

6. DELIMITACIÓN DE HUMEDALES Y MICROCUENCAS

6.1. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y MODELAMIENTO

Se seleccionaron imágenes satelitales a partir del archivo disponible para el Satélite Landsat 8, y mediante la adquisición de un sobrevuelo en el caso del WorldView 2. En ambos casos, se privilegió la visibilidad y baja cobertura de nubes en el área de estudio, a fin de permitir el análisis adecuado de los píxeles presentes en la imagen. De esta forma, se adquirió una imagen Landsat 8, correspondiente al 28 de enero de 2015 y una imagen WV2 correspondiente al 15 de enero de 2015. Ambas escenas se ilustran en detalle en las Figuras 6.1.1 y 6.1.2, donde se aprecian las diferencias en extensión y resolución de las dos escenas.

Las imágenes satelitales fueron corregidas geométrica y radiométricamente, entregando indicadores de reflectancia atmosférica para cada banda de longitudes de onda. En base a estas, se calcularon los indicadores *NDVI* y *mNDWI* que separaron primeramente los cuerpos de agua y tierra. Las imágenes de alta resolución (tanto las satelitales como las obtenidas mediante sobrevuelos de Dron) se procesaron mediante inspección visual georeferenciada en el software QGIS, obteniendo puntos georeferenciados de entrenamiento. Estos puntos de entrenamiento permitieron la calibración de un modelo de clasificación no supervisada a partir de las imágenes satelitales.

Se generaron puntos de entrenamiento para las siguientes categorías de territorio o paisaje:

- Cursos o espejos de agua
- Macrófitas acuáticas
- Vegetación ribereña de humedal
- Vegetación arbustiva o arbórea aledaña a los humedales.

La identificación de estos tipos de cobertura se realizó mediante la inspección de imágenes de color verdadero e imágenes de color falso o pseudocolor (Fig. 6.1.3).

Adicionalmente a la clasificación entregada por la imagen Worldview2, los ortomosaicos obtenidos mediante Drones permitieron verificar puntos de entrenamiento, particularmente para aquellos sectores de humedales con un alto grado de fragmentación, debido a urbanización, desarrollo inmobiliario u otros usos de suelo por parte del ser humano. De esta forma, se obtuvieron puntos de control para las cuatro categorías señaladas.

Una vez obtenidos los puntos de control a lo largo de las imágenes, se procedió a entrenar un modelo de clasificación no supervisada de los humedales utilizando el algoritmo MaxEnt (Phillips et al. 2006). Este consideró tanto la superficie abarcada por áreas cubiertas por agua y espejo de agua como áreas cubiertas por vegetación acuática, ribereña de humedal o arbustos y árboles colindantes a los humedales. En base a estos modelos de clasificación se procedió a generar coberturas vectoriales para los distintos tipos de hábitat. Esto se llevó a cabo filtrando las capas de distribución de hábitat generadas, de manera de eliminar aquellos falsos positivos o puntos de identificación espuria de hábitat. Este procedimiento se realizó usando un algoritmo de filtro Gaussiano, con una desviación estándar de 50 metros y una vecindad de 25 píxeles de radio. Posteriormente, se agruparon los píxeles contiguos mediante un algoritmo de aglomeración, para poder contabilizar los sectores de interés. Finalmente, una vez categorizados los grupos de píxeles contiguos, se procedió a vectorizar la capa, generando de esta forma coberturas vectoriales para los distintos tipos de hábitat. Una vez generados los polígonos, se calculó el área de cada uno de ellos, filtrando y omitiendo los polígonos con áreas inferiores a 90m².

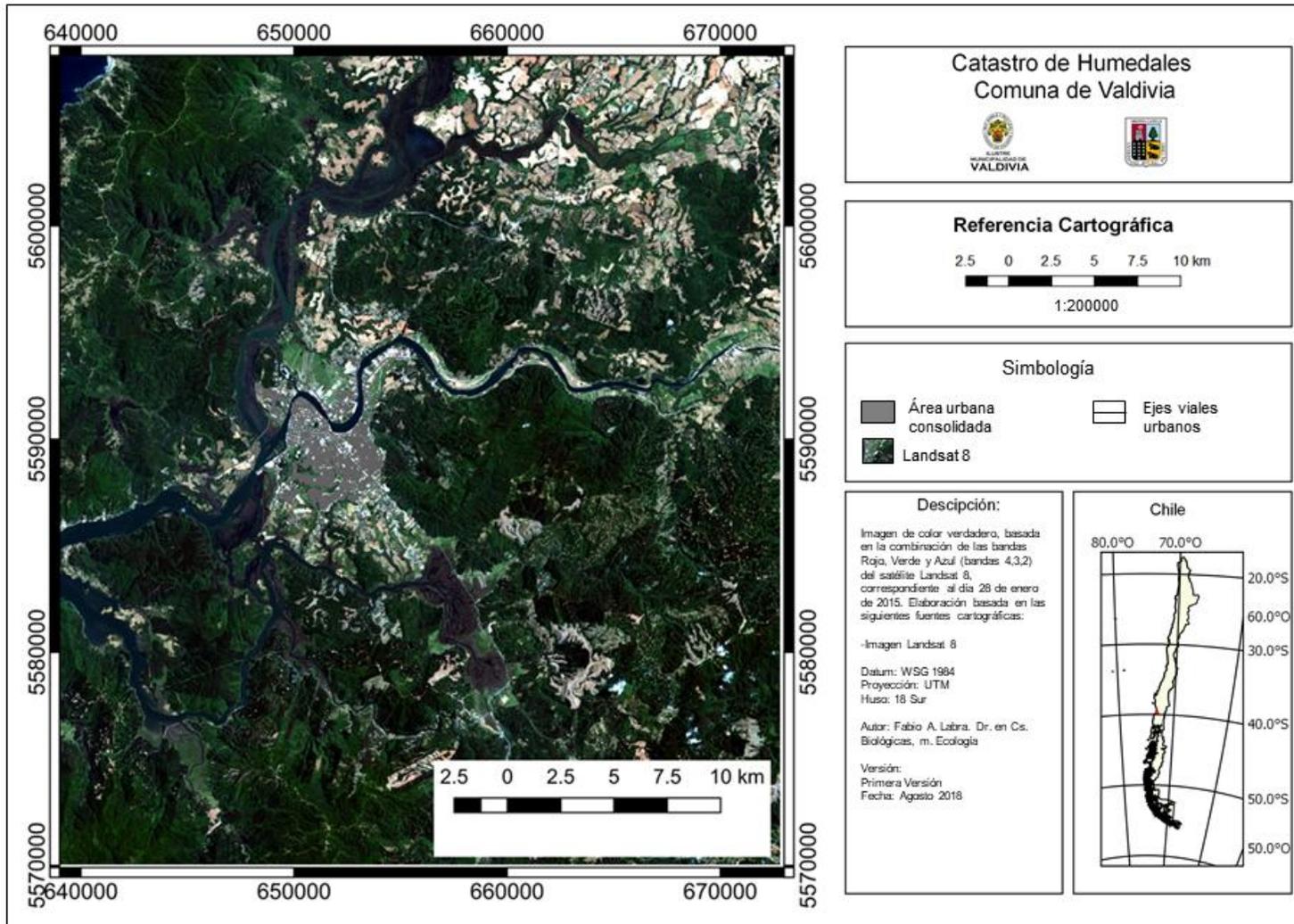


Figura 6.1.1

Imagen de color verdadero, basada en la combinación de las bandas Rojo, Verde y Azul (bandas 4, 3,2) del satélite Landsat 8, correspondiente al día 28 de enero de 2015. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur. Fuente: Elaboración propia.

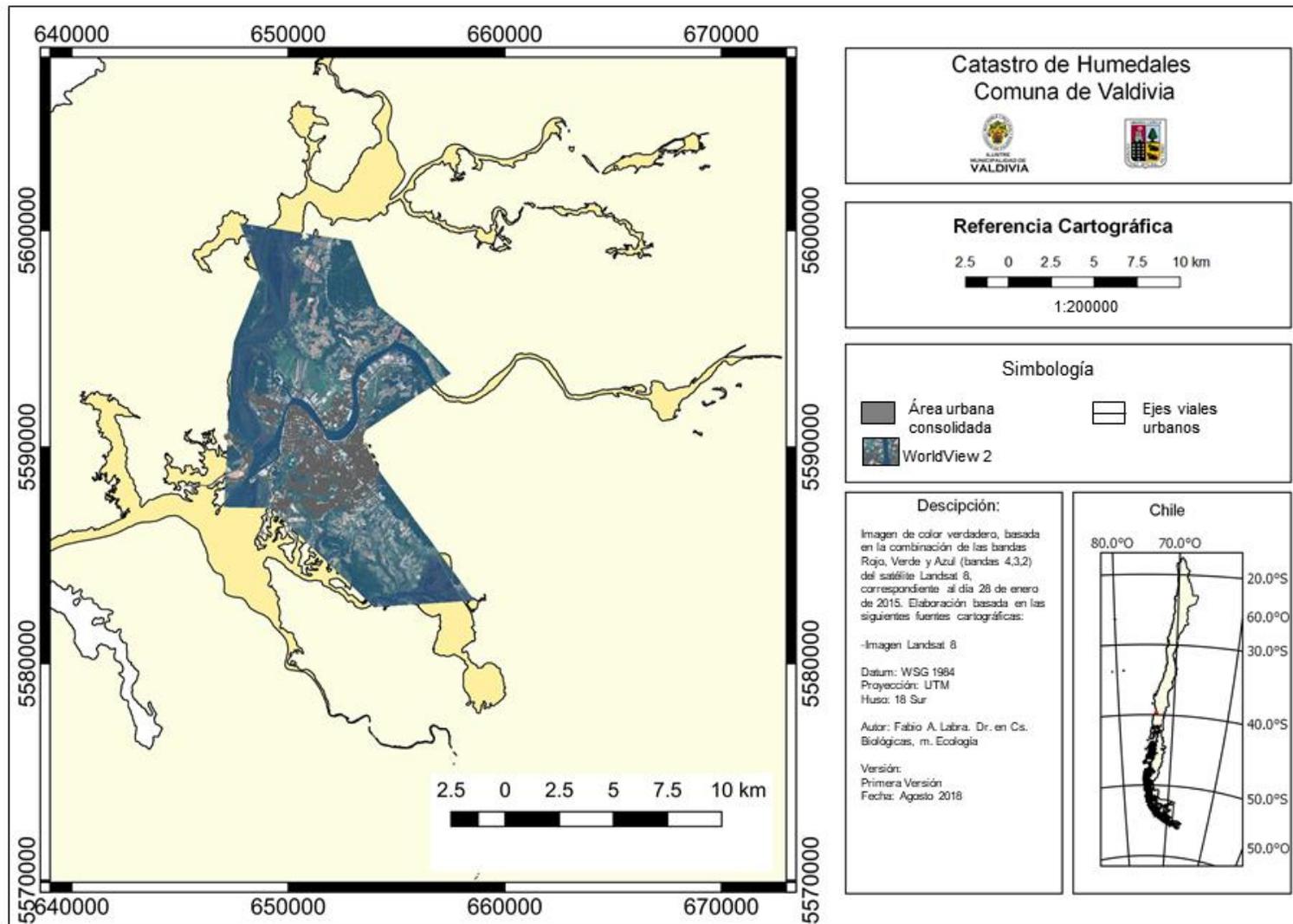


Figura 6.1.2

Imagen de color verdadero, basada en la combinación de las bandas Rojo, Verde y Azul (bandas 4, 3,2) del satélite Worldview 2, correspondiente al día 15 de enero de 2015. Imagen proyectada en coordenadas UTM WSG 84, Huso 18 Sur. Fuente: Elaboración propia.

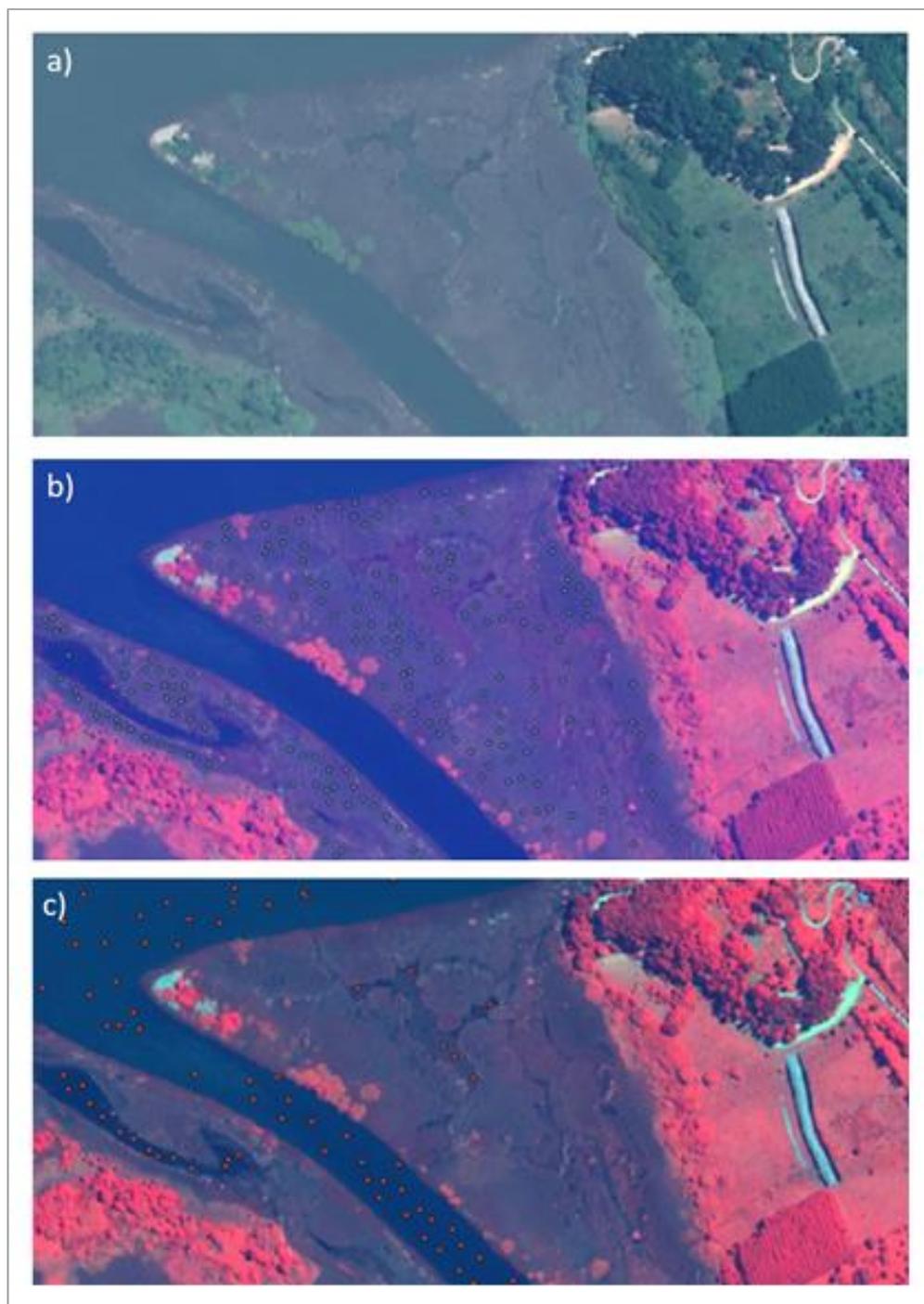


Figura 6.1.3

Definición de puntos geo-referenciados de entrenamiento mediante el uso de representaciones de color verdadero y pseudocolor a partir de la imagen World View 2. Se ilustra a) una imagen de color verdadero (Rojo, Verde y Azul) para el sector El Molino de la Isla Teja. Se ilustra además b) combinación de falso color para destacar vegetación acuática (Infrarrojo cercano, Amarillo y Azul Costero), con puntos de control en círculos verdes. Por último, se ilustra en c) la combinación de falso color para destacar planicies de anegamiento vs. Espejo y cursos de agua (Rojo extremo, Amarillo y Azul Costero), con puntos de control en círculos rojos. Fuente: Elaboración propia.

