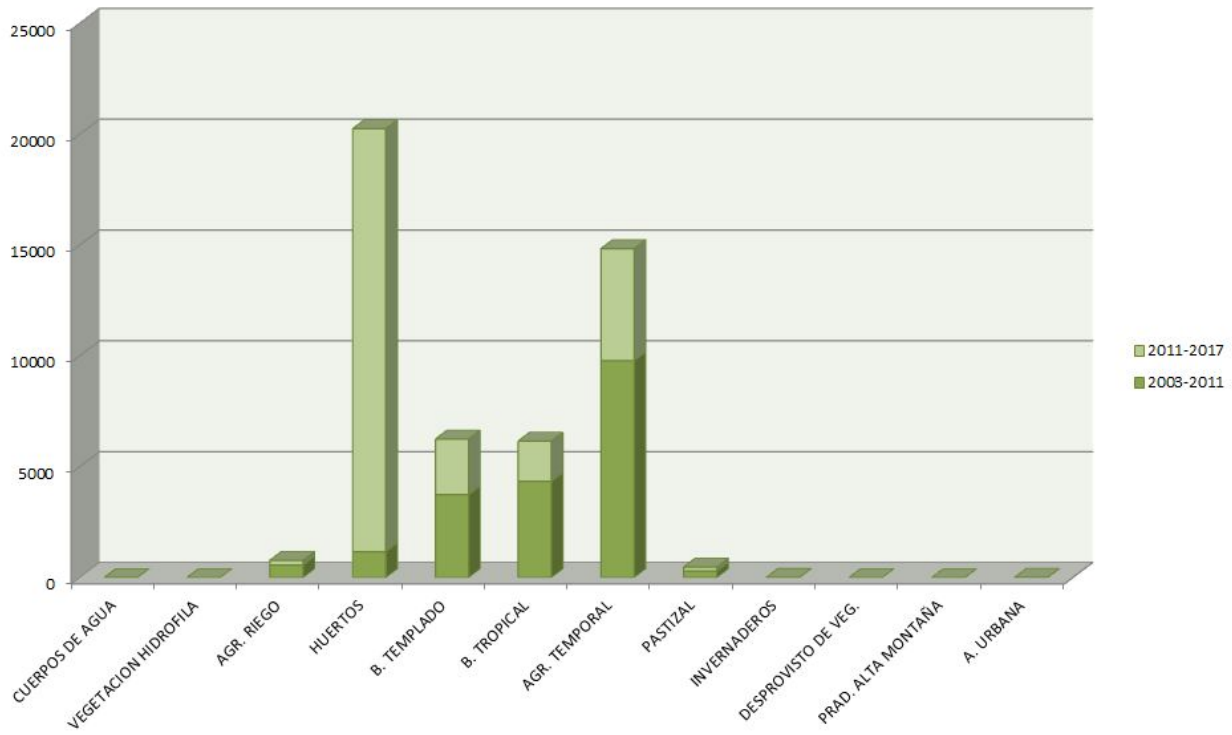


Figura 12. Resumen de ganancias de huertos entre los periodos 2003-2011 y 2011-2017



d. Localización geográfica de la Ganancia de Huertos

¿Dónde estaba ubicado el bosque Templado de 2003 que se convirtió en huertos en 2011? A esta pregunta responderían los mapas que se muestran a continuación.

Figura 13. Localización de la ganancia de huertos entre 2003 y 2011 (acercamiento al área mas significativa)

