



**OSCAR LENIN JUELA SIVISACA**

**Trabajo Fin de Máster**

**ESTUDIO MULTITEMPORAL DE LA SUPERFICIE OCUPADA PARA  
LA CRÍA DE CAMARÓN EN EL GOLFO DE FONSECA, HONDURAS**

**Máster en Gestión sostenible de la tierra y del territorio  
Universidad de Santiago de Compostela**

# Índice

1. Introducción.....	4
2. Objetivos .....	7
3. Materiales y Metodología .....	7
3.1 Materiales.....	7
3.2 Método .....	8
3.2.1 Descripción del área de estudio.....	8
3.2.2 Recopilación de imágenes.....	10
3.2.3 Toma de información de campo. ....	10
3.2.4 Clasificación.....	12
4. Resultados y discusión.....	15
5. Conclusiones.....	21
6. Bibliografía .....	22
7. Apéndice .....	24
7.1 Tendencias de las distintas clases de cobertura 1986/2011 .....	24
7.2 Resultados fiabilidad .....	25
7.3 Clasificación de imágenes Landsat.....	28

## Índice de tablas

Tabla 1. Fecha, nombre de las imágenes Landsat tomadas para el análisis. ...	10
Tabla 2. Código de usos del suelo .....	12
Tabla 3. Número de puntos por periodo y uso del suelo .....	13
Tabla 5. Evolución de la cubierta por año/estación (Manglar, Camaronera)....	18
Tabla 6. Evolución de la cubierta por año/estación (Manglar, Camaronera), área protegida .....	18
Tabla 7. Tendencias de las distintas clases de cobertura entre los años 1986/1993 .....	24
Tabla 8. Tendencias de las distintas clases de cobertura entre los años 1993/1999 .....	24
Tabla 9. Tendencias de las distintas clases de cobertura entre los años 1999/2007 .....	24

Tabla 10. Tendencias de las distintas clases de cobertura entre los años 2007/2011 .....	24
Tabla 11. Matriz de confusión: SMAP 1986 época seca .....	25
Tabla 12. Matriz de confusión: SMAP 1986 época húmeda.....	25
Tabla 13. Matriz de confusión: SMAP 1993 época seca .....	25
Tabla 14. Matriz de confusión: SMAP 1993 época húmeda.....	26
Tabla 15. Matriz de confusión: SMAP 1999 época seca .....	26
Tabla 16. Matriz de confusión: SMAP 1999 época húmeda.....	26
Tabla 17. Matriz de confusión: SMAP 2007 época húmeda.....	27
Tabla 18. Matriz de confusión: SMAP 2011 época seca .....	27
Tabla 19. Matriz de confusión: SMAP 2011 época húmeda.....	27

## Índice de figuras

Figura 1. División política de Honduras y ubicación del Municipio de Choluteca. ....	9
Figura 2. Área de estudio .....	9
Figura 3. Usos del suelo Golfo de Fonseca. ....	11
Figura 4. Imagen Landsat e imagen clasificados año 2011, época seca. ....	17
Figura 5. Evolución de la cubierta de Camaroneras.....	18
Figura 6. Evolución de la cubierta de Manglar. ....	19
Figura 7. Tendencias de cubiertas año 1986/2011. ....	19
Figura 8. Clasificación año 1986, época seca.....	29
Figura 9. Clasificación año 1986, época húmeda.....	30
Figura 10. Clasificación año 1993, época seca.....	31
Figura 11. Clasificación año 1993, época húmeda.....	32
Figura 12. Clasificación año 1999, época seca.....	33
Figura 13. Clasificación año 1999, época húmeda.....	34
Figura 14. Clasificación año 2007, época húmeda.....	35
Figura 15. Clasificación año 2011, época seca.....	36
Figura 16. Clasificación año 2011, época húmeda.....	37

## 1. Introducción

En las costas del Golfo de Fonseca, como en muchas zonas costeras tropicales y subtropicales, la cría de camarón creció de manera exponencial durante las últimas décadas, actividad que se ha realizado sin control del estado y que se han visto favorecidas por las políticas que fomentan la exportación del camarón (FAO, 2000).

La industria camaronera se inicia en el Golfo de Fonseca en la década de 1970 aproximadamente, cuando un grupo de empresarios empezaron a explotar las pampas salinas y humedales.

Este proceso no solo ha producido un intenso debate sobre los beneficios económicos, sino también sobre el alcance y la intensidad del impacto de esta actividad sobre los ecosistemas costeros, en particular los efectos de la construcción de estanques en las zonas de manglares y otros humedales costeros, situación que se ve representada en la producción. Según Berlanga-Robles et al., (2011) la producción anual de camarón aumentó de 213 600 t, con un valor de mil millones de dólares, en 1985, a 3 399105 t, con un valor de 14 mil millones de dólares para el año 2011, de esta manera la industria camaronera se convirtió en un negocio muy rentable, lo que provocó que con el paso del tiempo vayan tomando tierras agrícolas manglares y humedales.

Según la FAO, En la Republica de Honduras los bosques de mangle (100% en propiedad estatal) han sido sometidos a una deforestación acelerada (83% de su superficie de 1964 a 1990) principalmente por la cría de camarón. Alonso-Pérez et al., (2003) sostienen que la construcción de estanques para la cría de camarón en las zonas costeras son la principal causa de la reducción de manglares en todo el mundo, causando de esta manera muchos otros impactos negativos tanto ambientales como sociales en estos ecosistemas.

Esta explotación, muy agresiva con el medio ambiente y poco sustentable, se caracteriza por el rápido agotamiento de los terrenos donde se asienta, lo que origina a mudar de zona y demandar continuamente nuevos terrenos en las

zonas de manglar y humedales. Según FAO (2005) “en el año de 1965 existían alrededor de 297,8 miles de ha de manglar, para el año 2001 habían 54,3 miles de ha de manglar”, contabilizándose una pérdida de esta cobertura de suelo en 243,5 de miles de ha de manglar, superficie que pasó a ser ocupada por la industria camaronera.

FAO (2000), sostiene que además de los cortes de manglar para la construcción de estanques para la cría de camarón también se han denunciado que los manglares han sido sometidos a cortes desordenados para usos como la madera, leña y taninos, lo que incrementa aún más la superficie perdida de humedales.

La falta de control ha permitido que grandes superficies de mangle sean descombradas, para el establecimiento de la industria camaronera, cuyo capital de inversión en gran parte es de origen extranjero “hasta 1988 el Instituto Hondureño de Turismo había arrendado 28 213 ha de playones y manglares a 57 inversionistas, predominando los de origen extranjero” (FAO, 1996).

Pero el problema no solo es el corte de manglares, al ser Honduras un país con diversidad de hábitats óptimos para el crecimiento de especies características, éstas también se han visto afectadas por la tala indiscriminada. Por ejemplo, “en 1962 de bosque de pino se reportaron 2 738 800 ha, de bosque latifoliado 4 072 200 ha y manglar 2 978 000 ha, haciendo un total de 7 108 800 ha. En 1990 se reportaron 2 781 500 ha de pino, 2 847 200 ha de latifoliado y 518 000 ha de manglar, lo que hacen un total de 5 680 500 ha” FAO (1996). Comparando los años 1965 y 1990, la cobertura forestal de Honduras se ha reducido en 14 283 km<sup>2</sup> o lo que sería igual a 20,1%; esta reducción se ha notado en los bosques latifoliados con una pérdida de 12 250 km<sup>2</sup> (30,1%) y en los bosques de mangle en una superficie de 2 460 km<sup>2</sup> (82,6%) de pérdida de su cobertura de 1962 (FAO, 1996).

A pesar de los estudios realizados que demuestran que en los trópicos, numerosos sistemas de manglares y otros humedales se han visto muy perturbados por los acontecimientos económicos de las últimas décadas, así

como de su importancia ambiental, estos sistemas son reconocidos como una fuente de materia orgánica que aumenta la productividad costera, un filtro para sólidos en suspensión, y una barrera física contra las tormentas tropicales. También representan áreas importantes de cría, zonas de cría y hábitat generales de peces, crustáceos y moluscos Alonso-Pérez et al., (2003).

La principal causa de la transformación de los ambientes costeros, es la numerosa población que se encuentra habitando en estas llanuras, aluviales, humedales, marismas, etc.... ocasionando que ya no tengan cobertura natural, al mismo tiempo produciendo el crecimiento de áreas urbanas o agrícolas y en este caso acuicultura, destruyendo de esta manera ambientes naturales de valiosa riqueza ambiental.