Una vez delimitadas las áreas de la comuna de Valdivia que presentan distintos tipos de cobertura de hábitat, se procedió a la delimitación de las microcuencas y humedales. La delimitación de microcuencas se basó en la conectividad hidrográfica para los humedales ribereños, utilizando un patrón de cercanía espacial para aquellos humedales alejados de los principales cursos de agua. Tanto para las microcuencas como para los humedales, se generaron polígonos espaciales que delimitan las áreas respectivas, permitiendo así el análisis de las coberturas generadas a nivel de microcuenca y humedales.

Toda la información recolectada fue consolidada mediante planillas, y archivos de Sistema de Información Geográfica (raster y shapefile) en el programa Quantum Gis, generando una base de datos geoespacial. Todas las coordenadas fueron verificadas y almacenadas en archivos con una proyección WSG84/UTM, utilizando el Huso 18 Sur.

En las Figuras 6.1.4 a 6.1.7 se ilustran los modelos de distribución espacial generados a partir de la imagen Worldview 2 para los cuatro tipos de hábitat modelados, a saber: cursos o espejos de agua, macrófitas acuáticas, vegetación ribereña de humedal y vegetación arbustiva o arbórea aledaña al humedal.

De igual forma, las figuras 6.1.8 a 6.1.11 se ilustran los modelos equivalentes observados al utilizar una imagen Landsat para entrenar el modelo. Estos modelos presentan una mayor cobertura espacial, y permiten complementar las coberturas modeladas a partir del satélite Worldview2.

Los modelos ajustados permitieron contar con una buena descripción de la distribución de las diferentes categorías de hábitat, observándose valores del estadístico AUC entre 0.75 y 0.88 para los modelos entrenados a partir de la imagen Worldview2 mientras que para los modelos entrenados a partir de la imagen Landsat el estadístico AUC tomo valores entre 0,8 y 0,96. De tal forma que los modelos permiten capturar de forma adecuada la distribución de estas categorías de hábitat.

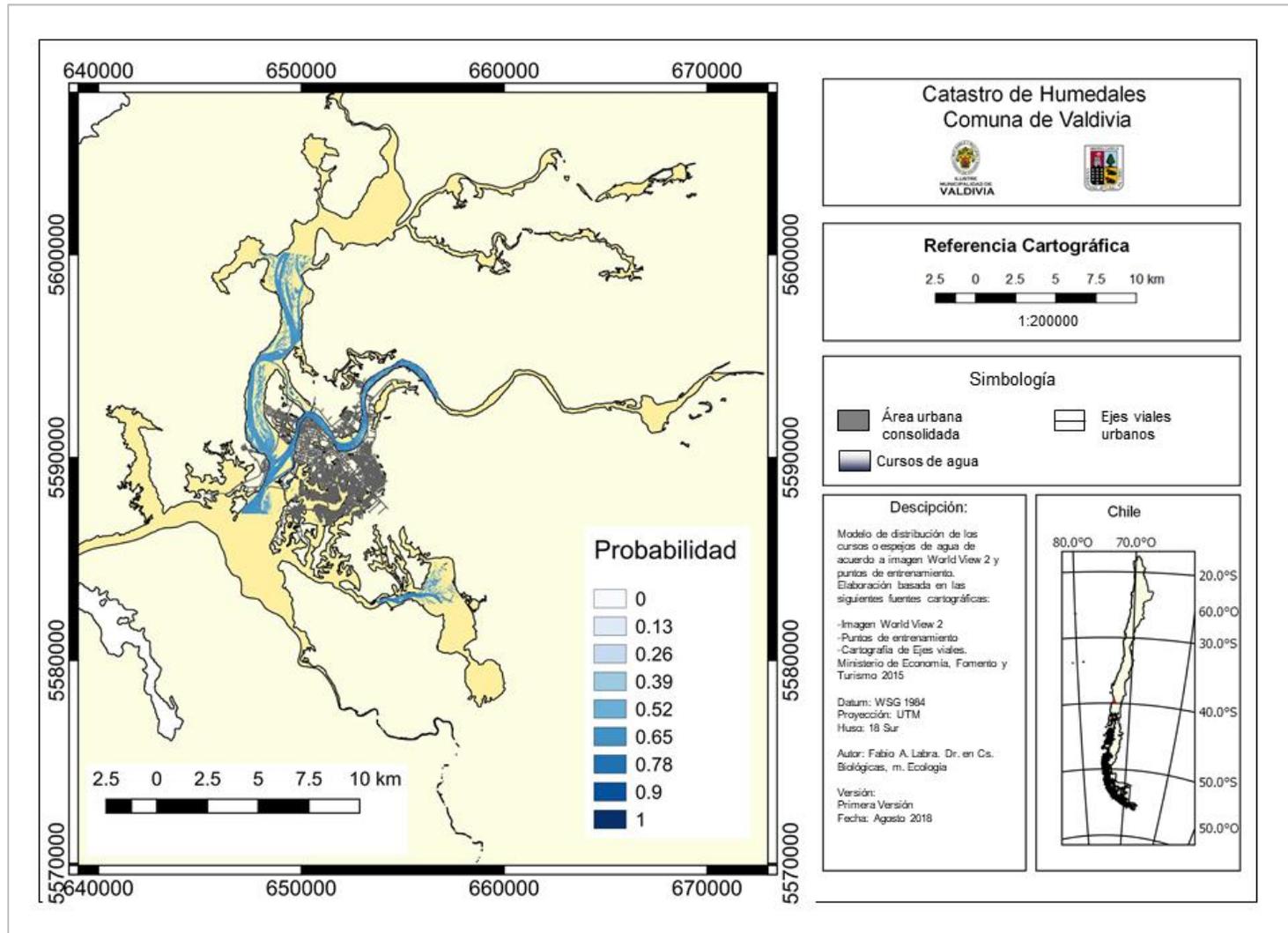


Figura 6.1.4

Modelo MaxEnt para la cobertura de cursos y espejos de agua. Se ilustra la probabilidad de observar cobertura de curso o espejo de agua a partir de la imagen World View 2, con colores azules oscuros indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

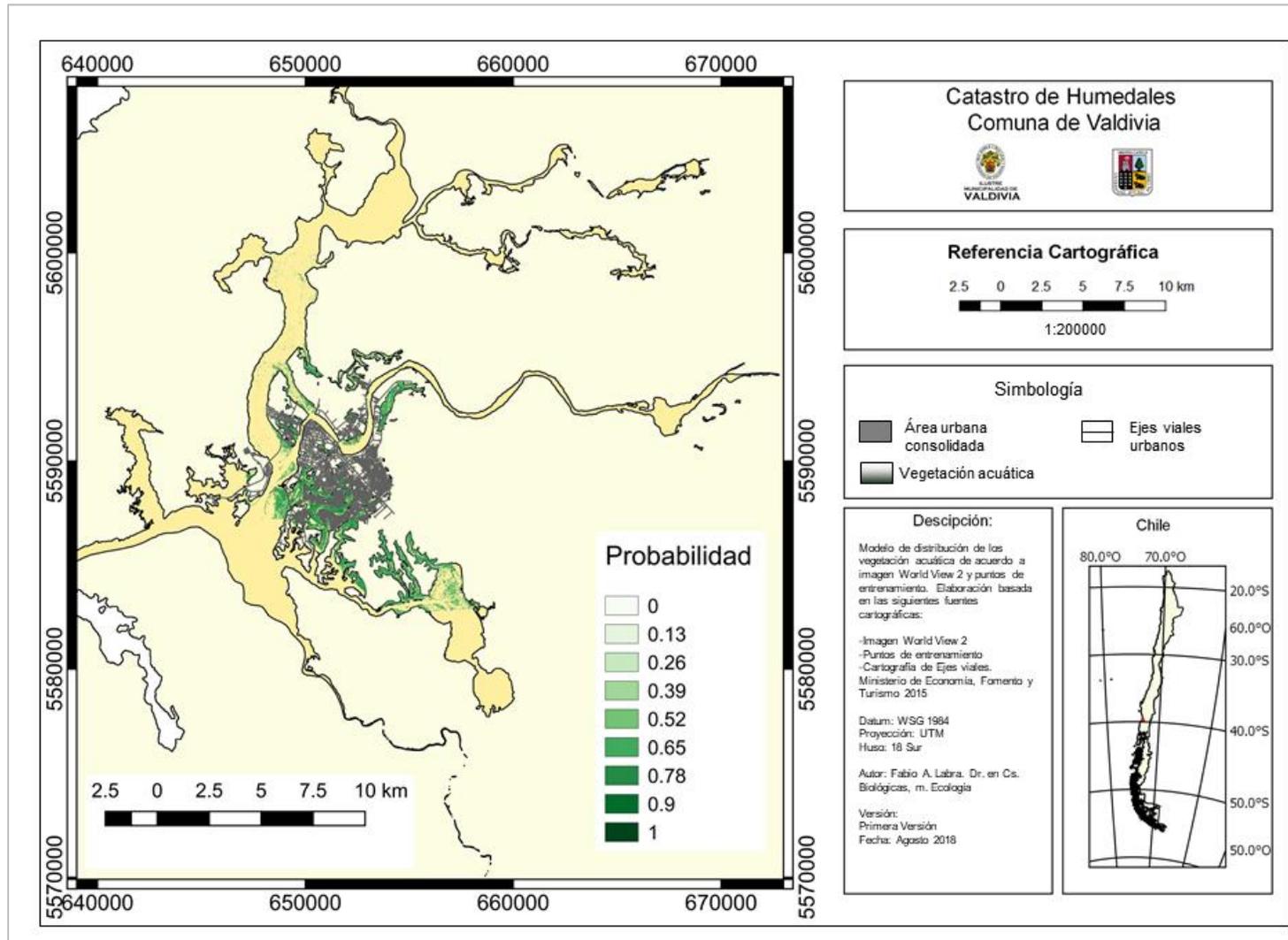


Figura 6.1.5

Modelo MaxEnt para la cobertura de macrofitas acuáticas. Se ilustra la probabilidad de observar macrofitas acuáticas a partir de la imagen World View 2, con colores verdes oscuros indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