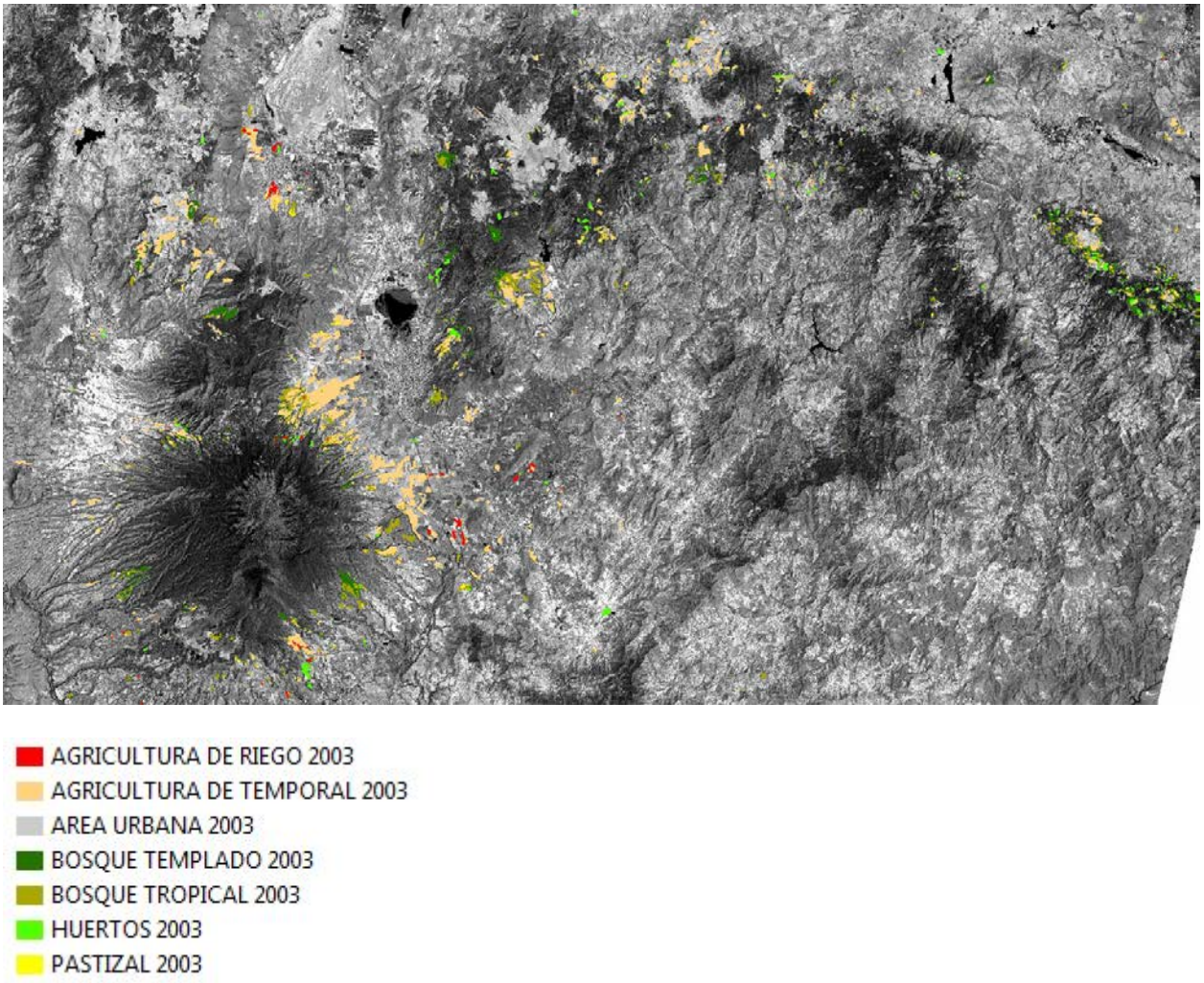