Las áreas declaradas como Áreas Naturales Protegidas dentro del Golfo de Fonseca, también se han visto afectadas por la industria camaronera, sobre estas superficies se han construido estanques para la cría de camarón, ya que se reportan daños debido a que las técnicas de recolección de larvas de camarón son rudimentarias lo que produce un impacto negativo sobre las distintas especies de crustáceos, moluscos y otros tipos de peces, debido a que en el proceso de recolección de larvas se eliminan todas aquellas especies que no sean de camarón

Otra de las víctimas de la industria camaronera es la flora que se encuentra en los sitios aledaños, porque los ecosistemas tienden a deteriorarse por causa de los distintos productos químicos que son utilizados en las aguas de las piscinas y que luego son arrojadas a las afluentes vecinas.

Por esta razón, y, ante la ausencia de registros históricos del uso de la tierra, hace que a menudo debamos recurrir a imágenes tomadas en el pasado por sensores remotos, y a la clasificación automática, que es un procedimiento eficiente y fiable para extraer información de ellas, utilizando para esto la teledetección y herramientas informáticas como el software libre GIS-GRASS.

La clasificación de imágenes satelitales es definida como: “proceso de obtención de un mapa temático a partir de una imagen remota” Schowengerdt, R.A., (2007). Bajo este concepto se realizó un detallado análisis de las diferentes imágenes disponibles del Golfo de Fonseca con el software antes mencionado.

## **2. Objetivos**

Ante la falta de documentación adecuada sobre registros de la tierra, cartografía detallada y las recientes tensiones entre los terrenos explotados por la industria camaronera, los espacios protegidos así como por los agricultores, este trabajo está encaminado a determinar al área de manglar que se ha cambiado a otros usos mediante un análisis de variación multitemporal de los manglares, marismas y/u otros humedales desde el año 1986 hasta 2011, en el municipio de Choluteca, Golfo de Fonseca, Honduras, utilizando herramientas de teledetección y SIG.

Al mismo tiempo también se espera generar datos cuantificables de cambios de uso del suelo, que permita determinar en qué proporción y sobre qué cobertura se extendió la cría de camarón.

## **3. Materiales y Metodología**

### **3.1 Materiales**

Como herramienta de procesamiento de las imágenes se utilizó el software GIS-GRASS, que justifica su uso por tratarse de un software libre, al mismo tiempo por la facilidad de manipulación y el análisis que se le pueden dar a los datos, así como la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Las imágenes satelitales fueron descargadas de Global Visualization Viewer de USGS<sup>1</sup>, y proceden del sensor TM (Thematic Mapper) a bordo de Landsat 5,

---

<sup>1</sup> <http://glovis.usgs.gov/>

con un nivel de corrección <sup>1</sup><sup>2</sup>, con una resolución espacial de las bandas de 30 x 30 metros, excepto la banda 6 que posee un píxel de 120 m. Cada imagen cubre un área de 185 x185 km.

También se utilizó la interfaz gráfica de Quantum GIS para la realización de este trabajo, su uso se justifica por tratarse de un software libre, además de sus funciones y facilidades de manipulación que dispone.

### **3.2 Método**

#### **3.2.1 Descripción del área de estudio.**

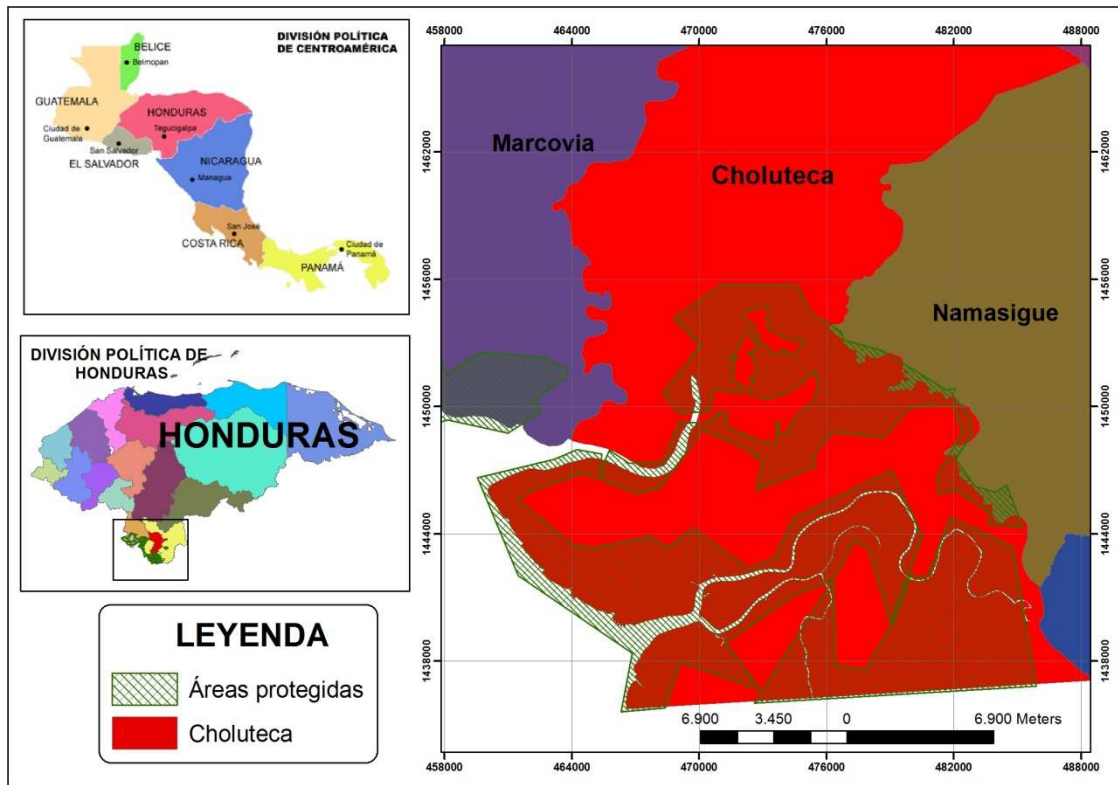
El área de estudio en la que se desarrolló este trabajo fue, El Golfo de Fonseca, misma que es una entrante protegido del océano Pacífico localizado al oeste de Centroamérica (Ver figura 2), que limita al noroeste con El Salvador y Honduras; al este, con Honduras; y, al sur, con Nicaragua. Es uno de los mejores puertos naturales del mundo y tiene una extensión de unos 3.200 km<sup>2</sup>. El área específica de trabajo se localiza en la Republica de Honduras en el municipio de Choluteca (Ver figura 1), abarca una superficie de 40 955 ha, además en este sector hay Áreas Naturales Protegidas, declaradas de esta manera mediante Decreto Legislativo N° 5-99-E, del 20 de Enero del 2000, con una superficie de 21 559,8 ha.

El área esta rodea por manglares lo que lo hace mucho más propicio para la cría de camarón. En la actualidad estas industrias representan gran parte del Golfo de Fonseca en el territorio Hondureño.