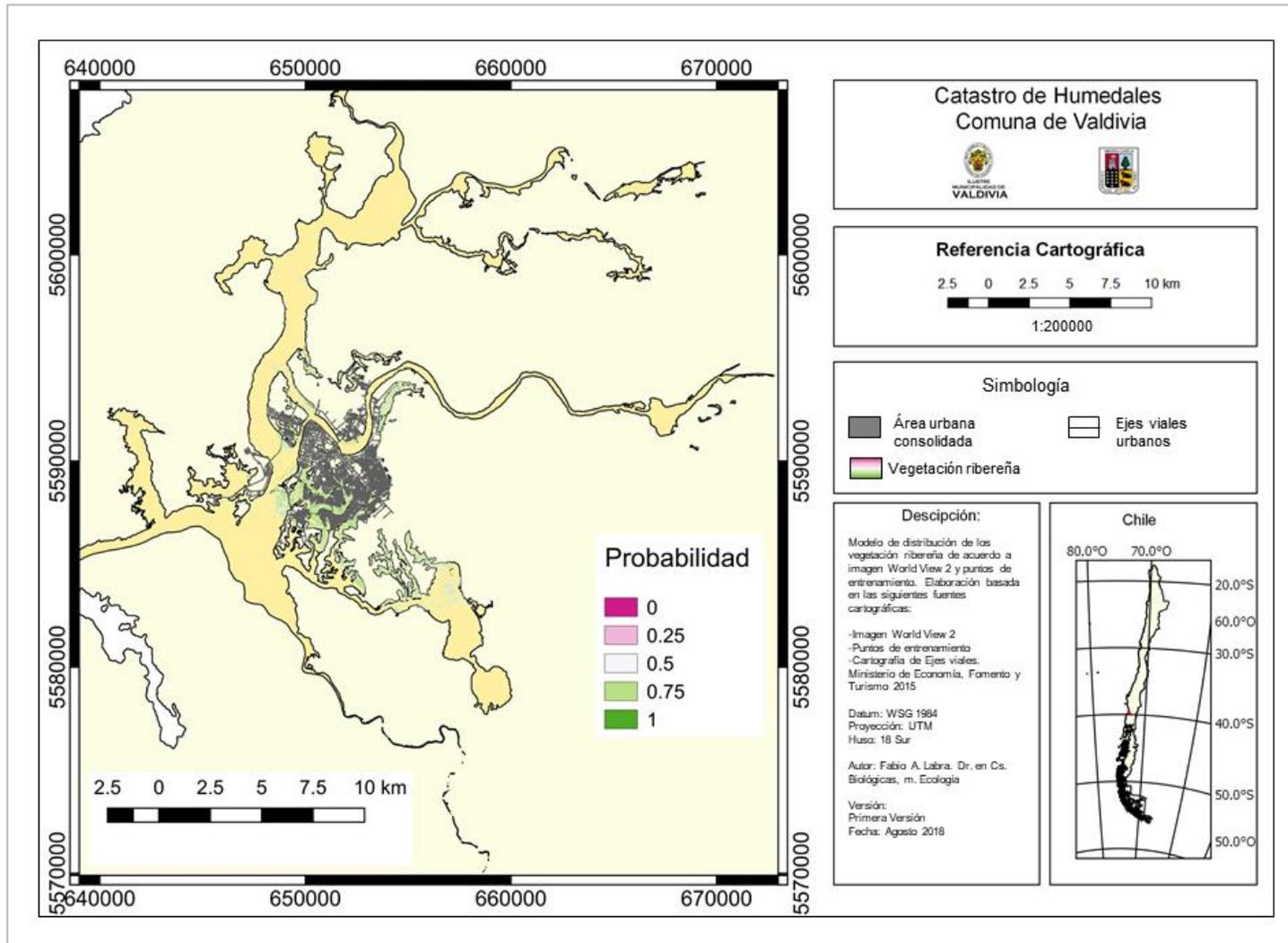


Figura 6.1.6

Modelo MaxEnt para la cobertura de vegetación ribereña de humedal. Se ilustra la probabilidad de observar vegetación ribereña y de humedal a partir de la imagen World View 2, con colores verdes claros indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

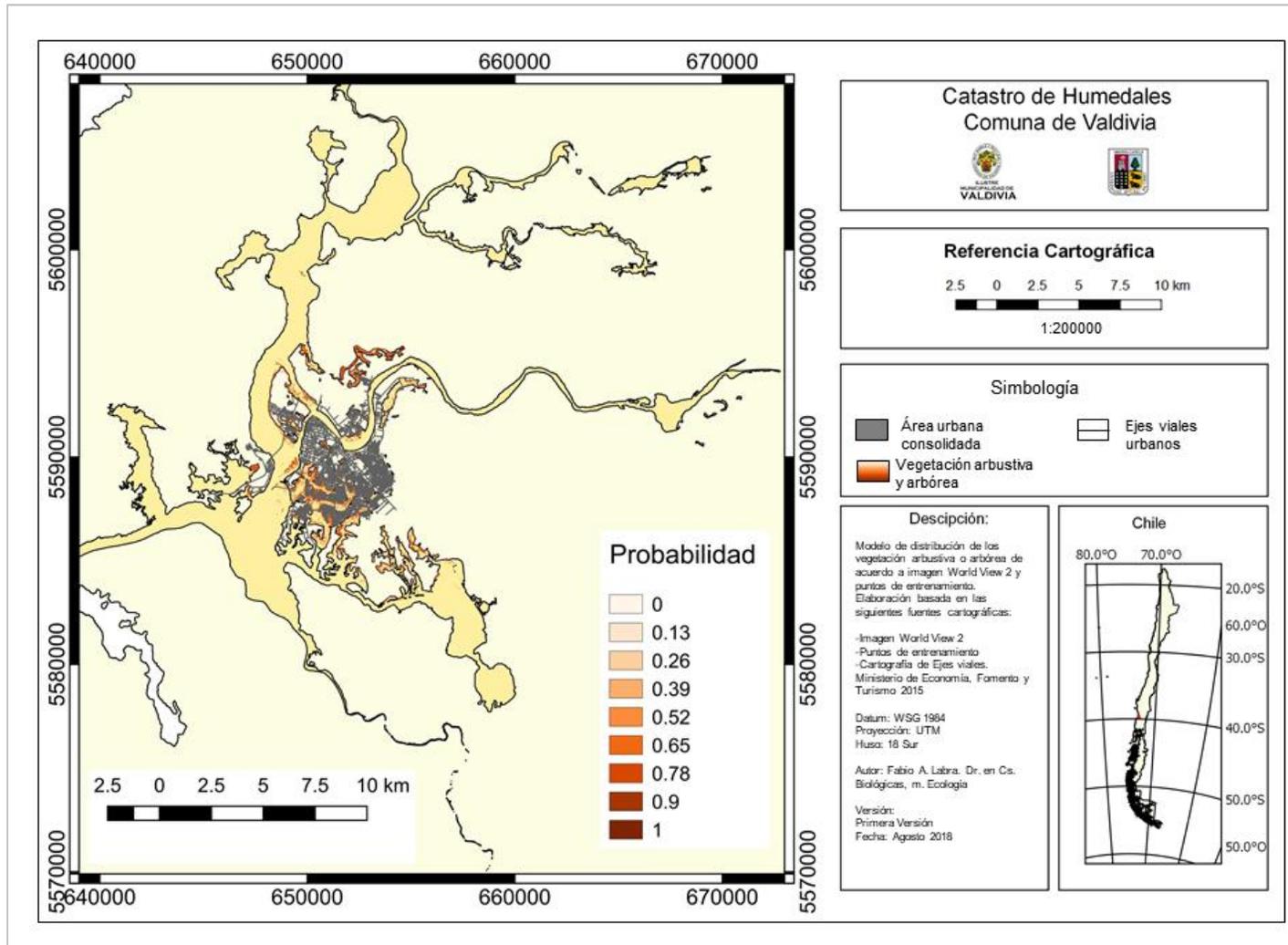


Figura 6.1.7

Modelo MaxEnt para la cobertura de vegetación arbustiva o arbórea aledaña a los humedales. Se ilustra la probabilidad de observar vegetación arbustiva o arbórea aledaña a los humedales a partir de la imagen World View 2, con colores rojos y pardos indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

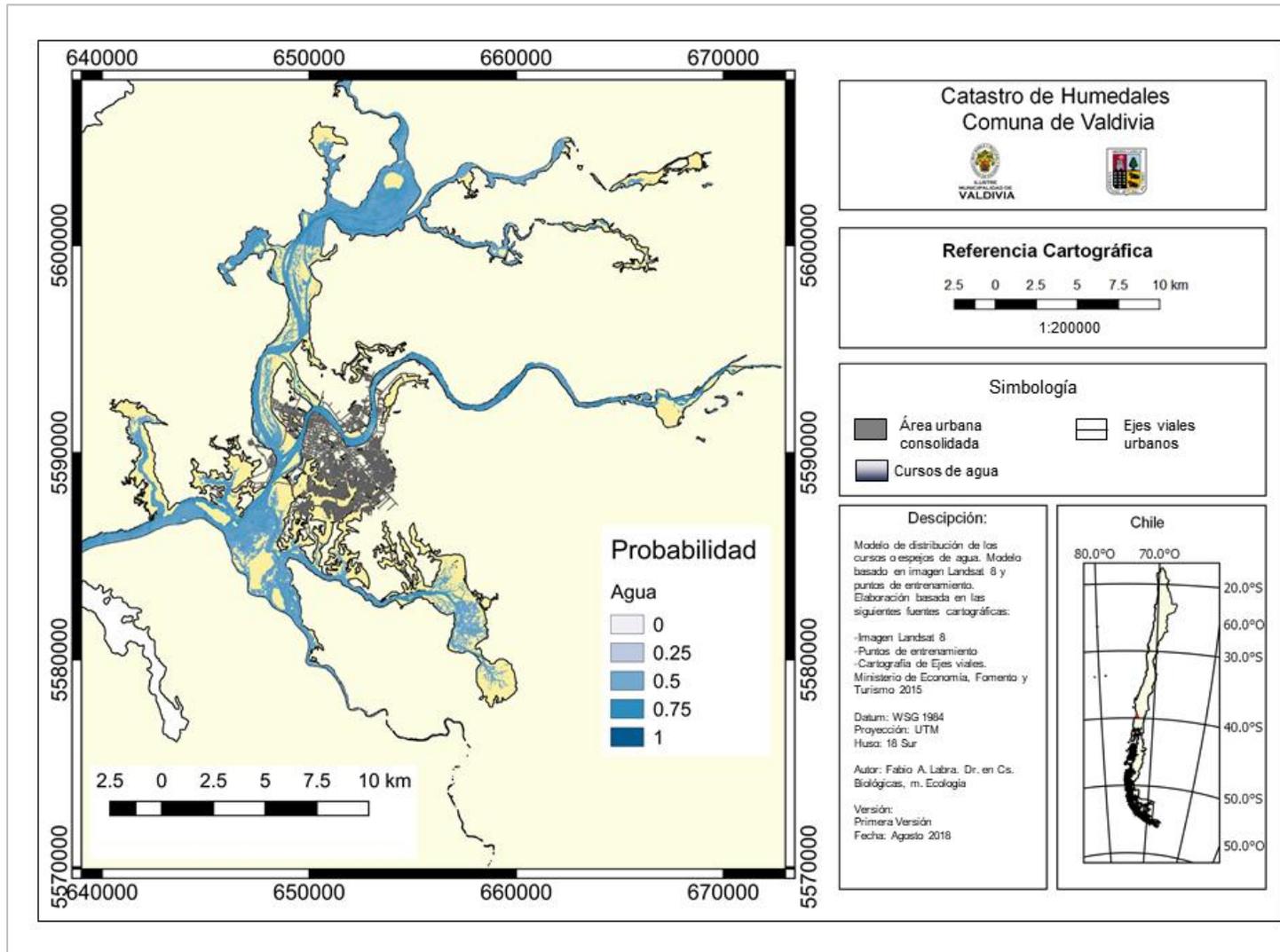


Figura 6.1.8

Modelo MaxEnt para la cobertura de cursos y espejos de agua. Se ilustra la probabilidad de observar cobertura de curso o espejo de agua a partir de la imagen Landsat 8, con colores azules oscuros indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

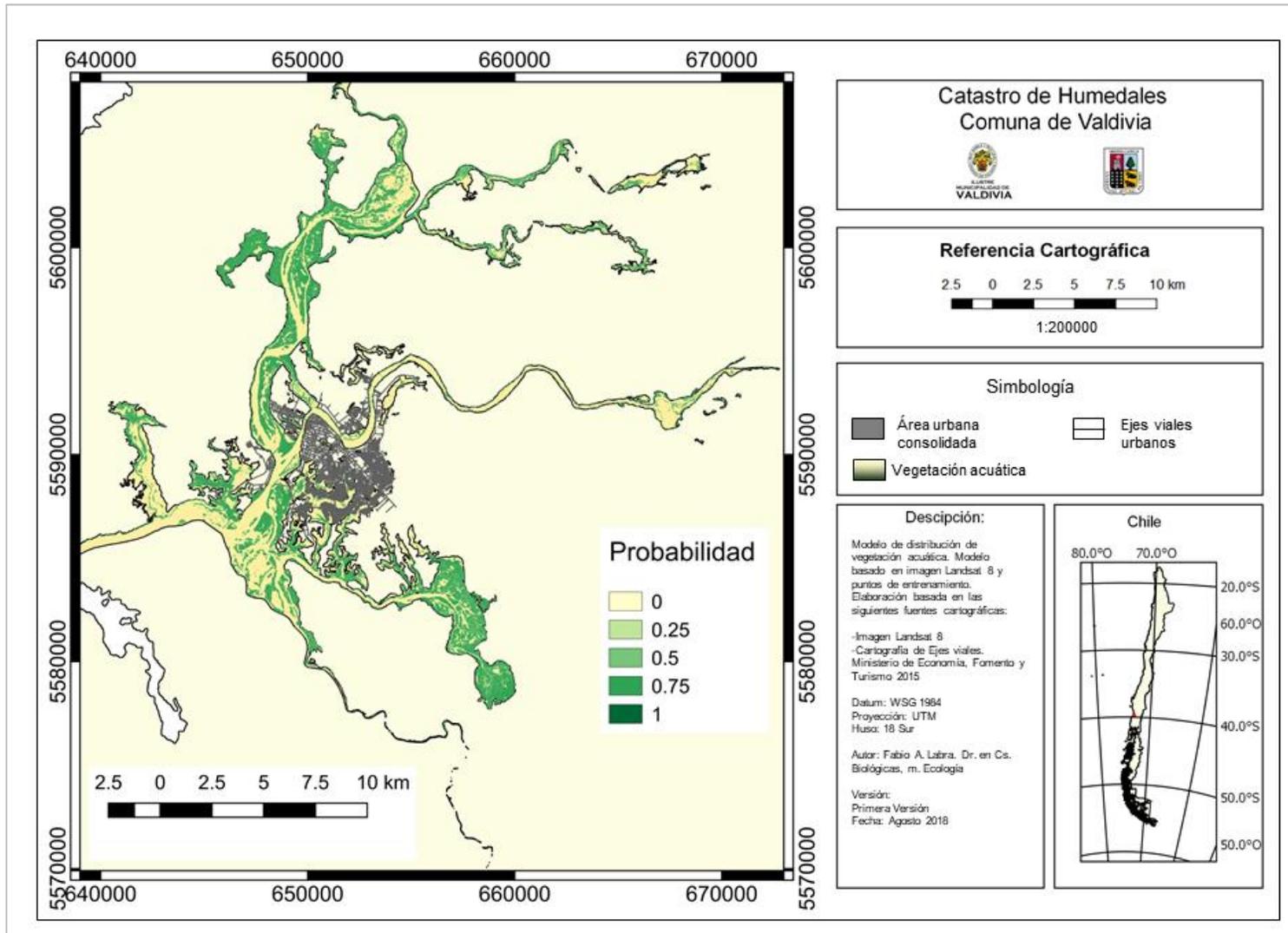


Figura 6.1.9

Modelo MaxEnt para la cobertura de macrofitas acuáticas. Se ilustra la probabilidad de observar macrofitas acuáticas a partir de la imagen Landsat 8, con colores verdes oscuros indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