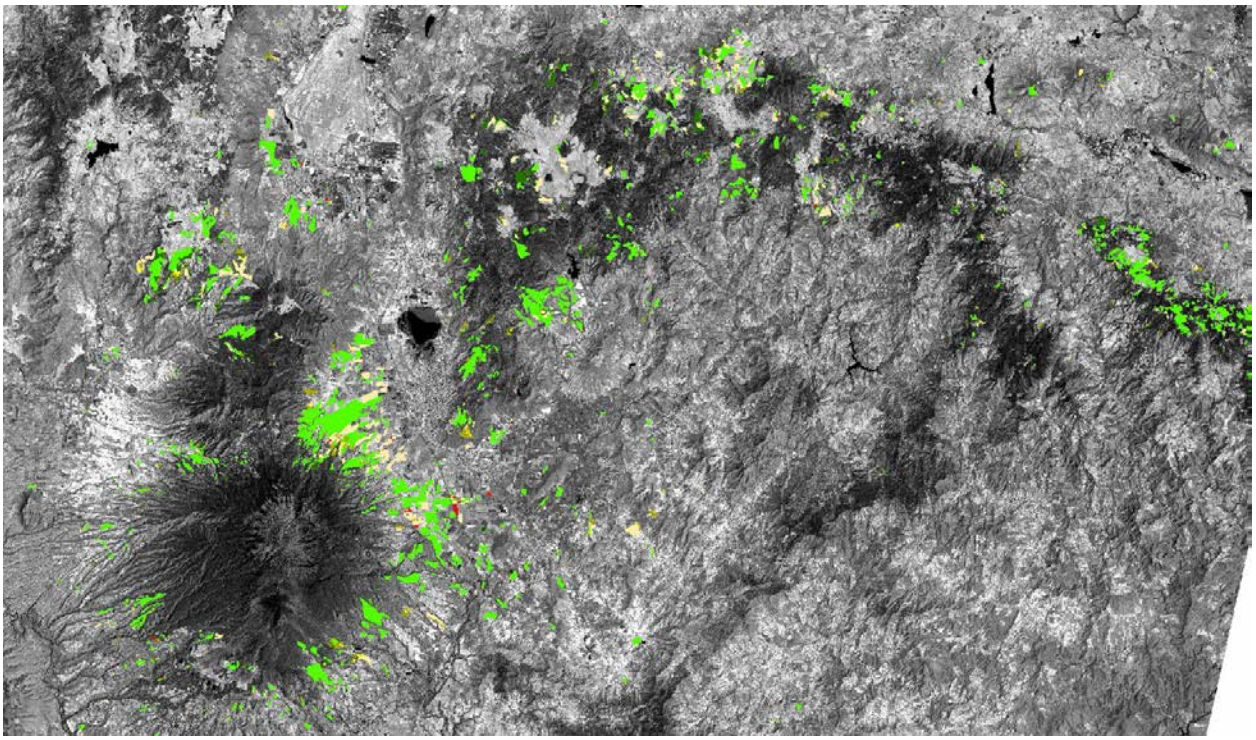