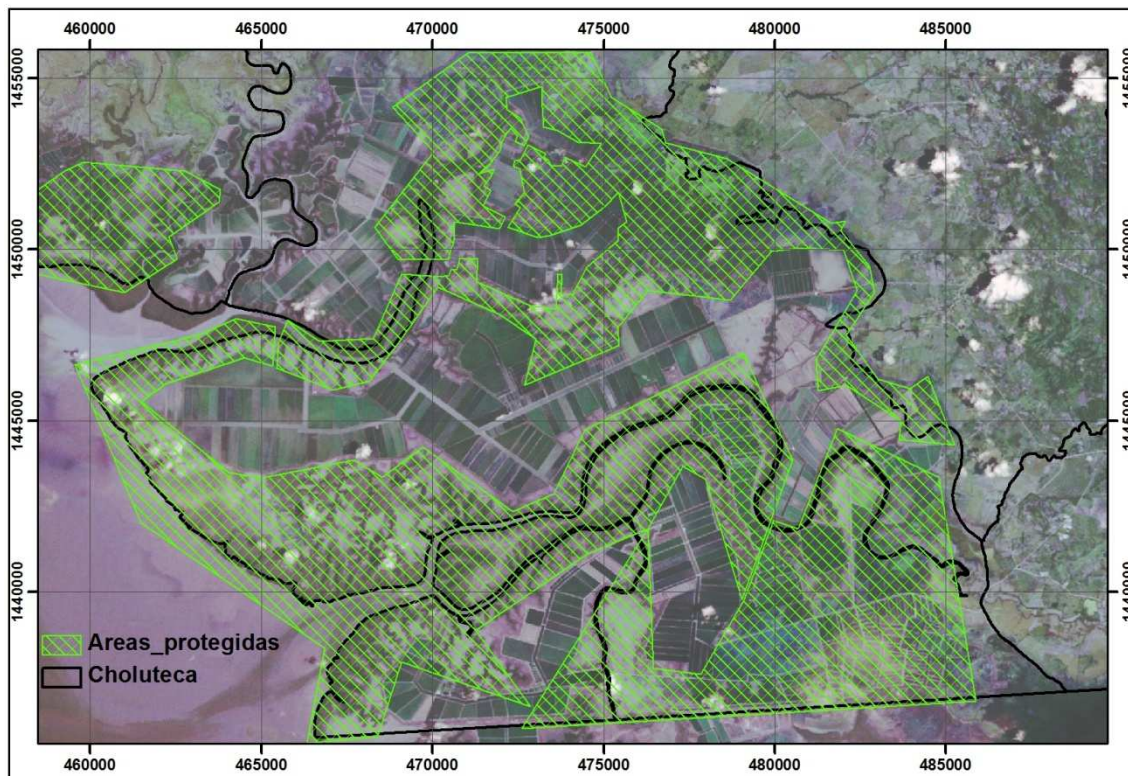
---

<sup>2</sup> Corrección radiométrica y geométrica, utilizando puntos de control terrestre (GCPs) para mejorar la precisión. La precisión de la imagen depende de la disponibilidad de GCP locales.





Fuente: Elaboración Propia  
**Figura 1. División política de Honduras y ubicación del Municipio de Choluteca.**



Fuente: Imagen Landsat año 2007  
**Figura 2. Área de estudio**

### 3.2.2 Recopilación de imágenes.

El análisis multitemporal se lo realizó con fechas a partir de las cuales el problema de expansión de las camaroneras se piensa que se incrementó (1986), de las fechas seleccionadas, se tomaron una o dos imágenes por cada periodo, en este caso cada década. Tabla 1.

Entre las características de las imágenes seleccionadas, tienen que representar de manera adecuada la realidad del territorio, tratando de que las imágenes se encuentren despejadas de nubes, también se consideró el periodo del año ya sea esté, época seca o húmeda.

**Tabla 1. Fecha, nombre de las imágenes Landsat tomadas para el análisis.**

Archivo comprimido	Imágenes Landsat 5	Estación seca	Estación húmeda
Fila y columna de Landsat		17/51	17/51
LT50170511986067XXX04	L5017051_05119860308	08/03/1986	
LT50170511986195AAA02	L5017051_05119860714		14/07/1986
LT50170511993070XXX02	L5017051_05119930311	11/03/1993	
LT50170511993278AAA02	L5017051_05119931005		05/10/1993
LT50170511999039XXX02	L5017051_05119990208	08/02/1999	
LT50170511999231XXX04	L5017051_05119990819		19/08/1999
Sin fotografía		---	
LT50170512007253CHM00	L5017051_05120070910		10/09/2007
LT50170512011008CHM00	L5017051_05120110108	08/01/2011	
LT50170512011104CHM00	L5017051_05120110414		14/04/2011

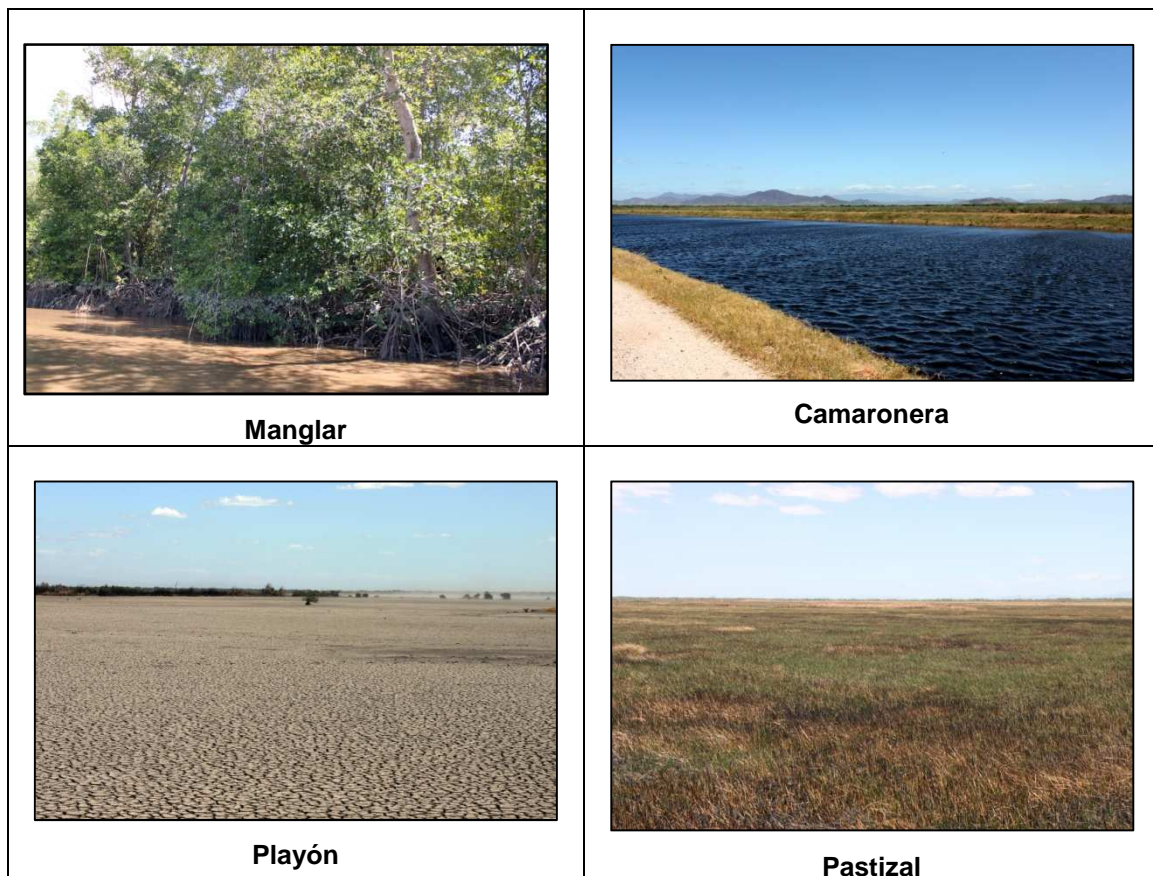
Fuente: elaboración propia.

### 3.2.3 Toma de información de campo.

La información de campo recogida (puntos GPS, de los sitios de interés, fotografías, características de la cubierta vegetal, etc.), estuvo a cargo de Álvaro Trillo, estudiante de Ingeniería de Montes, de la Universidad de Santiago

de Compostela, el cual se encontró haciendo parte de su trabajo de fin de carrera en el sector antes mencionado, en colaboración con los representantes de la ONG CODDEFFAGOLF<sup>3</sup>, facilitaron la información de campo necesaria para realizar un adecuado análisis de las imágenes satelitales.

Los puntos GPS tomados en campo fueron 38, mismos que estuvieron distribuidos uniformemente por toda la zona de estudio así como en los diferentes usos/clases del suelo, estos sirvieron para identificar los usos actuales del suelo: manglar, playón, pastizal y las camaroneras (Figura 3).



Fuente: Álvaro Trillo

**Figura 3. Usos del suelo Golfo de Fonseca.**

<sup>3</sup> Comité para la Defensa y Desarrollo de la Flora y Fauna del Golfo de Fonseca

### 3.2.4 Clasificación.

A partir de la información recogida en campo (puntos GPS y fotografías), se procedió a delimitar áreas de entrenamiento, necesarias para realizar una clasificación supervisada, las clases empleadas para la clasificación se definieron de la siguiente manera:

**Tabla 2. Código de usos del suelo**

<b>N.-</b>	<b>Uso del suelo</b>	<b>Código</b>
<b>1</b>	Manglar	<b>1</b>
<b>2</b>	Camaronera	<b>2</b>
<b>3</b>	Pastizal	<b>3</b>
<b>4</b>	Playón	<b>4</b>

Fuente: elaboración propia

La definición de áreas de entrenamiento se realizó de manera manual tomando en consideración las distintas clases y que correspondan a cubiertas homogéneas según las clases definidas previamente. De esta manera fueron escogidas las mejores áreas según los puntos tomados en campo, siendo utilizadas luego como muestras durante el proceso de clasificación digital de las imágenes.