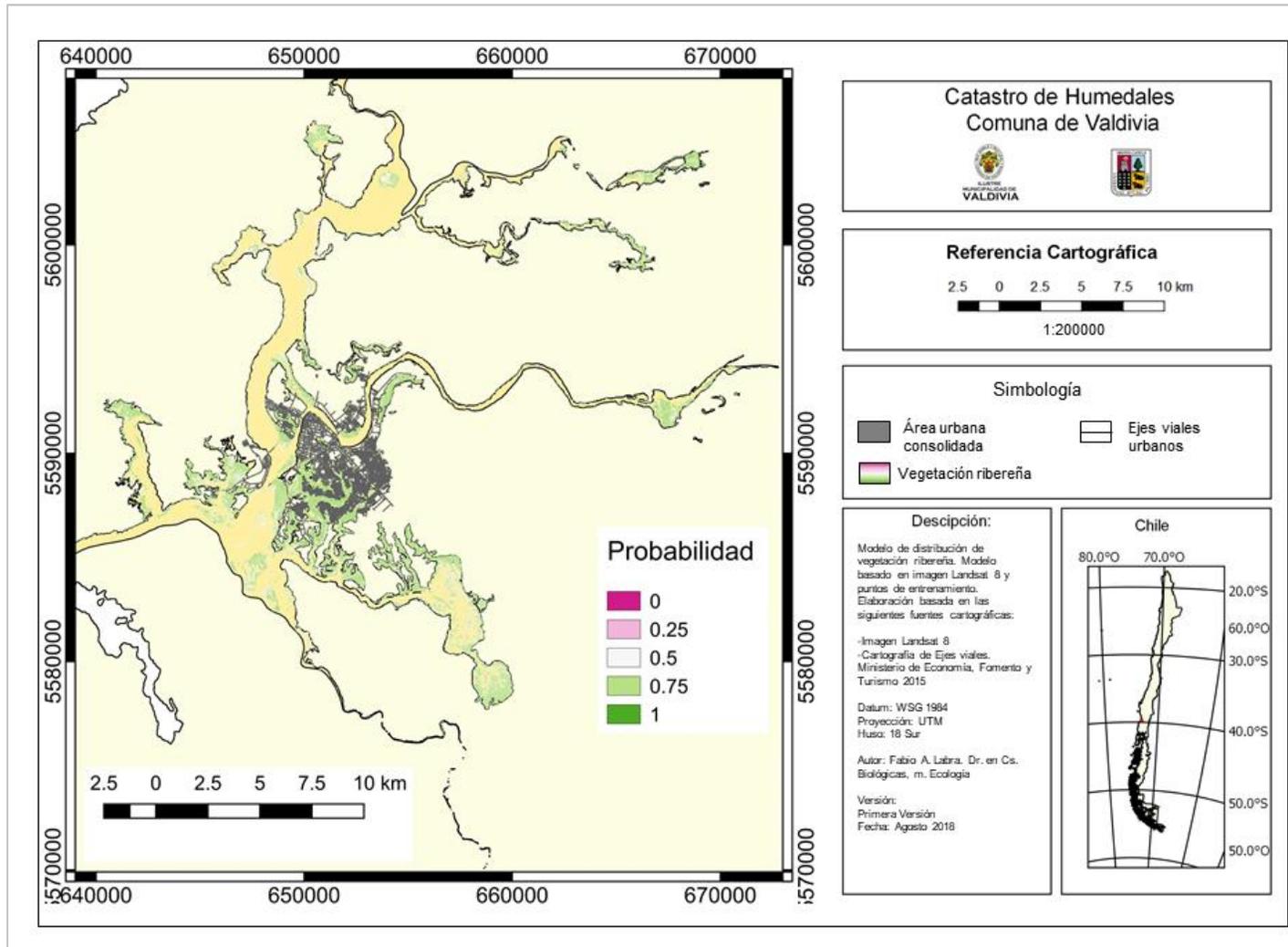


Figura 6.1.10

Modelo MaxEnt para la cobertura de vegetación ribereña y de humedal. Se ilustra la probabilidad de observar vegetación ribereña y de humedal a partir de la imagen Landsat 8, con colores verdes claros indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

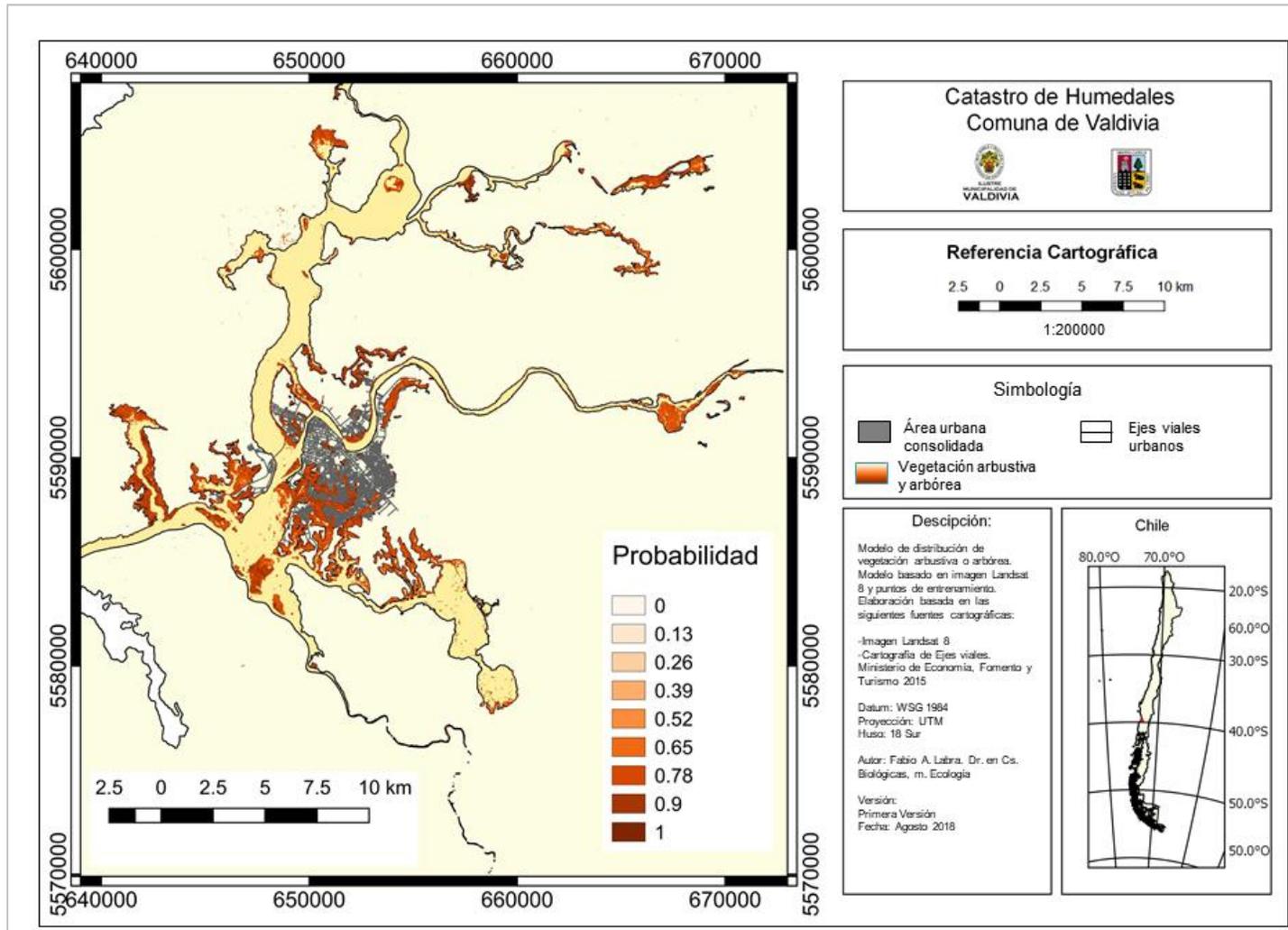


Figura 6.1.11

Modelo MaxEnt para la cobertura de vegetación arbustiva o arbórea aledaña a los humedales. Se ilustra la probabilidad de observar vegetación arbustiva o arbórea aledaña a los humedales a partir de la imagen Landsat 8, con colores rojos y pardos indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

6.2. GENERACIÓN DE CAPAS DE COBERTURA DE HÁBITATS

Para poder generar un único insumo cartográfico, estas imágenes de distinta resolución fueron procesadas para superponer las secciones de mayor resolución sobre las imágenes de menor resolución. En las figuras 6.2.1 a 6.2.4 se ilustran las capas generadas para cada una de estas coberturas. De igual forma, la Figura 6.3.1 se ilustra el insumo cartográfico final que describe la distribución de los distintos tipos de hábitat de humedal.

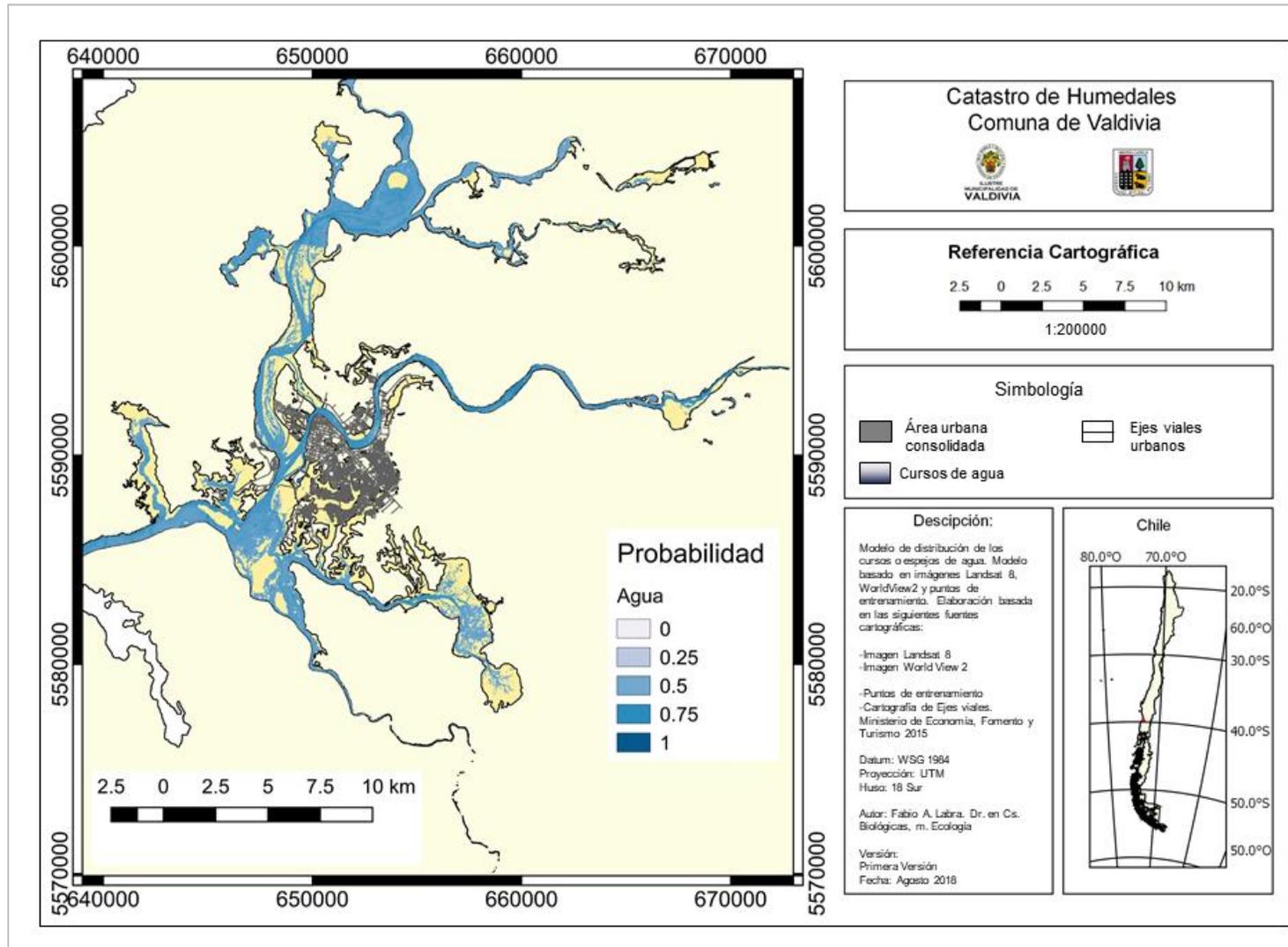


Figura 6.2.1

Modelo MaxEnt para la cobertura de cursos y espejos de agua. Se ilustra la probabilidad de observar cobertura de curso o espejo de agua, con colores azules oscuros indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