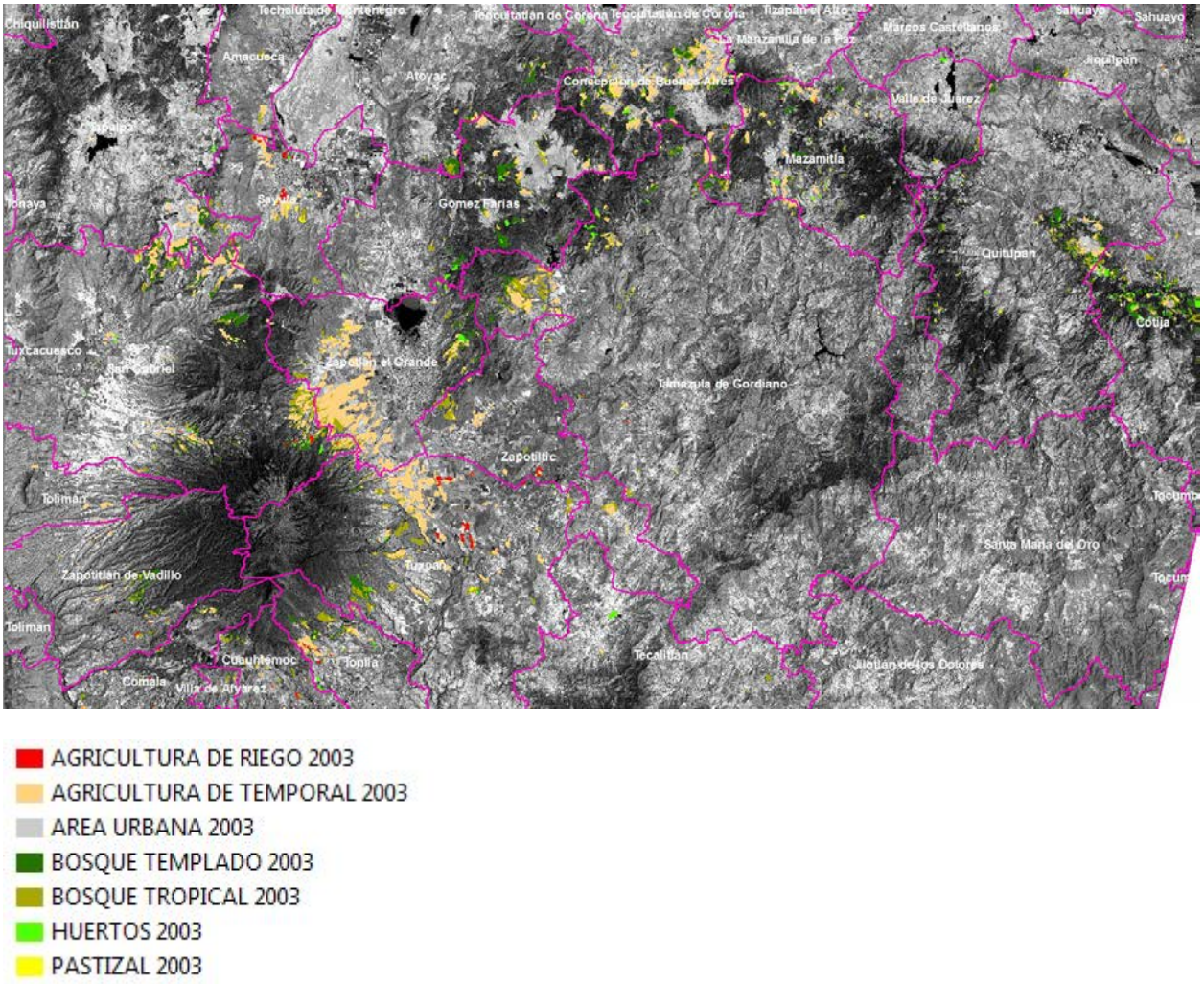