Para cada periodo de imágenes, se realizaron áreas de entrenamiento en función de los primeros puntos de partida (puntos GPS). Así para cada periodo se contó con una gama de puntos distribuidos por toda el área de estudio, en diferentes periodos y para cada uso del suelo. Ver tabla 3.



**Tabla 3. Número de puntos por periodo y uso del suelo**

<b>Periodo</b>	<b>Total de puntos</b>	<b>Uso del suelo</b>	<b>N. de puntos</b>
<b>1986</b>	23	Manglar	11
		Camaronera	6
		Pastizal	2
		Playón	4
<b>1993</b>	30	Manglar	15
		Camaronera	7
		Pastizal	3
		Playón	5
<b>1999</b>	26	Manglar	9
		Camaronera	8
		Pastizal	3
		Playón	6
<b>2007</b>	29	Manglar	11
		Camaronera	9
		Pastizal	3
		Playón	6
<b>2011</b>	38	Manglar	18
		Camaronera	9
		Pastizal	4
		Playón	9

Fuente: elaboración propia

Al tratarse de clasificaciones a partir de áreas de entrenamiento teniendo como referencia para digitalizarlas los puntos de campo tomados en el año 2012, pueden presentar errores en la determinación del área de las camaroneras así como de otras cubiertas analizadas. Las clasificaciones de los años 1986 al 2007, se realizaron delimitando manualmente áreas de entrenamiento a partir de una combinación de tres bandas azul (1), verde (2) y rojo (3) en color real y como base los puntos antes mencionados, lo que podría ocasionar una ligera variación en los resultados obtenidos.

El proceso de clasificación se realizó de la siguiente manera: en primer lugar se creó un grupo imágenes, con las imágenes o bandas que se utilizaron en el proceso de clasificación, para esto se utilizó el modulo de Grass "i.group"; seguidamente con los puntos GPS de las distintas clases de usos del suelo

(ver tabla 4), se digitalizaron áreas de entrenamiento, utilizando la interfaz gráfica de Quantum GIS; como paso subsiguiente se generó el archivo de respuesta espectral de las diferentes clases, a partir del grupo de imágenes y de las áreas de entrenamiento, utilizando el módulo “i.gensigset”; como último paso se ejecutó el algoritmo de clasificación “i.smap”.

A continuación se describen cada una de las características de los comandos utilizados para la clasificación de las imágenes:

➤ **i.group**

Permite obtener capas de mapa ráster en un grupo de imagen mediante la asignación a grupos y subgrupos denominados por el usuario, lo que permite al usuario ejecutar los análisis en cualquier combinación de las capas de mapa ráster en un grupo. El usuario crea los grupos y subgrupos y selecciona las capas de mapa ráster que se van a residir en ellas, GRASS Development Team (2012).

➤ **i.gensigset**

Es un método no interactivo para generar la entrada al algoritmo “i.smap”. Se utiliza como el primer paso en el proceso de clasificación, lee una capa de mapa ráster, llamada el mapa de la formación, que cuenta con algunos de los píxeles o regiones que han sido clasificadas. “i.gensigset” extrae las firmas espectrales de una imagen basada en la clasificación de los píxeles en el mapa de formación y pone estas firmas a disposición de “i.smap” GRASS Development Team (2012).

➤ **i.smap**

Realiza la clasificación contextual de imágenes utilizando el algoritmo de máximo secuencial de estimación a posteriori (SMAP). Este algoritmo es utilizado para segmentar imágenes multiespectrales utilizando el modelo de clase espectral conocido como distribución de la mezcla de Gauss, también se puede utilizar para segmentar imágenes multiespectrales basado en media simple espectral y parámetros de covarianza GRASS Development Team (2012).

“i.smap” tiene dos metodos de funcionamiento. El primer metodo es el máximo secuencial de estimación a posteriori (SMAP). El algoritmo de segmentación SMAP trata de mejorar la precisión de la segmentación mediante la segmentación de la imagen en regiones en lugar de segmentación de cada píxel por separado. El segundo metodo es la clasificación de máxima probabilidad convencional (ML), que clasifica a cada píxel por separado GRASS Development Team (2012).

La calidad final de los resultados de la clasificación de las imágenes, fue evaluada por el procedimiento de matriz de confusión (Chuvienco Salinero, 2008), para lo cual se tomó 40 puntos aleatoriamente, repartidos en cada una de las clases, por cada imagen clasificada, el proceso de asignación de puntos a cada una de las clases se lo realizó de manera manual, y, los valores obtenidos se los comparó con los resultados de cada clasificación.

Las matrices de confusión incluyen resultados de fiabilidad de productor, usuario y fiabilidad global.

#### **4. Resultados y discusión**

El grado de fiabilidad global de las clasificaciones (tablas 11-14) desde al año 1986 hasta 1993 sea época seca y húmeda es de alrededor del 73% (ver tabla 11-14), este valor es considerado bajo en este tipo de clasificaciones, debido a que en este proceso, se sabe obtener resultados de fiabilidad sobre el 80% Riaño Davis (2000). Estos valores podrian mejorarse mediante algunos aspectos, con la utilización de otro algoritmo de clasificación, o con información de las distintas clases (puntos GPS, fotografías) de cada uno de los periodos analizados.

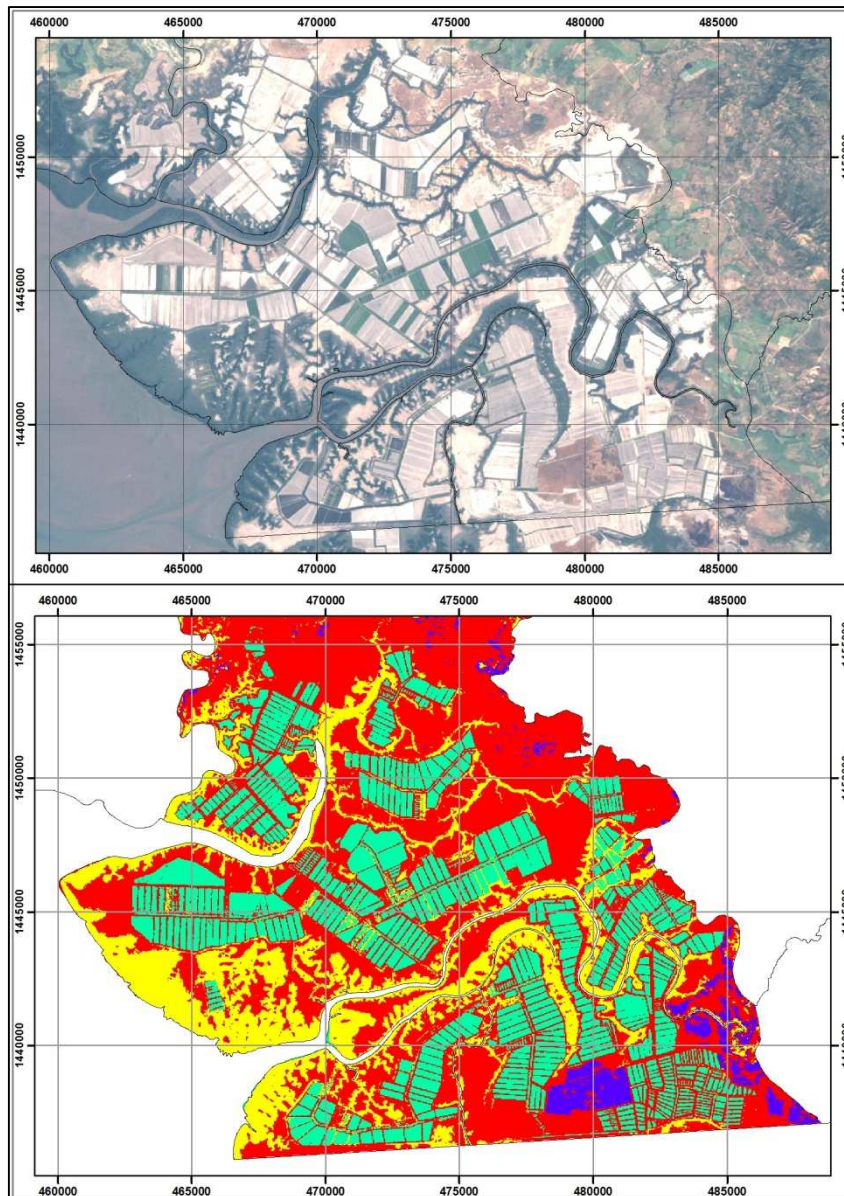
Las clasificaciones correspondientes a los periodos 1986 y 1993, con una fiabilidad menor al 80%, se podrían mejorar en el caso que hubiera información de campo correspondiente a los periodos, o también con el uso de otro algoritmo de clasificación.