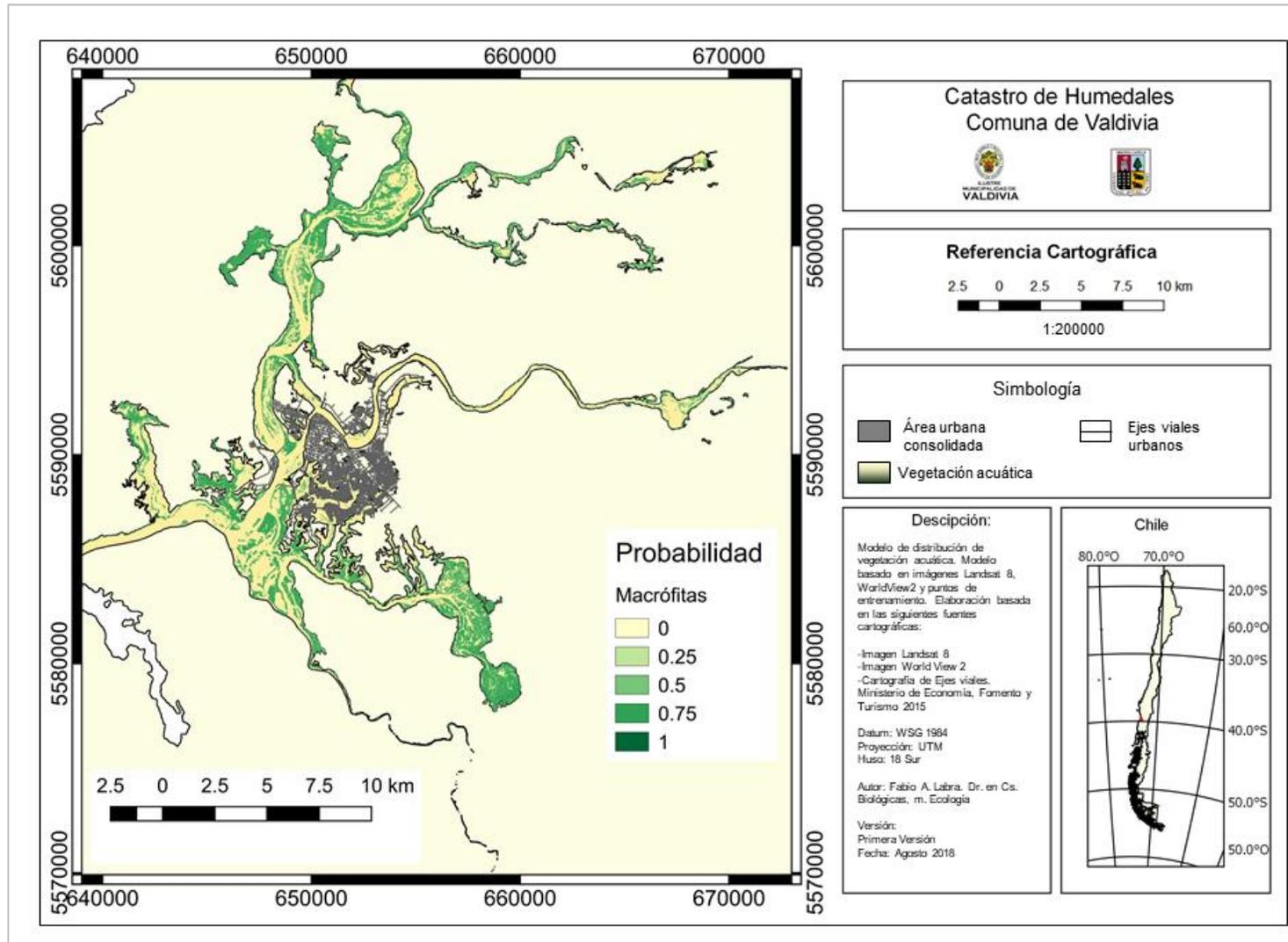


Figura 6.2.2

Modelo MaxEnt para la cobertura de macrófitas acuáticas. Se ilustra la probabilidad de observar macrófitas acuáticas, con colores verdes oscuros indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

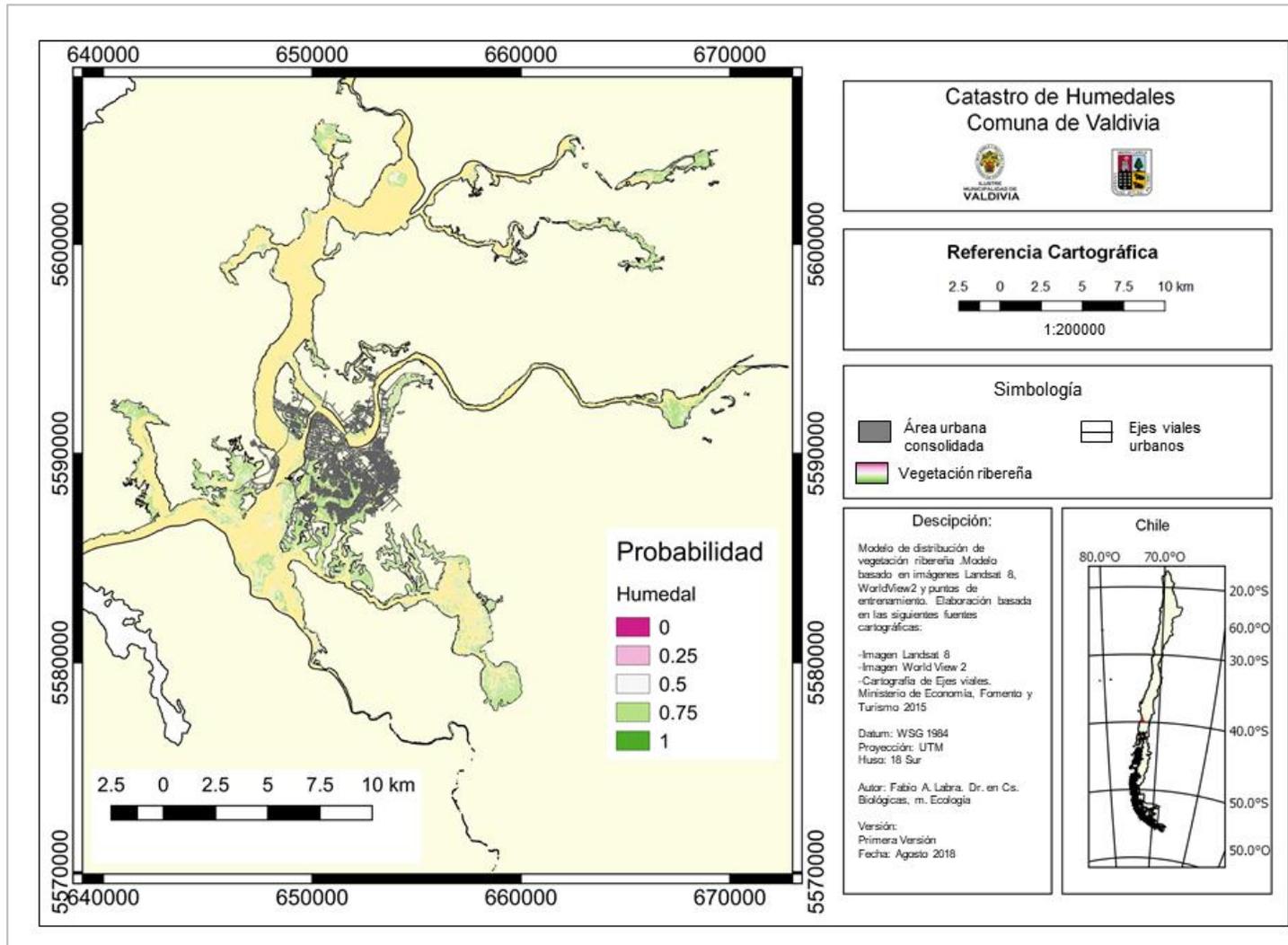


Figura 6.2.3

Modelo MaxEnt para la cobertura de vegetación ribereña y de humedal. Se ilustra la probabilidad de observar vegetación ribereña y de humedal, con colores verdes claros indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

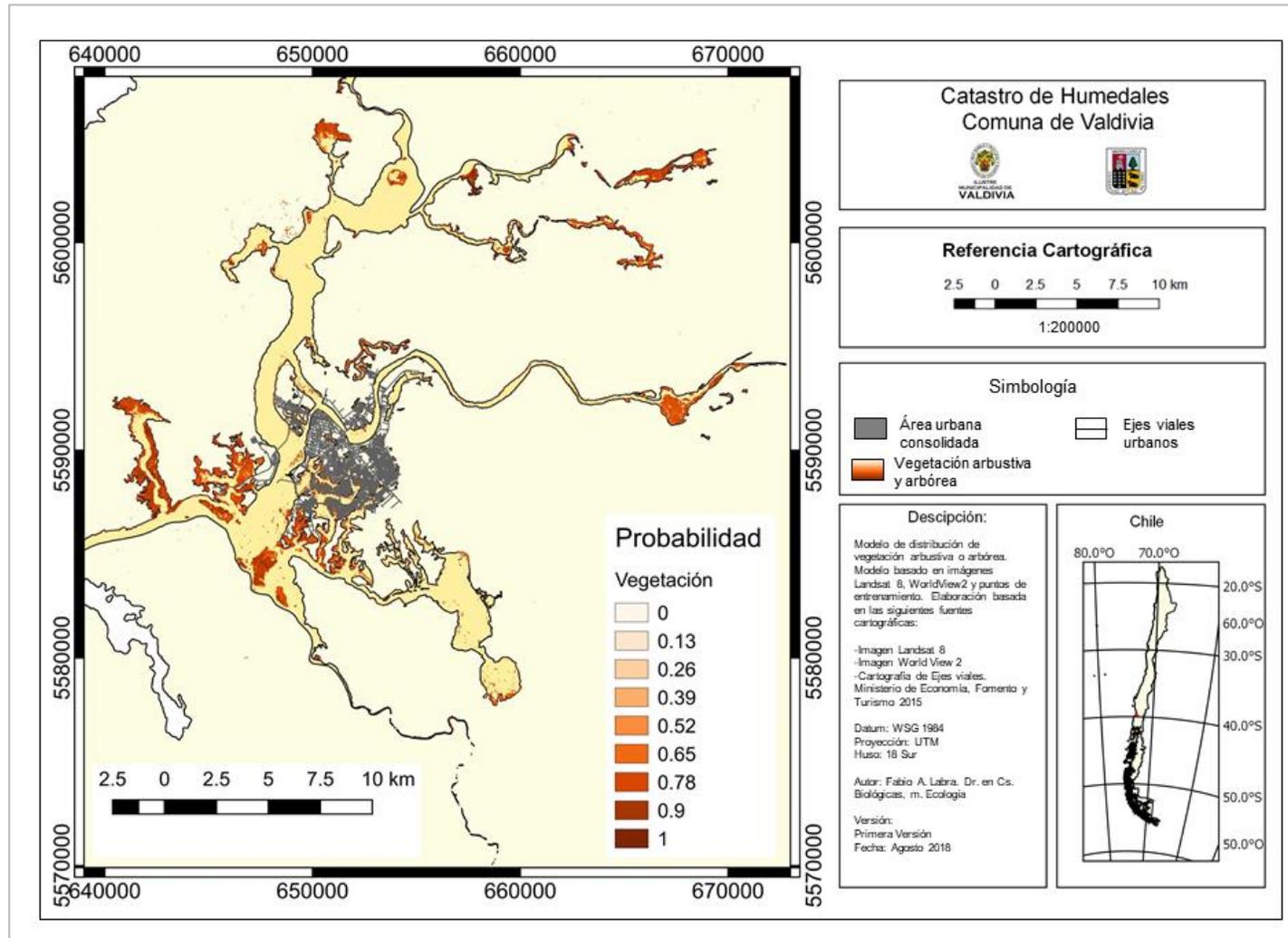


Figura 6.2.4

Modelo MaxEnt para la cobertura de vegetación arbustiva o arbórea aledaña a los humedales. Se ilustra la probabilidad de observar vegetación arbustiva o arbórea aledaña a los humedales, con colores rojos y pardos indicando mayor probabilidad de observar este hábitat. Fuente: Elaboración propia.

6.3. ANÁLISIS DE HUMEDALES Y MICROCUENCAS

El análisis de la distribución espacial de las cuatro categorías de hábitat analizado indica que la comuna de Valdivia presenta una gran extensión y complejidad de humedales urbanos, lo que no necesariamente se ve reflejado en los insumos cartográficos disponibles actualmente. Esta distribución se aprecia en la Figura 6.3.1.

A fin de permitir un análisis y priorización de los humedales, se procedió a cruzar la información cartográfica generada mediante modelos de distribución con los polígonos de cobertura definidos para las microcuencas y los humedales urbanos. En las Figura 6.3.2 y 6.3.3 se ilustran los polígonos correspondientes a la definición de Microcuencas para la comuna de Valdivia. El listado detallado de las microcuencas se entrega en la Tabla 6.3.1, junto con los valores de NDVI históricos para las diferentes microcuencas, conforme a la información disponible a partir de imágenes Landsat.

La definición de las microcuencas permitió además caracterizar su superficie. La Tabla 6.3.2 detalla esta información, desglosando las contribuciones de cada una de las cuatro categorías de hábitat de humedal estudiado.

Se aprecia que las microcuencas urbanas y periurbanas de Valdivia concentran sobre el 22% de la superficie total de humedales en las microcuencas. Estas microcuencas corresponden a las microcuencas de Torobayo-Guacamayo, Isla Teja, Las Animas, Humedal Angachilla-Fundadores-Catrico-Krahmer, Parque Harnecker, Estero Angachilla, la microcuenca Los Conquistadores-Prado Verde, el Estero Las Parras y la microcuenca Las Gaviotas. Por otra parte, las microcuencas con mayor superficie individual de humedales corresponden a la microcuenca Llancahue-Santo Domingo, seguida por la microcuenca del Santuario Carlos Andwandter. Ello destaca la importancia de la cuenca de Llancahue-Santo Domingo como objeto de protección y conservación, al igual que la microcuenca del Santuario Carlos Andwandter que ya cuenta con una figura de protección y es un sitio Ramsar.

Al examinar la contribución de las distintas categorías de hábitat de humedales en las microcuencas definidas para la comuna de Valdivia se observa que la cobertura de cursos de agua es la más importante (31%) seguida por la cobertura de macrófitas acuáticas y vegetación arbustiva y arbórea (25% respectivamente), siendo la última la vegetación ribereña de humedal (19%). Ello destaca la importancia de la cobertura vegetal, tanto acuática como de ambientes anegados, siendo estos últimos ambientes que revisten particular importancia por su cobertura y por configurar ambientes de interfase con el espacio urbano y de desarrollo humano.

Por otra parte, la delimitación de humedales a partir de las observaciones mediante dron y el análisis de las imágenes satelitales permitieron definir 24 áreas de humedales urbanos o periurbanos para la comuna de Valdivia. Estos se ilustran en las Figuras 6.3.4 a 6.3.6.