Figura 14. Localización de la ganancia de huertos entre 2011 y 2017 (acercamiento al área más significativa)



AGRICULTURA DE RIEGO 2011
AGRICULTURA DE TEMPORAL 2011
AREA URBANA 2011
BOSQUE TEMPLADO 2011
BOSQUE TROPICAL 2011
CUERPOS DE AGUA 2011
HUERTOS 2011
INVERNADEROS 2011
PASTIZAL 2011

Figura 15. Localización de la ganancia de huertos entre 2003 y 2017 (acercamiento al área más significativa), superpuestos se encuentran los límites de los municipios y sus nombres



- AGRICULTURA DE RIEGO 2003
- AGRICULTURA DE TEMPORAL 2003
- AREA URBANA 2003
- BOSQUE TEMPLADO 2003
- BOSQUE TROPICAL 2003
- HUERTOS 2003
- PASTIZAL 2003

e. Tablas de matriz de cambios

Figura 16. Matriz de cambio 2003 – 2011

		2011												
		CUERPOS DE AGUA	VEG. HIDROFILA	AGR. RIEGO	HUERTOS	B. TEMPLADO	B. TROPICAL	AGR. TEMPORAL	PASTIZAL	INVERNADEROS	DESPROVISTO DE VEG.	PRAD. ALTA MONTAÑA	A. URBANA	TOTAL
2003	CUERPOS DE AGUA	3,409.7	95.0	35.3	0.1	2.2	53.0	299.6	35.3	0.0	537.8	0.0	11.8	**4,479.8**
	VEGETACION HIDROFILA	2,266.6	630.7	349.6	0.0	12.9	204.7	388.5	1.9	0.0	515.3	0.0	12.8	**4,382.9**
	AGR. RIEGO	1,387.3	85.9	15,533.2	566.3	369.6	1,293.8	16,054.5	178.1	334.4	8.2	0.0	835.7	**36,647.0**
	HUERTOS	0.1	0.0	30.3	1,169.5	23.8	7.6	28.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	**1,260.6**
	B. TEMPLADO	117.5	30.0	1,824.7	3,740.4	251,824.0	36,023.4	2,930.4	1,167.4	0.1	173.9	383.8	244.0	**298,459.5**
	B. TROPICAL	386.0	87.3	2,306.3	4,340.1	25,890.1	450,721.0	39,719.3	37,280.5	32.3	711.7	7.5	1,251.5	**562,733.7**
	AGR. TEMPORAL	3,684.3	161.5	16,758.7	9,785.7	1,808.8	19,554.4	180,995.0	4,441.8	640.6	50.2	0.0	5,448.9	**243,329.9**
	PASTIZAL	33.3	0.4	358.0	299.2	461.7	25,940.4	16,202.0	51,666.9	0.3	10.5	0.0	480.9	**95,453.5**
	INVERNADEROS	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	44.6	0.0	233.8	0.0	0.0	0.0	**278.6**
	DESPROVISTO DE VEG.	81.2	0.0	79.1	0.0	9.9	707.9	120.3	2.4	0.0	15,701.4	39.4	62.8	**16,804.4**
	PRAD. ALTA MONTAÑA	0.0	0.0	0.0	0.0	193.6	0.0	0.0	0.0	0.0	157.0	781.7	0.0	**1,132.2**
	A. URBANA	3.2	0.0	51.8	0.6	11.2	86.8	423.2	40.0	0.0	1.6	0.0	12,055.5	**12,673.8**
	TOTAL	**11,369.2**	**1,090.7**	**37,327.1**	**19,901.8**	**280,607.7**	**534,592.9**	**257,206.2**	**94,814.3**	**1,241.5**	**17,867.7**	**1,212.3**	**20,404.5**	**1,277,635.9**

Figura 17. Matriz de cambio 2011 – 2017

		2017												
		CUERPOS DE AGUA	VEG. HIDROFILA	AGR. RIEGO	HUERTOS	B. TEMPLADO	B. TROPICAL	AGR. TEMPORAL	PASTIZAL	INVERNADEROS	DESPROVISTO DE VEG	PRAD. ALTA MONTAÑA	A. URBANA	TOTAL
2011	CUERPOS DE AGUA	8,326.44	2,149.02	229.05	0.09	57.96	115.56	309.42	38.97	19.98	111.60	0.00	11.07	**11,369.16**
	VEGETACION HIDROFILA	78.75	608.94	233.73	0.00	0.00	70.47	97.47	0.27	0.00	0.00	0.00	1.08	**1,090.71**
	AGR. RIEGO	47.97	357.57	18,601.50	208.08	1,287.90	2,582.55	13,262.70	395.19	367.65	14.40	0.00	201.69	**37,327.20**
	HUERTOS	0.09	0.00	153.27	19,073.90	259.38	163.98	236.25	14.76	0.54	0.00	0.00	1.80	**19,903.97**
	B. TEMPLADO	12.42	0.00	3,348.72	2,502.90	244,767.00	25,509.90	2,238.21	1,478.25	13.41	91.53	510.12	134.82	**280,607.28**
	B. TROPICAL	98.82	58.50	3,782.34	1,812.96	23,258.40	428,830.00	32,499.70	43,266.60	50.04	811.80	1.71	122.31	**534,593.18**
	AGR. TEMPORAL	293.22	369.09	25,423.30	5,048.55	2,871.54	18,411.90	191,426.00	10,193.60	2,077.47	39.42	0.00	1,052.73	**257,206.82**
	PASTIZAL	27.72	3.42	695.34	172.80	374.49	14,583.10	20,714.60	58,160.40	14.67	3.15	0.00	64.71	**94,814.40**
	INVERNADEROS	0.00	0.00	202.41	4.68	3.78	33.12	264.33	0.09	727.65	0.00	0.00	5.40	**1,241.46**
	DESPROVISTO DE VEG.	0.00	0.00	8.37	0.00	147.06	624.51	61.65	6.66	42.66	16,637.20	338.40	1.17	**17,867.68**
	PRAD. ALTA MONTAÑA	0.00	0.00	0.00	0.00	484.65	9.81	0.00	0.00	0.00	68.76	649.08	0.00	**1,212.30**
	A. URBANA	0.81	1.89	63.63	5.67	18.81	52.29	346.50	19.53	0.00	2.79	0.00	19,894.90	**20,406.82**
	TOTAL	**8,886.24**	**3,548.43**	**52,741.66**	**28,829.63**	**273,530.97**	**490,987.19**	**261,456.83**	**113,574.32**	**3,314.07**	**17,780.65**	**1,499.31**	**21,491.68**	**1,277,640.98**