Las imágenes clasificadas desde el año 1999 hasta el 2011, tiene un grado de fiabilidad sobre el 80% (ver tabla 15-19), lo cual nos permite tener una mayor confiabilidad de los resultados. El porcentaje de fiabilidad tanto de productor como de usuario varia en función del año y la clase, pero en general se puede decir que esta fiabilidad se encuentra sobre el 70% llegando a alcanzar en algunos casos el 100% de confiabilidad.

Las cubiertas de interez manglar y camaroneras, presentan una fiabilidad aceptable, en promedio sobre el 80%, tanto de productor como de usuario en todas las clasificaciones realizadas.

En la figura 4 se puede apreciar la diferencia entre una imagen Ladsat original y una imagen Landsat clasificada del año 2011 época seca, en la cual se puede evaluar el resultado del algoritmo de clasificación SMAP, así como también determinar de manera visual la fiabilidad de la clasificación.





**Figura 4. Imagen Landsat e imagen clasificados año 2011, época seca.**

Con lo anterior expuesto se pone a consideración los resultados de las clasificaciones de los distintos periodos.

Los resultados del proceso de clasificación de las imágenes satelitales no son alentadores, esto, debido a que se pudo verificar que el avance de la industria camaronera a producido un cambio significativo sobre el manglar y otros humedales, ocasionando la pérdida de gran parte de su cobertura a lo largo de los años. (ver tabla 5)

**Tabla 4. Evolución de la cubierta por año/estación (Manglar, Camaronera)**

Año	Área de manglar (a)		Área de camaronera (ha)	
	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda
1986	10415,43	8488,89	638,01	5941,71
1993	12693,60	14532,21	7304,22	7833,33
1999	5833,26	7380,90	8593,38	9032,58
2007		5265,00		11717,91
2011	8166,87	12776,49	9277,38	9640,35

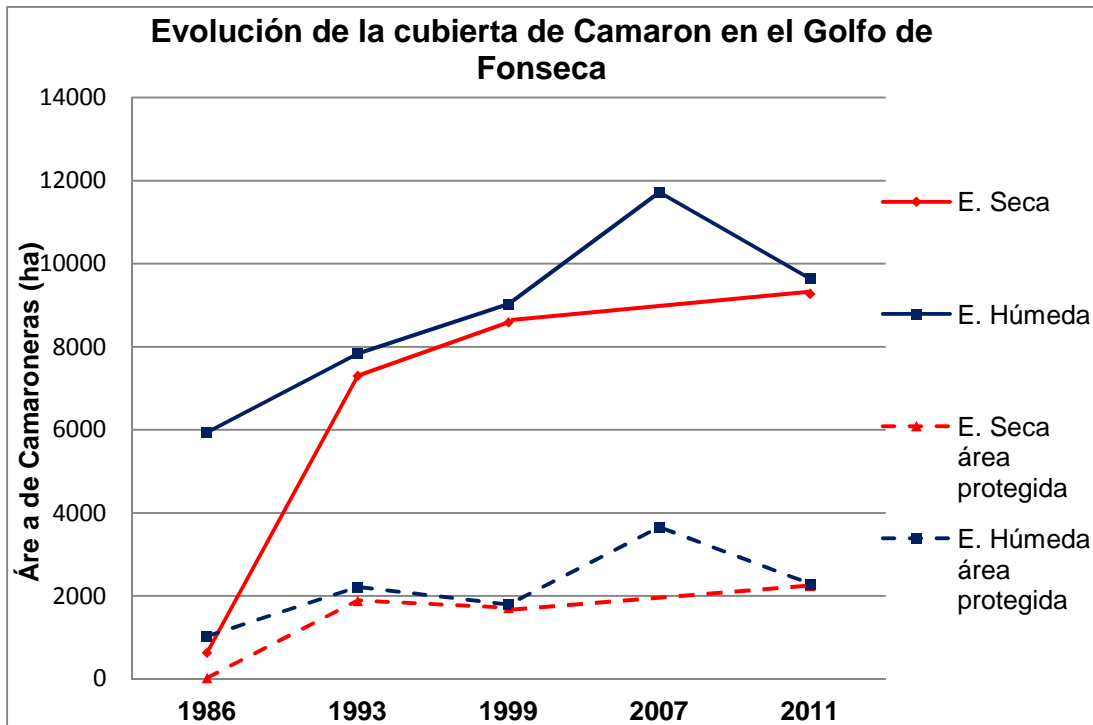
Fuente: elaboración propia

**Tabla 5. Evolución de la cubierta por año/estación (Manglar, Camaronera), área protegida**

Año	Área de manglar (ha)		Área de camaronera (ha)	
	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda
1986	6732,99	6799,95	28,62	1031,22
1993	7731,18	10138,32	1889,55	2218,23
1999	4504,59	6134,76	1715,85	1793,52
2007		4386,42		3661,20
2011	5926,41	8184,96	2248,92	2293,11

Fuente: elaboración propia

Además la industria camaronera también se ha expandido sobre áreas declaradas como protegidas, ocasionando la destrucción de gran parte de manglares y/o humedales así como también la pérdida de hábitats de especies en peligro de extinción (ver tabla 6 y Figuras 5 y 6).



**Figura 5. Evolución de la cubierta de Camaroneras.**

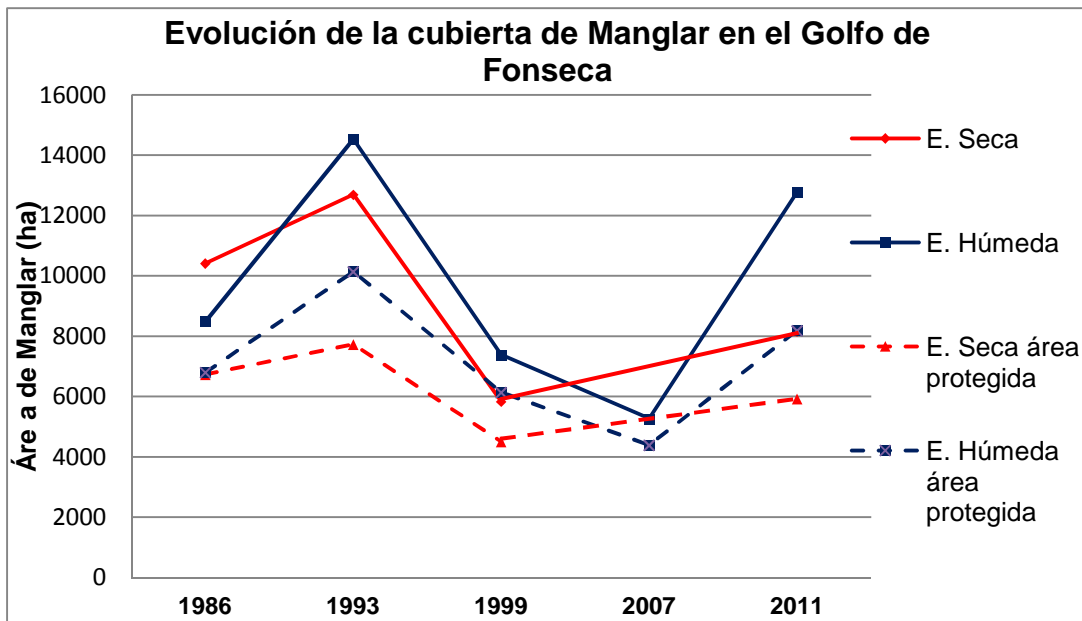


Figura 6. Evolución de la cubierta de Manglar.

Las tablas 8-11 (ver apéndice), indican que el avance de las camaroneras no solo se produce en manglares, un 5,5% de la superficie de manglar de 1986 pasó a camaronera al año 2011, la expansión de las camaroneras se produce de manera más significativa sobre la cubierta de playón, ya que el 26,4% de la superficie de playón de 1986 pasa a camaronera en el año 2011, ya que al ser humedales, también son perjudicados con la destrucción de su cobertura por procesos de salinización.