De manera similar a lo realizado a nivel de las microcuencas, se caracterizó la superficie en los humedales urbanos y periurbanos identificados, información que se ilustra en la Tabla 6.3.3. En ella se observa que los humedales urbanos y periurbanos identificados abarcan un área de 2478 hectáreas. En particular, los humedales del sector de la microcuenca Llancahue-Santo Domingo concentran sobre el 43% de la superficie de humedales, mientras que los humedales urbanos restantes aportan sobre el 56% restante de la superficie de humedales urbanos y periurbanos.

Como se indicó anteriormente, esta superficie de humedales urbanos y periurbanos corresponde a un 22% de la cobertura de humedales para el área de estudio. Al examinar la contribución de las distintas categorías de hábitat de humedales en dentro de los humedales urbanos y periurbanos de la comuna de Valdivia se observa que superficie más importante es la vegetación ribereña de humedal (48%), seguida por la cobertura de macrófitas acuáticas, cursos de agua y de vegetación arbustiva y arbórea (21%, 16% y 15% respectivamente).

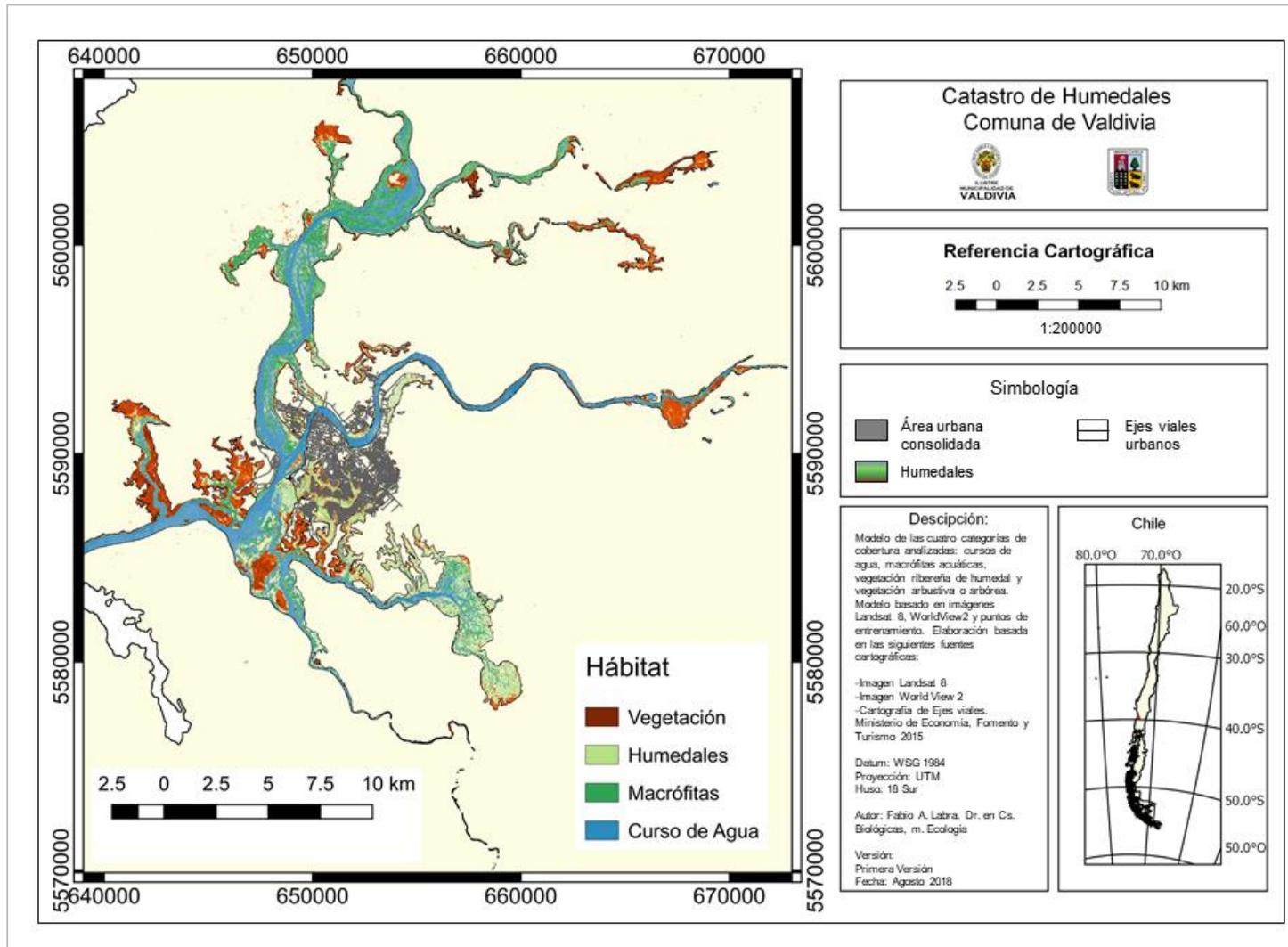


Figura 6.3.1

Modelo MaxEnt para las cuatro categorías de cobertura analizadas: cursos o espejos de agua, macrófitas acuáticas, vegetación ribereña de humedal y vegetación arbustiva o arbórea aledaña los humedales. Fuente: Elaboración propia.

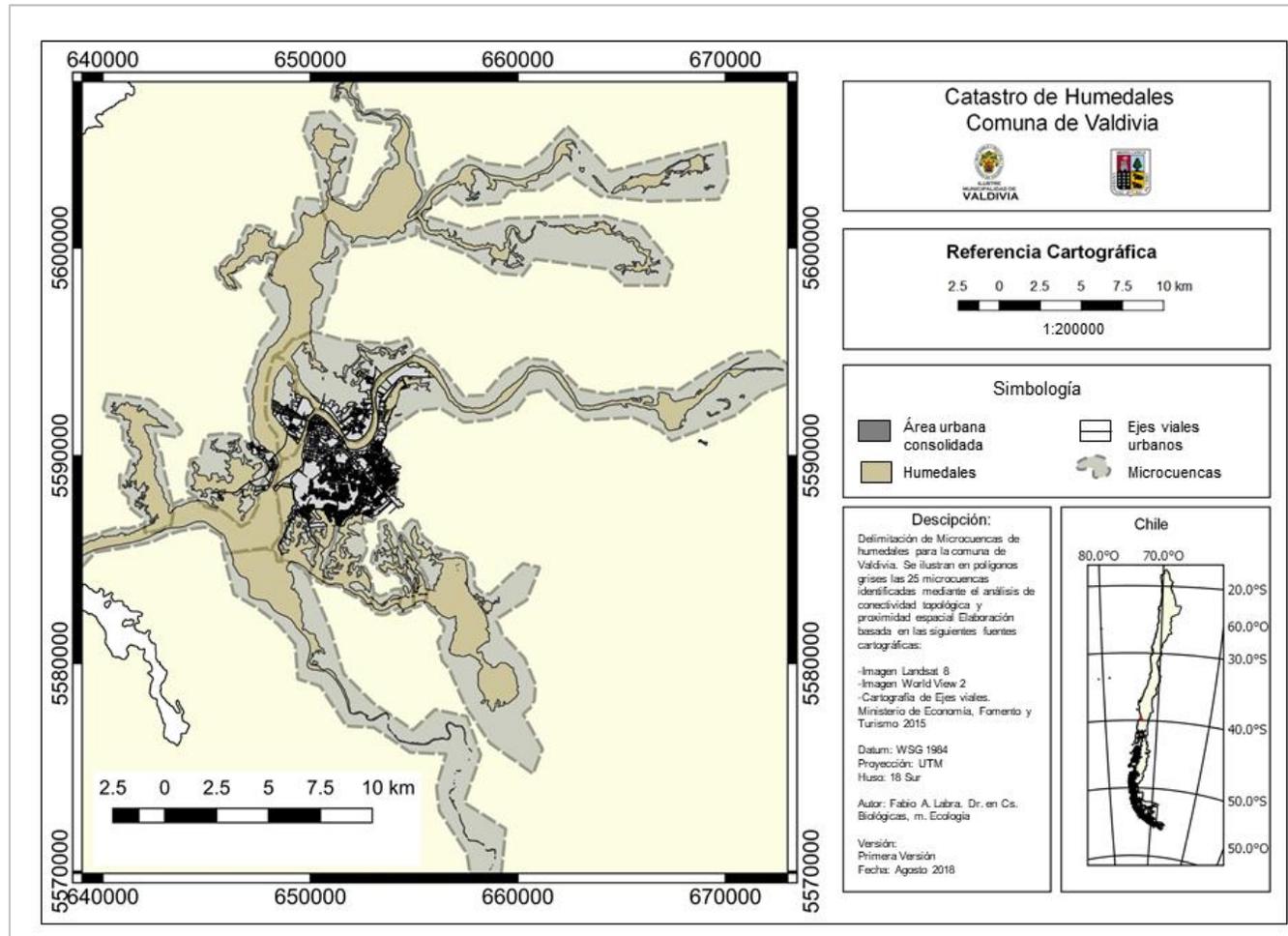


Figura 6.3.2

Delimitación de Microcuencas de humedales para la comuna de Valdivia. Se ilustran en polígonos grises las 25 microcuencas identificadas mediante el análisis de conectividad topológica y proximidad espacial. Se ilustra como referencia la cartografía base generada por Licitación N° 613925-7-L115 “Levantamiento de información bibliográfica y cartográfica de los Humedales Urbanos de la ciudad de Valdivia”, del Ministerio del Medio Ambiente. Se muestra también a modo de referencia el área urbana de la ciudad de Valdivia y los principales ejes viales de la Comuna. Fuente: Elaboración propia a partir de la Licitación N° 613925-7-L115 e insumos cartográficos disponibles en IDE Chile.

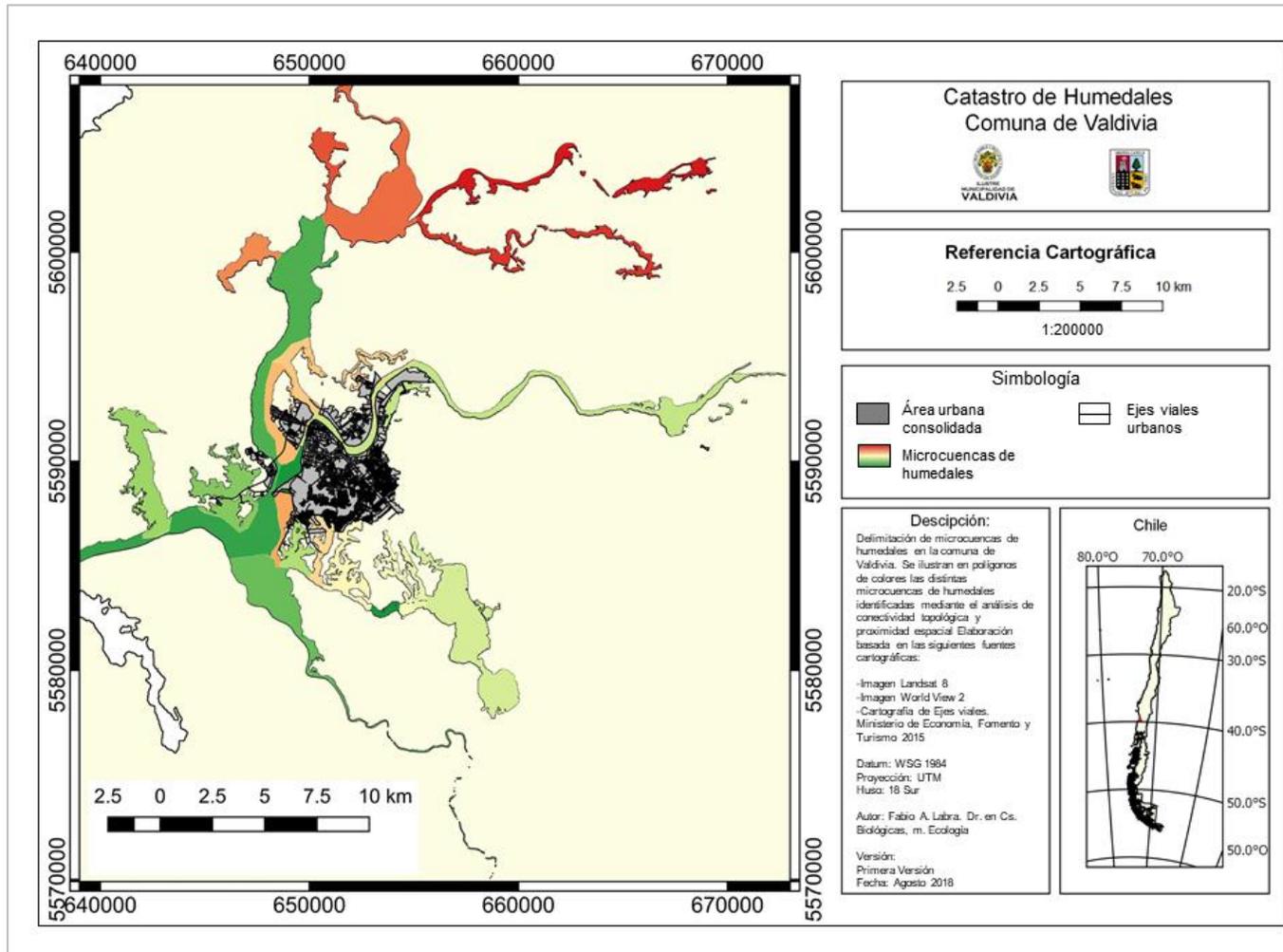


Figura 6.3.3

Delimitación de Microcuencas de humedales para la comuna de Valdivia. Se ilustran en escala de color las zonas de humedal que abarcan las 25 microcuencas identificadas mediante el análisis de conectividad hidrográfica y proximidad espacial. Se muestra también a modo de referencia el área urbana de la ciudad de Valdivia y los principales ejes viales de la Comuna. Fuente: Elaboración propia a partir de insumos cartográficos disponibles en IDE Chile.

Tabla 6.3.1

Detalle de las microcuencas definidas, junto con los valores históricos del índice NDVI. Se entregan los valores medios del índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI) para la temporada estival en los años 2015, 2016, 2017 y 2018, al igual que los valores de desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia.