Figura 18. Matriz de cambio 2003 – 2017

	2017												
	CUERPOS DE AGUA	VEG. HIDROFILA	AGR. RIEGO	HUERTOS	B. TEMPLADO	B. TROPICAL	AGR. TEMPORAL	PASTIZAL	INVERNADEROS	DESPROVISTO DE VEG.	PRAD. ALTA MONTAÑA	A. URBANA	TOTAL
CUERPOS DE AGUA	2,992.95	475.11	18.09	0.00	28.71	91.08	238.59	32.76	0.00	587.52	0.00	14.94	**4,479.75**
VEGETACION HIDROFILA	2,075.04	1,041.93	370.80	0.00	4.59	91.80	156.87	1.35	0.00	626.04	0.00	14.49	**4,382.91**
AGR. RIEGO	1,035.00	381.15	15,719.30	673.20	713.25	2,488.77	13,659.70	284.31	640.44	15.48	0.00	1,036.35	**36,646.95**
HUERTOS	0.00	0.00	59.04	1,075.50	16.74	14.85	89.19	2.16	1.35	0.00	0.00	1.80	**1,260.63**
B. TEMPLADO	104.31	26.19	4,179.42	6,205.68	240,395.00	41,887.50	2,894.13	1,524.60	16.47	171.09	662.31	392.94	**298,459.64**
B. TROPICAL	386.46	232.74	5,768.64	6,308.64	28,581.40	408,439.00	54,081.30	56,718.50	78.57	789.57	18.63	1,332.81	**562,736.26**
AGR. TEMPORAL	2,271.96	1,376.73	25,708.60	14,088.00	2,764.53	20,013.80	160,082.00	8,764.47	2,256.57	29.88	0.00	5,973.12	**243,329.66**
PASTIZAL	20.07	11.88	756.99	474.66	485.82	17,180.50	29,783.50	46,220.20	11.79	5.94	0.00	502.20	**95,453.55**
INVERNADEROS	0.00	0.00	13.95	0.00	0.00	0.27	19.53	0.00	244.89	0.00	0.00	0.00	**278.64**
DESPROVISTO DE VEG.	0.00	0.00	82.89	0.00	82.53	702.72	127.89	1.62	62.28	15,406.40	275.40	62.73	**16,804.46**
PRAD. ALTA MONTAÑA	0.00	0.00	0.00	0.00	442.35	0.45	0.00	0.00	0.00	146.43	542.97	0.00	**1,132.20**
A. URBANA	0.45	2.70	63.90	0.90	17.01	79.11	323.37	24.30	1.71	2.34	0.00	12,158.00	**12,673.79**
TOTAL	**8,886.24**	**3,548.43**	**52,741.62**	**28,826.58**	**273,531.93**	**490,989.85**	**261,456.07**	**113,574.27**	**3,314.07**	**17,780.69**	**1,499.31**	**21,489.38**	**1,277,638.44**

En las matrices de cambio se observan algunos cambios que resultan ilógicos (ej. cambios de bosque tropical a templado y viceversa), esto se debe a que las 3 cobertura de vegetación son resultado de análisis de diferentes sensores de los satélites Landast (TM, ETM y OLI), así como de las diferencias en el estado de la vegetación dependiendo de las condiciones de humedad y atmosféricas del año y mes de toma, así como la hora de adquisición que, una vez más, al ser distintos satélites son distintas y la iluminación y las sombras cambian, estas diferencias se ven reflejados en cambios en la reflectancia.