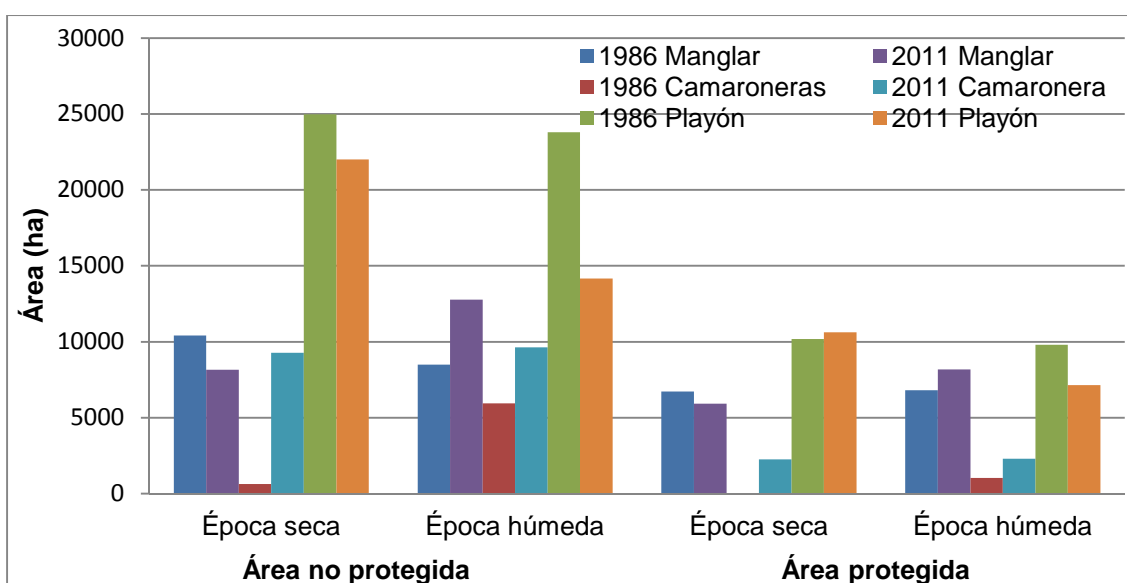


Figura 7. Tendencias de cubiertas año 1986/2011.

En la figura 7, se puede concluir que una de las cubiertas que más ha perdido territorio son los playones, su disminución a lo largo de los años ha sido de gran consideración a pesar de que estos humedales forman parte del área protegida.

En la clasificación del año 2007 hay desviación en la tendencia de la recta con relación a los otros años, esto se debe a que en este año fue muy lluvioso, por lo que los resultados pueden estar influenciados por las inundaciones provocadas por el fenómeno del niño de ese año, Asociación de Organismos no Gubernamentales (2009). Esto ocasiona que se observe que en este periodo el área de camarónicas aumente de manera significativa, provocando al mismo tiempo que el área de manglar disminuya, haciendo pensar que para el año 2011 se está produciendo una recuperación de humedales realidad que no se está presentando.

La figura 8, (ver apéndice), demuestra que la extensión de camarónicas en el año 1986 era muy baja, a pesar que las empresas camarónicas empezaron con sus explotaciones en los años 70, pero según como fue aumentando la demanda de camarón a nivel mundial, estas también se fueron expandiendo en territorio, logrando de esa manera abastecer a los mercados mundiales, pero al mismo tiempo causando un gran impacto ambiental sobre los manglares y humedales, hasta el punto de casi destruir por completo dichos sistemas.

Contrastando la figura 8 con la 15, (ver apéndice), podemos observar el avance de las camarónicas se ha ido incrementado de manera lineal (figura 5) durante todo el periodo de análisis, se puede observar como algunos manglares han disminuido su espacio así como también otros humedales han desaparecido por completo para dar cabida a la industria camarónera, causando de esta manera un gran impacto tanto social como ambiental a las poblaciones que se asientan o viven de estos sistemas productivos.

## 5. Conclusiones

Los resultados de las imágenes clasificadas corroboran lo que ha estado sucediendo en el Golfo de Fonseca a lo largo de estos años, el avance de las camaroneras ha destruido gran parte de los manglares y/o humedales del Municipio de Choluteca, Honduras.

El avance de la industria camaronera se ha extendido a lo largo del tiempo por manglares y/o humedales declarados como protegidos.

El área de camaroneras pasó de 638 ha (1,6%) en el 1986 a 9 640 ha (23,5%) en el año 2011. El periodo en que el área de manglar se vio más afectado por la industria camaronera fue entre 1993 y 1999 con un 6,2% de cambio de uso.

Gran parte de la superficie de manglar ha cambiado a playón durante el periodo de análisis. La superficie sobre la cual las camaroneras se han expandido son los playones, reportando un cambio de uso de 24 973 ha (61,0%) del año 1986 a 14 172 ha (34,6%) del año 2011.

Esto hace pensar que la industria camaronera primero transforma los manglares a playones, y después a estanques de cría de camarón.

El área de manglar de las zonas declaradas como protegidas pasó de 6 733 ha (34,5%) del año 1986 a 5 926 ha (30,4%) en el año 2011, el área de las camaroneras paso de 28,6 ha (0,1%) a 2 248 ha (11,5%), mientras que la cubierta que más pérdida de superficie reportó fue la de pastizal con un 10% de su superficie de 1986 a 2011.

## 6. Bibliografía

- Alonso-Pérez et al. (2003). Land cover changes and impact of shrimp aquaculture on the landscape in the Ceuta coastal lagoon system, Sinaloa, Mexico. *Ocean & Coastal Management* 46 (2003) 583–600 , Pag. 2.
- Asociación de Organismos no Gubernamentales (2009), *Estado y perspectiva de la gestión del riesgo en Honduras a diez años de Mitch*. En línea. Recuperado el 15 de julio 2012. Disponible en: <http://www.asonog.hn/2.%20Los%20programas/PARA%20WEB%20PGR/Otros/MITCH%20+10%20GESTION%20DE%20RIESGO%20HONDURAS.pdf>
- Berlanga-Robles et al. (2011). Spatial analysis of the impact of shrimp culture on the coastal wetlands on the Northern coast of Sinaloa, Mexico. *Ocean & Coastal Management* 54 (2011) 535e543 , Pag. 1.
- Chuvieco Salinero, E. (2008): *Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Barcelona, Ariel. S.A.
- FAO. (2005). *Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina documento de trabajo, Informe Nacional Honduras*. Deposito de documentos de la FAO (en línea). Recuperado el 13 de Mayo de 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/j4456s/j4456s00.htm>
- FAO. (2000). *Cambios en la cobertura forestal, Honduras*. Deposito de documentos de la FAO (en línea). Pag. 42. Recuperado el 10 de Mayo de 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/4050-0be67d19a4554efbd920f0fbc963d5801.pdf>
- FAO. (1996). *Informe Nacional para la conferencia técnica internacional de la FAO sobre los recursos fitogenéticos*. Deposito de documentos de la FAO (en línea). Recuperado el 20 de Mayo de 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/PGR/SoW1/americas/HONDURAS.pdf>

- GRASS Development Team (2008): *Geographic Resources Analysis Support System (GRASS GIS) Software*. EEUU, Open Source Geospatial Foundation.
- Riaño David, et al. (2000): *Corrección Atmosférica y Topográfica, Información Multitemporal y Auxiliar Aplicadas a la Cartografía de Modelos de Combustibles con Imágenes Landsat-TM*. Asociación de Geógrafos Españoles (en línea). Recuperado el 1 de junio 2012. Disponible en:  
  
[http://age.ieg.csic.es/metodos/docs/IX\\_2/Riano\\_David.PDF](http://age.ieg.csic.es/metodos/docs/IX_2/Riano_David.PDF)
- Schowengerdt, R. A. (2007). *Remote sensing. Models and methods for image processing*. Burlington: Academic Press, Burlington.