N°	Microcuenca	N (pixeles)	2015		2016		2017		2018	
			Promedio	Desv. Est.						
1	Pichoy	28598	0,30	0,19	0,36	0,17	0,62	0,26	0,62	0,26
2	Cayumapu	27112	0,36	0,11	0,40	0,10	0,69	0,14	0,69	0,14
3	Santa Maria	7586	0,35	0,14	0,39	0,11	0,68	0,12	0,68	0,12
4	Santuario Carlos Andwandter	19250	0,09	0,21	0,16	0,20	0,32	0,35	0,32	0,35
5	Punucapa	4565	0,22	0,18	0,25	0,14	0,50	0,21	0,50	0,21
6	Torobayo-Guacamayo	1881	0,26	0,13	0,27	0,11	0,45	0,20	0,45	0,20
7	Isla Teja	7371	0,25	0,19	0,26	0,19	0,41	0,39	0,41	0,39
8	Las Animas	19219	0,33	0,15	0,37	0,15	0,61	0,26	0,61	0,26
9	Humedal Angachilla Fundadores Catrico Kraemer	7035	0,28	0,16	0,29	0,15	0,47	0,25	0,47	0,25
10	Harnecker	902	0,23	0,12	0,25	0,12	0,44	0,19	0,44	0,19
11	Estero Angachilla Los Conquistadores Prado Verde	9593	0,30	0,15	0,32	0,15	0,54	0,27	0,54	0,27
12	Estero Las Parras	4452	0,36	0,12	0,38	0,12	0,66	0,20	0,66	0,20
13	Las Gaviotas	1929	0,34	0,16	0,36	0,15	0,59	0,27	0,59	0,27
14	Llancahue-Santo Domingo	27537	0,28	0,15	0,30	0,14	0,53	0,24	0,53	0,24
15	Rio Calle Calle	44673	0,33	0,18	0,35	0,18	0,58	0,32	0,58	0,32
16	Guacamayo	3910	0,29	0,17	0,32	0,17	0,49	0,32	0,49	0,32
17	Rio Cutipai	13849	0,33	0,17	0,34	0,16	0,57	0,33	0,57	0,33
18	Estero Estancilla	12385	0,34	0,14	0,36	0,14	0,61	0,26	0,61	0,26
19	Rio Tornagaleones	19749	0,25	0,19	0,25	0,18	0,39	0,39	0,39	0,39
20	Rio Cruces	24662	0,17	0,22	0,22	0,22	0,31	0,44	0,31	0,44
21	Rio Valdivia	13823	0,05	0,18	0,07	0,18	-0,06	0,43	-0,06	0,43
22	Islote Haverbeck	1872	0,12	0,20	0,12	0,18	0,10	0,41	0,10	0,41
23	Miraflores	3324	0,29	0,14	0,30	0,13	0,51	0,20	0,51	0,20
24	Rio Angachilla	1367	0,29	0,18	0,30	0,18	0,52	0,35	0,52	0,35

Tabla 6.3.2

Detalle de la superficie (ha) las distintas categorías de hábitat de humedales en las microcuencas definidas para la comuna de Valdivia. Se indica la superficie de las cuatro categorías de hábitat de humedal estudiado, al igual que la superficie total. Se indica a modo de referencia la superficie total (ha) de acuerdo a la carta base venerada en la licitación N° 613925-7-L115 “Levantamiento de información bibliográfica y cartográfica de los Humedales Urbanos de la ciudad de Valdivia”, del Ministerio del Medio Ambiente. Fuente: Elaboración propia a partir de la Licitación N° 613925-7-L115 e insumos cartográficos disponibles en IDE Chile.

Nº	Microcuenca	Categorías				Total
		Espejo de agua (ha)	Macrófitas acuáticas (ha)	Vegetación ribereña (ha)	Arbustos y árboles (ha)	
1	Pichoy	40,1	190,6	22,4	236,3	489,6
2	Cayumapu	48,1	93,3	23,1	206,0	370,5
3	Santa Maria	1,4	65,0	28,0	111,3	205,7
4	Santuario Carlos Andwandter	423,8	566,4	52,1	82,4	1124,7
5	Punucapa	8,3	148,8	40,7	42,6	240,5
6	Torobayo-Guacamayo	8,4	26,0	85,1	29,9	149,4
7	Isla Teja	117,8	93,0	72,9	38,0	321,7
8	Las Animas	109,5	50,4	123,5	103,0	386,4
9	Humedal Angachilla Fundadores Catrico Kraher	15,2	15,2	144,7	86,5	261,6
10	Harnecker	0,0	0,2	6,0	4,0	10,2
11	Estero Angachilla Los Conquistadores Prado Verde	47,8	39,7	152,7	103,5	343,6
12	Estero Las Parras	18,5	15,3	110,5	21,5	165,9
13	Las Gaviotas	17,6	8,0	60,5	10,2	96,3
14	Llancahue-Santo Domingo	149,2	316,0	599,2	92,3	1156,8
15	Rio Calle Calle	524,4	72,9	113,5	261,0	971,7
16	Guacamayo	31,3	26,2	21,3	107,8	186,6
17	Rio Cutipay	135,3	72,3	25,0	389,2	621,8
18	Estero Estancilla	49,4	76,4	70,3	329,2	525,3
19	Rio Tornagaleones	262,5	180,6	103,3	205,3	751,7
20	Rio Cruces	646,2	462,9	70,9	51,3	1231,4
21	Rio Valdivia	637,9	140,9	49,8	101,7	930,2
22	Islote Haverbeck	84,1	5,0	20,5	12,6	122,2
23	Miraflores	4,3	5,3	80,1	41,5	131,1
24	Rio Angachilla	26,4	5,1	12,9	4,8	49,2
					Total	10844,2
					Total (MMA)	11404,0

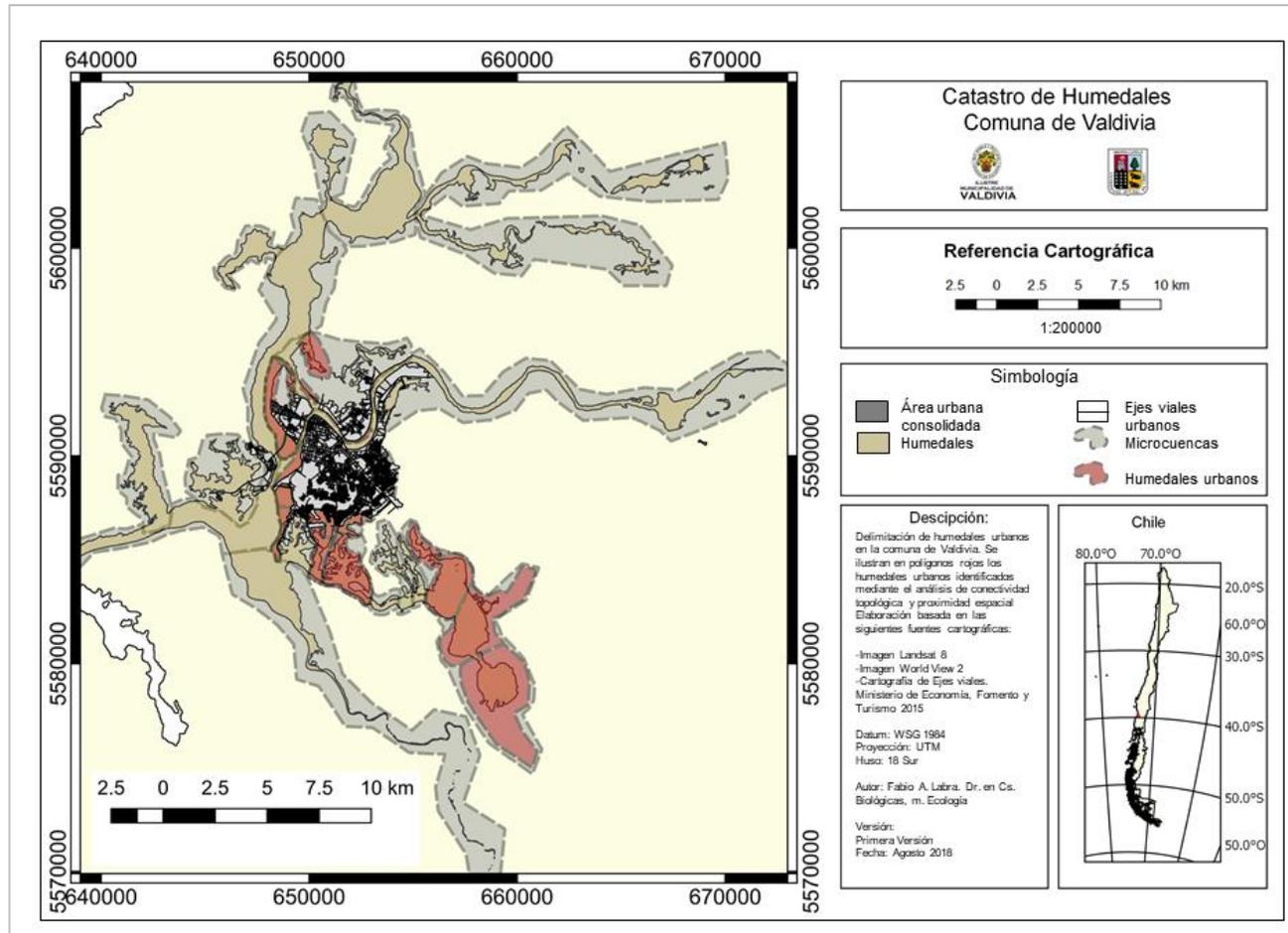


Figura 6.3.4

Delimitación de Humedales y las Microcuencas para la comuna de Valdivia. Se ilustran en polígonos grises las 24 microcuencas identificadas mediante el análisis de conectividad hidrográfica y proximidad espacial. De igual forma se ilustran en polígonos grises los 25 humedales priorizados en el presente informe. Se ilustra como referencia la cartografía base generada por Licitación N° 613925-7-L115 “Levantamiento de información bibliográfica y cartográfica de los Humedales Urbanos de la ciudad de Valdivia”, del Ministerio del Medio Ambiente. Se muestra también a modo de referencia el área urbana de la ciudad de Valdivia y los principales ejes viales de la Comuna. Fuente: Elaboración propia a partir de la Licitación N° 613925-7-L115 e insumos cartográficos disponibles en IDE Chile.

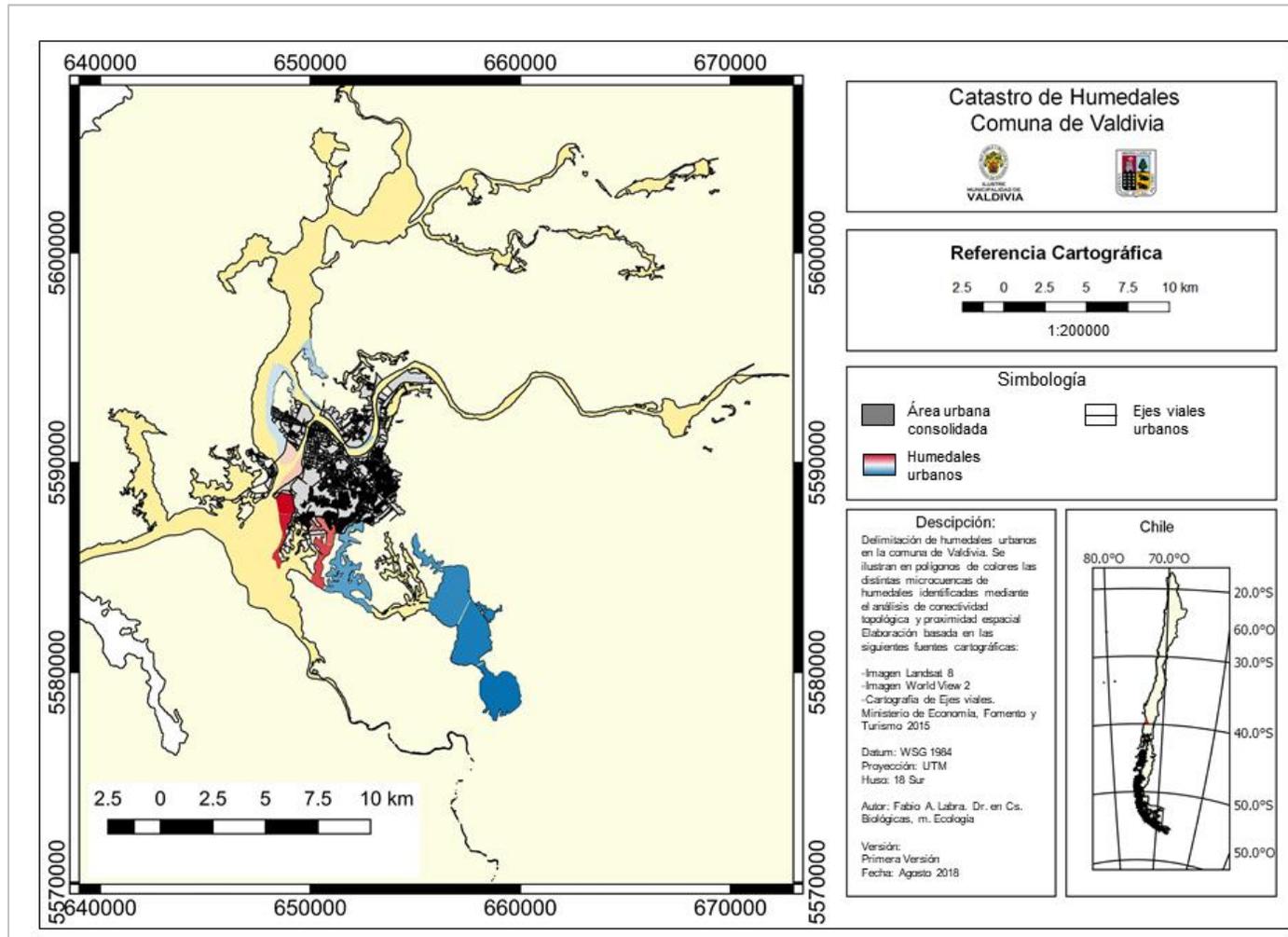


Figura 6.3.5

Delimitación de Humedales urbanos para la comuna de Valdivia. Se ilustran en escala de color las zonas de humedal que abarcan los 25 humedales urbanos identificados mediante el análisis de conectividad hidrológica y proximidad espacial. Se muestra también a modo de referencia el área urbana de la ciudad de Valdivia y los principales ejes viales de la Comuna. Fuente: Elaboración propia a partir de insumos cartográficos disponibles en IDE Chile.