Sin embargo, es importante mencionar que estos cambios no exceden del 3%, por lo que no se consideran significativos, dado que el nivel de confianza de estudios en estos temas es de alrededor de 95%. En este sentido, ambas coberturas se refieren a vegetación natural, para la cual se busca la conservación de la riqueza biológica.

4. Delimitación de frontera forestal del Complejo Volcánico de Colima

A partir del análisis de las coberturas de vegetación del año 2017, la revisión de la frontera agrícola (SIAP, 2011) y la interpretación visual de imágenes Landsat, Rapid Eye y de Google Earth, se trazó el polígono que delimita la frontera forestal del Complejo Volcánico de Colima.

Este polígono se extiende hacia el oeste hasta los límites del Área Natural Protegida Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, tratando de impulsar un corredor biológico que una el Complejo Volcánico de Colima con el ANP, a través de las barrancas que aún conservan vegetación natural en diferentes estados de conservación.

La frontera forestal, al sur, está delimitada por el límite estatal y al norte por la carretera estatal 428. Hacia el este, se incluyeron las cañadas identificadas como importantes para la conservación, tanto por la preservación de la vegetación natural, así como por los servicios ambientales que presta, entre los que destaca la retención del suelo.

Existen zonas agrícolas y de huertos dentro del polígono de frontera forestal, los cuales, aunque ya hayan alterado las condiciones de la vegetación natural y los ecosistemas, desde el punto de vista de la conservación se considera de gran importancia evitar que se promueva su extensión y/o intensificación del cultivo.

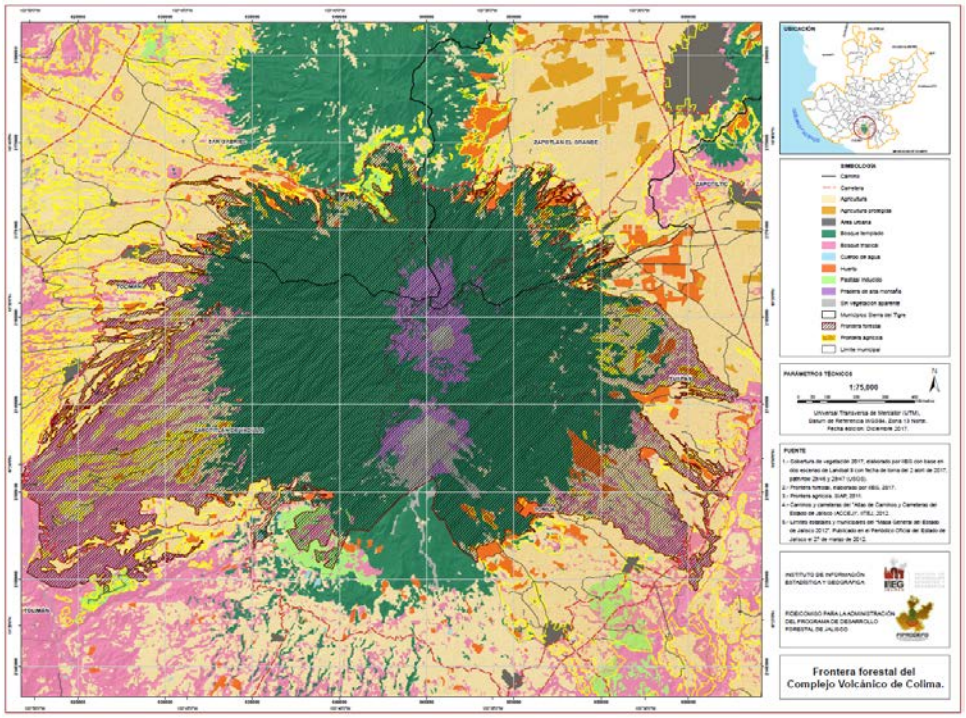



Figura 19. Frontera forestal 2017