## 7. Apéndice

### 7.1 Tendencias de las distintas clases de cobertura 1986/2011

Tabla 6. Tendencias de las distintas clases de cobertura entre los años 1986/1993

Tendencias entre cubiertas vegetales (ha)					
		clase 1993			
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón
clase 1986	Manglar	7720,83	256,77	244,62	266,67
	Camaronera	420,39	3097,71	24,57	2399,04
	Pastizal	1134,54	117,72	1457,10	24,21
	Playón	5256,45	4361,13	6294,51	7878,69

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Tendencias de las distintas clases de cobertura entre los años 1993/1999

Tendencias entre cubiertas vegetales (ha)					
		clase 1999			
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón
clase 1993	Manglar	6847,29	897,12	1588,14	5199,66
	Camaronera	50,40	4723,38	33,39	3026,16
	Pastizal	186,03	389,61	4069,98	3375,18
	Playón	297,18	3022,47	27,45	7221,51

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Tendencias de las distintas clases de cobertura entre los años 1999/2007

Tendencias entre cubiertas vegetales (ha)					
		clase 2007			
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón
clase 1999	Manglar	4266,00	100,89	919,35	2094,66
	Camaronera	45,81	7067,70	83,88	1835,19
	Pastizal	182,70	107,73	5083,47	345,06
	Playón	770,49	4441,59	4197,15	9413,28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Tendencias de las distintas clases de cobertura entre los años 2007/2011

Tendencias entre cubiertas vegetales (ha)					
		clase 2011			
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón
clase 2007	Manglar	4847,49	31,05	188,64	197,82
	Camaronera	763,74	8761,50	55,08	2137,59
	Pastizal	2472,12	143,55	3563,46	4104,72
	Playón	4693,14	704,25	558,63	7732,17

Fuente: Elaboración propia



## 7.2 Resultados fiabilidad

Tabla 10. Matriz de confusión: SMAP 1986 época seca

		Referencia				Fiab. Usuario
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón	
Clasificación	Manglar	8	0	0	2	80,0%
	Camaronera	0	8	0	2	80,0%
	Pastizal	1	0	7	2	70,0%
	Playón	3	0	1	6	60,0%
Fiab. productor		66,7%	100,0%	87,5%	50,0%	
Fiabilidad Global: 72,5%						

Fuente: elaboración propia

Tabla 11. Matriz de confusión: SMAP 1986 época húmeda

		Referencia				Fiab. Usuario
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón	
Clasificación	Manglar	9	0	0	1	90,0%
	Camaronera	1	5	0	4	50,0%
	Pastizal	1	0	8	1	80,0%
	Playón	1	1	2	6	60,0%
Fiab. productor		75,0%	83,3%	80,0%	50,0%	
Fiabilidad Global: 70,0%						

Fuente: elaboración propia

Tabla 12. Matriz de confusión: SMAP 1993 época seca

		Referencia				Fiab. Usuario
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón	
Clasificación	Manglar	7	0	0	3	70,0%
	Camaronera	0	5	1	4	50,0%
	Pastizal	1	0	7	2	70,0%
	Playón	1	0	0	9	90,0%
Fiab. productor		77,8%	100,0%	87,5%	50,0%	
Fiabilidad Global: 70,0%						

Fuente: elaboración propia

**Tabla 13. Matriz de confusión: SMAP 1993 época húmeda**

		Referencia				Fiab. Usuario
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón	
Clasificación	Manglar	7	1	1	1	70,0%
	Camaronera	1	7	1	1	70,0%
	Pastizal	2	0	7	1	70,0%
	Playón	1	0	1	8	80,0%
Fiab. productor		63,6%	87,5%	70,0%	72,7%	
<b>Fiabilidad Global: 72,5%</b>						

Fuente: elaboración propia

**Tabla 14. Matriz de confusión: SMAP 1999 época seca**

		Referencia				Fiab. Usuario
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón	
Clasificación	Manglar	9	0	1	0	90,0%
	Camaronera	0	10	0	0	100,0%
	Pastizal	0	0	9	1	90,0%
	Playón	3	1	0	6	60,0%
Fiab. productor		75,0%	90,9%	90,0%	85,7%	
<b>Fiabilidad Global: 85,0%</b>						

Fuente: elaboración propia

**Tabla 15. Matriz de confusión: SMAP 1999 época húmeda**

		Referencia				Fiab. Usuario
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón	
Clasificación	Manglar	7	0	0	3	70,0%
	Camaronera	0	10	0	0	100,0%
	Pastizal	0	0	10	0	100,0%
	Playón	2	0	1	7	70,0%
Fiab. productor		77,8%	100,0%	90,9%	70,0%	
<b>Fiabilidad Global: 85,0%</b>						

Fuente: elaboración propia

**Tabla 16. Matriz de confusión: SMAP 2007 época húmeda**

		Referencia				Fiab. Usuario
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón	
Clasificación	Manglar	7	1	1	1	70,0%
	Camaronera	0	8	0	2	80,0%
	Pastizal	0	0	9	1	90,0%
	Playón	0	0	0	10	100,0%
Fiab. productor		100,0%	88,9%	90,0%	71,4%	
<b>Fiabilidad Global: 85,0%</b>						

Fuente: elaboración propia

**Tabla 17. Matriz de confusión: SMAP 2011 época seca**

		Referencia				Fiab. Usuario
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón	
Clasificación	Manglar	7	1	1	1	70,0%
	Camaronera	0	9	0	1	90,0%
	Pastizal	0	0	10	0	100,0%
	Playón	0	3	1	6	60,0%
Fiab. productor		100,0%	69,2%	83,3%	75,0%	
<b>Fiabilidad Global: 80,0%</b>						

Fuente: elaboración propia

**Tabla 18. Matriz de confusión: SMAP 2011 época húmeda**

		Referencia				Fiab. Usuario
		Manglar	Camaronera	Pastizal	Playón	
Clasificación	Manglar	9	1	0	0	90,0%
	Camaronera	0	10	0	0	100,0%
	Pastizal	0	0	7	3	70,0%
	Playón	0	1	1	8	80,0%
Fiab. productor		100,0%	83,3%	87,5%	72,7%	
<b>Fiabilidad Global: 85,0%</b>						

Fuente: elaboración propia

### **7.3 Clasificación de imágenes Landsat**

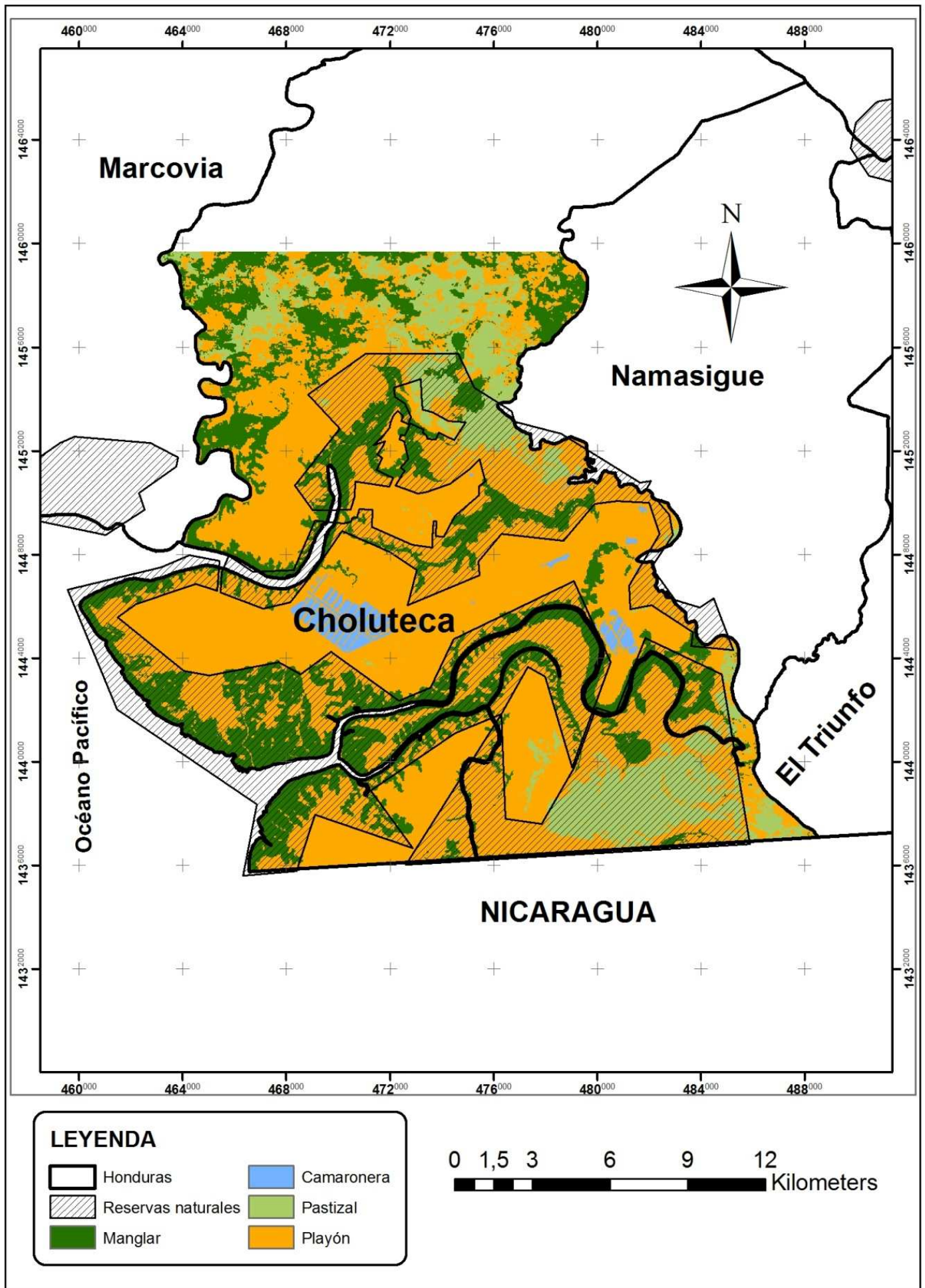


Figura 8. Clasificación año 1986, época seca.