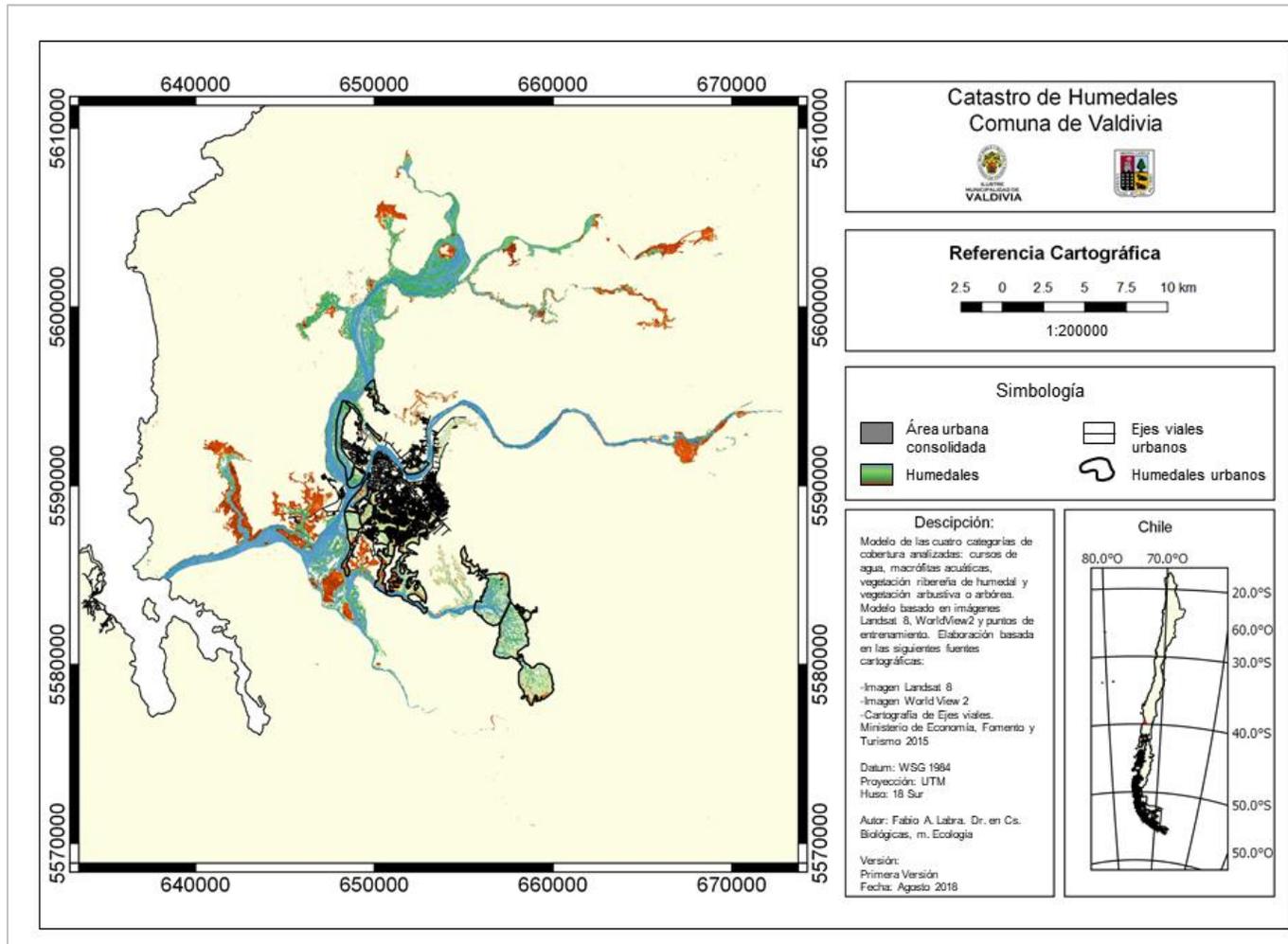


Figura 6.3.6

Cartografía de Humedales urbanos para la comuna de Valdivia. Se ilustran en escala de color las zonas de humedal que abarcan los 25 humedales urbanos identificados mediante el análisis de conectividad hidrográfica y proximidad espacial. Se muestra también a modo de referencia el área urbana de la ciudad de Valdivia y los principales ejes viales de la Comuna. Fuente: Elaboración propia a partir de insumos cartográficos disponibles en IDE Chile.

Tabla 6.3.3

Detalle de la superficie (ha) de humedales observados para las distintas categorías de hábitat de humedales en las microcuencas definidas para la comuna de Valdivia. Se indica la superficie de las cuatro categorías de hábitat de humedal estudiado, al igual que la superficie total. Se indica a modo de referencia la superficie total (ha) de acuerdo a la carta base venerada en la licitación N° 613925-7-L115 “Levantamiento de información bibliográfica y cartográfica de los Humedales Urbanos de la ciudad de Valdivia”, del Ministerio del Medio Ambiente. Fuente: Elaboración propia a partir de la Licitación N° 613925-7-L115 e insumos cartográficos disponibles en IDE Chile.

Nº	Humedal	Categorías				Total	Total (MMA)	Diferencia (%)
		Espejo de agua (ha)	Macrófitas acuáticas (ha)	Vegetación ribereña (ha)	Arbustos y árboles (ha)			
1	Laguna Saval	0,1	0,1	2,0	0,3	2,5	2,6	0,0
2	Parque Santa Inés	0,1	0,2	10,9	4,4	15,8	18,5	-0,1
3	Teja Sur	19,6	23,6	18,2	2,8	64,2	66,5	0,0
4	Isla Teja Nor Oeste	74,5	59,0	16,4	11,3	161,1	175,6	-0,1
5	Isla Teja Nor Este	2,8	7,4	11,2	5,7	27,1	29,3	-0,1
6	Islote Haverbeck	38,1	3,9	19,5	12,0	73,5	90,0	-0,2
7	Las Mulatas	3,3	10,7	55,9	1,4	71,3	77,3	-0,1
8	Torobayo	0,8	7,5	19,9	13,2	41,4	41,9	0,0
9	Guacamayo	3,0	6,4	7,1	13,7	30,1	31,2	0,0
10	Puente Angachilla	13,7	10,4	22,1	44,6	90,8	96,5	-0,1
11	Mirador Angachilla	0,4	1,5	21,5	7,9	31,2	36,4	-0,1
12	Mahuiza	0,6	1,3	28,4	4,2	34,6	48,1	-0,3
13	Catrico	0,0	0,2	20,2	4,3	24,8	25,5	0,0
14	Parque Krahmer	0,1	0,2	20,4	4,7	25,4	35,9	-0,3
15	Bueras	0,2	0,6	32,9	12,9	46,6	57,3	-0,2
16	El Bosque	0,2	0,5	25,9	15,7	42,4	51,2	-0,2
17	Miraflores	3,9	4,6	53,7	21,5	83,7	95,9	-0,1
18	Santa Rosa	9,7	15,5	32,3	9,8	67,4	70,3	0,0
19	Laguna Las Marías	0,5	18,8	18,5	4,5	42,3	46,8	-0,1
20	Las Ánimas	19,9	2,7	14,6	4,5	41,6	49,8	-0,2
21	Estero Angachilla	46,5	36,2	102,4	74,2	259,3	273,8	-0,1
22	Conquistadores - Prado verde	0,2	1,6	42,0	14,8	58,6	71,1	-0,2
23	Parque Harneker	0,0	0,2	3,6	2,3	6,1	9,4	-0,4
24	Humedal Llancahue	0,1	1,1	51,4	11,4	64,0	66,5	0,0
25	Humedal Santo Domingo	146,6	312,0	540,5	74,0	1073,0	1142,2	-0,1
	Total	385,0	526,2	1191,5	376,0	2478,7	2709,8	-0,1+0,1

6.4. CONCLUSIONES

El análisis de la información de sensores remotos para la comuna de Valdivia ha permitido identificar de mejor manera la cobertura de humedales para el área de estudio, contando con una resolución de entre 2 y 30 m para la identificación de los distintos tipos de hábitat de humedal. En ese sentido, la estimación generada provee una estimación actualizada de la distribución y extensión geográfica de los humedales urbanos y periurbanos de la comuna de Valdivia. Cabe destacar que los humedales urbanos y periurbanos considerados en el presente estudio abarcan alrededor de un 20-22% de la superficie total de humedales identificada en la Licitación N° 613925-7-L115. En particular, para el área de humedales estudiados en el presente estudio, la licitación antes mencionada entrega una superficie de 2709,8 hectáreas de humedales, mientras que el presente estudio entrega un total de 2478,7 hectáreas de humedales. La diferencia observada es del orden de 9%. La inspección de las coberturas generadas en el presente informe indica que un porcentaje importante de las áreas delimitadas como humedales en la base cartográfica generada por la Licitación N° 613925-7-L115 corresponden a usos de suelo urbanos o sectores que no presentan humedales actualmente. En ese sentido, las discrepancias observadas pueden reflejar el efecto de dos grupos de causas. Uno corresponde a posibles sesgos, asociados ya sea a discrepancias en resolución, o errores de validación que puedan haber tenido los insumos iniciales que se emplearon en la generación de la cobertura cartográfica de la Licitación N° 613925-7-L115. La segunda explicación posible es la pérdida de cobertura de humedales producto de cambios en el uso de suelo. Lamentablemente, la información disponible no permite cuantificar la magnitud relativa de ambos efectos. Sin embargo, los resultados obtenidos permiten contar con una estimación consistente de la distribución de humedales urbanos y periurbanos, aportando estimaciones cuantitativas de la cobertura de tipos de hábitats y la individualización de cuerpos de humedales susceptibles de estudio, manejo y gestión. En ese sentido, cualquier esfuerzo orientado a identificar potenciales impactos de cambio de uso de suelo o alteraciones a nivel de paisaje pueden beneficiarse del estudio de coberturas históricas de uso de suelo, o análisis retrospectivo de imágenes satelitales de

resolución media o alta. Estos estudios permitirían el análisis de las tendencias espaciales en pérdida de superficie de humedales.

Por otra parte, el análisis de la superficie de humedales a escala de microcuencas y de humedales locales destaca la importancia del sistema de los humedales de Llancahue y Santo Domingo, tanto por su superficie total, como por la cobertura de macrófitas acuáticas y vegetación ribereña. Estos ambientes otorgan una mayor disponibilidad de hábitat para las distintas especies que albergan los humedales, destacándose su gran extensión en estos humedales (313 y 592 hectáreas respectivamente). En este sentido, este sector presenta un interesante potencial respecto de la protección de humedales, lo que debe corroborarse mediante el análisis de composición y distribución de flora y fauna, a fin de determinar su grado de singularidad y valor biológico. Por otra parte, a nivel de humedales locales, el conjunto de humedales urbanos insertos en el casco urbano de la ciudad de Valdivia aporta un porcentaje importante de la superficie total de humedales, que ronda el 35%. Ello, junto con la cobertura importante de vegetación ribereña de humedales, destaca la importancia y aporte local de estos humedales. En particular, el cambio en la importancia relativa de estos tipos de hábitat con respecto a lo observado a nivel de microcuenca indica una mayor cobertura de ambientes anegados o someros al interior de la ciudad de Valdivia, enfatizando la importancia de su adecuada identificación y protección. Ello destaca la importancia de realizar acciones y esfuerzos de manejo y conservación que permitan evitar mayor pérdida de superficie en estos humedales. Entre estos, el conjunto de humedales ubicados en la microcuenca Torobayo-Guacamayo suman un porcentaje importante de superficie, aportando 10% de la superficie de humedales urbanos y periurbanos (7%). Por ello, se destacan como humedales importantes en cuanto a su superficie los humedales de Llancahue y Santo Domingo, seguidos de los humedales del sector Angachilla y los humedales de Las Mulatas, Torobayo y Guacamayo. Desde un punto de vista de la superficie que abarcan, estos humedales presentan un potencial importante para el estudio y conservación de estos sistemas en la ciudad de Valdivia.

6.5. REFERENCIAS

CHANDER, G., B. MARKHAM. 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and post calibration dynamic ranges. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 41: 2674-77.

DECRETO N° 82 de 2010. Aprueba reglamento de suelos, aguas y humedales. Ministerio de Agricultura. Disponible en: <http://bcn.cl/1zxmr> (agosto 2017).

DECRETO N° 771 de 1981. Promulga la Convención sobre zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitat de las aves acuáticas, suscrito en Irán el 2 de febrero de 1971. Ministerio de Relaciones Exteriores. Disponible en: <http://bcn.cl/21lq4> (agosto 2017).

FARIÑA, J. M. & CAMAÑO, A. (ed.). 2012. Humedales costeros de Chile: Aportes científicos a su gestión sustentable. Ediciones Universidad Católica de Chile.

FARIÑA, J. M. & CAMAÑO, A. (ed.). 2017. The Ecology and Natural History of Chilean Saltmarshes. Springer International Publishing.

LAGOS, N.A., P, PAOLINI, E. JARAMILLO, CH. LOVENGREEN, C. DUARTE, H. CONTRERAS. 2008. Environmental processes, water quality degradation, and decline of water bird populations in the Rio Cruces wetland, Chile. Wetlands 28:938-950.

MITSCH, W.J., and J.G. Gosselink. 2007. Wetlands, 295 pp. John Wiley & Sons.

RAMSAR. 1971. Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas. Ramsar, Iran 2.2.1971. Modificada según el protocolo de París, 2.12.182 y Enmiendas de Regina, 28.5. 1987. Copia Certificada París, 3.7.94 Director, Oficina de Normas Internacionales y Asuntos Legales, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).