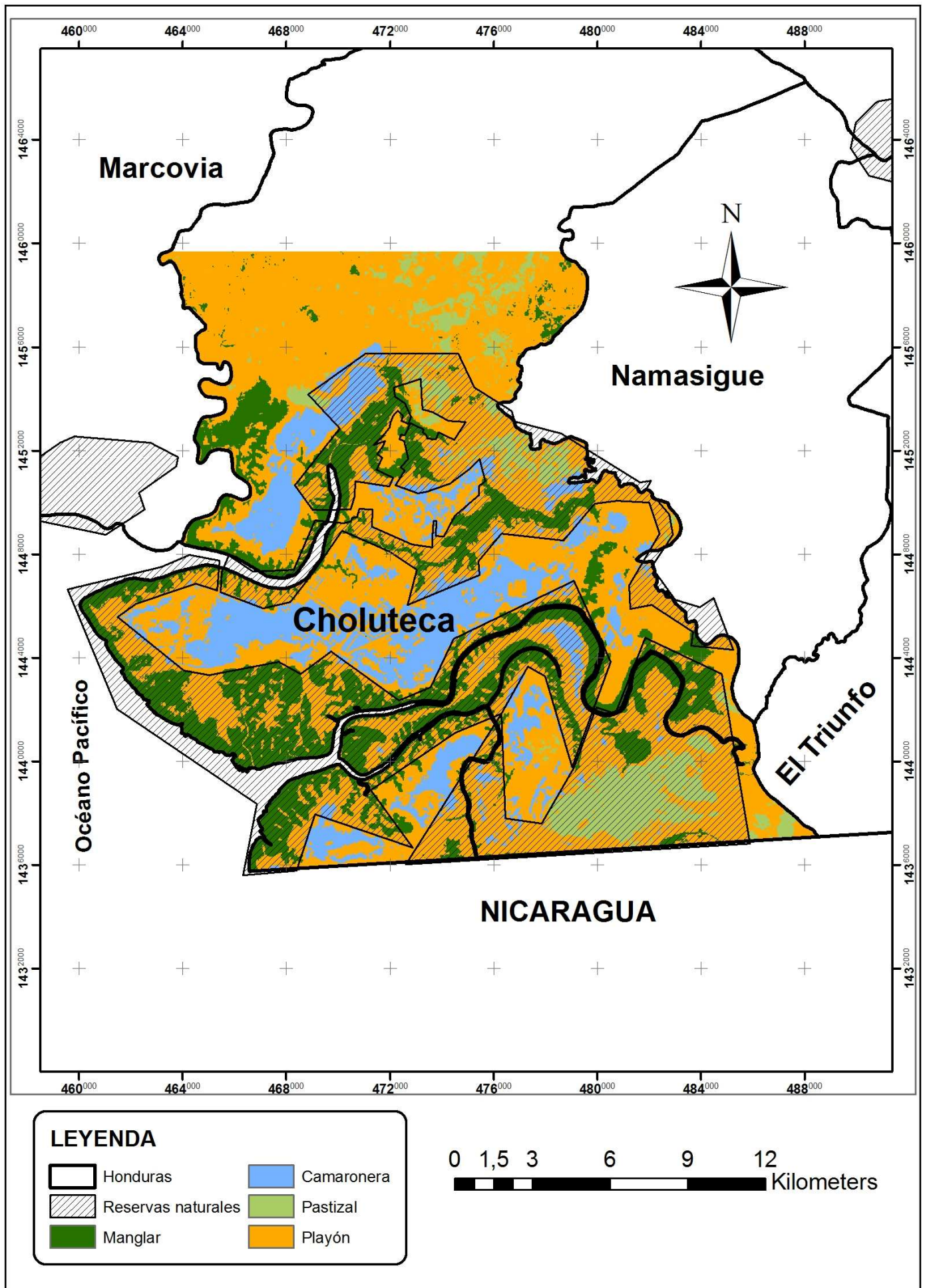


Figura 9. Clasificación año 1986, época húmeda.

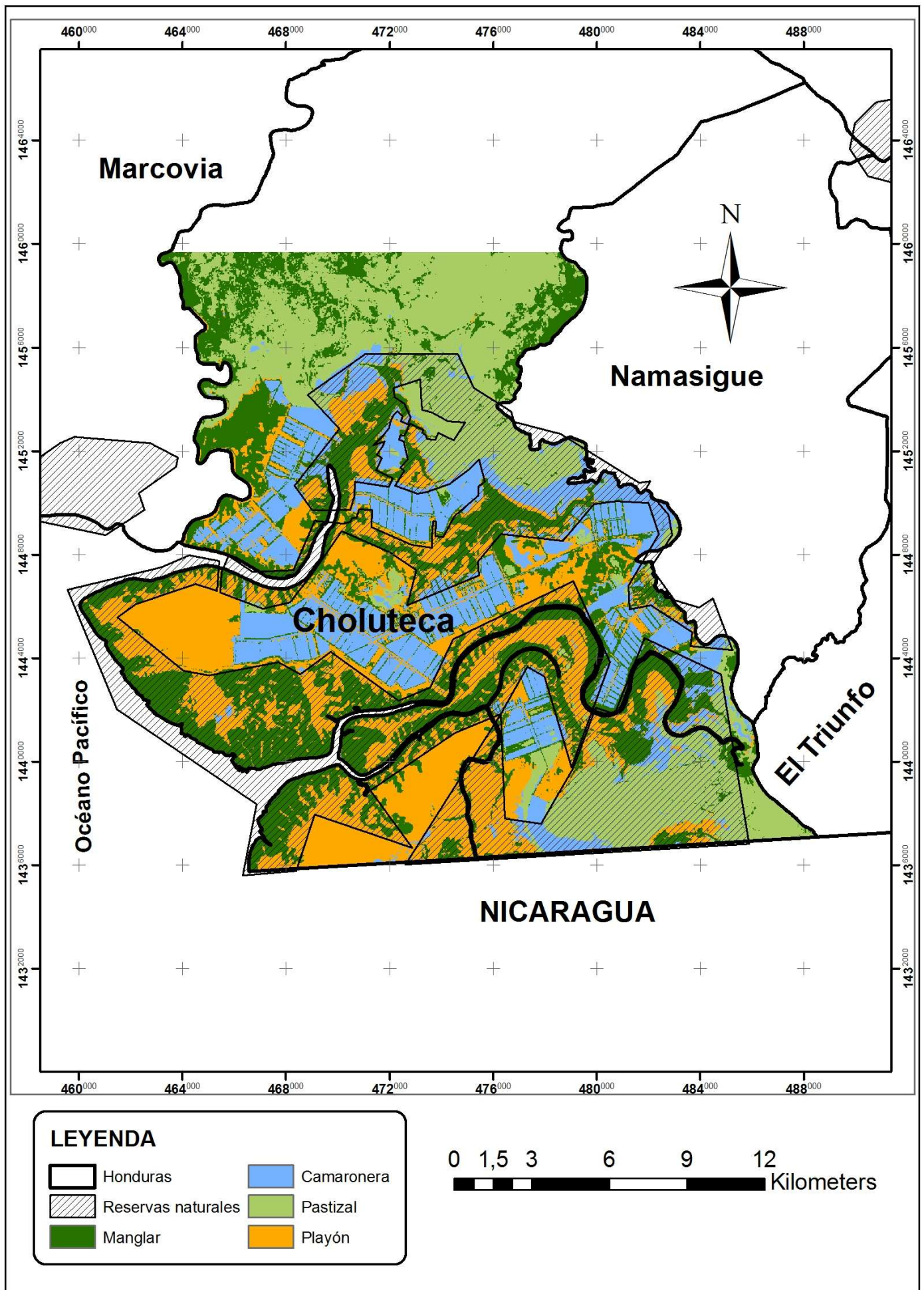


Figura 10. Clasificación año 1993, época seca.



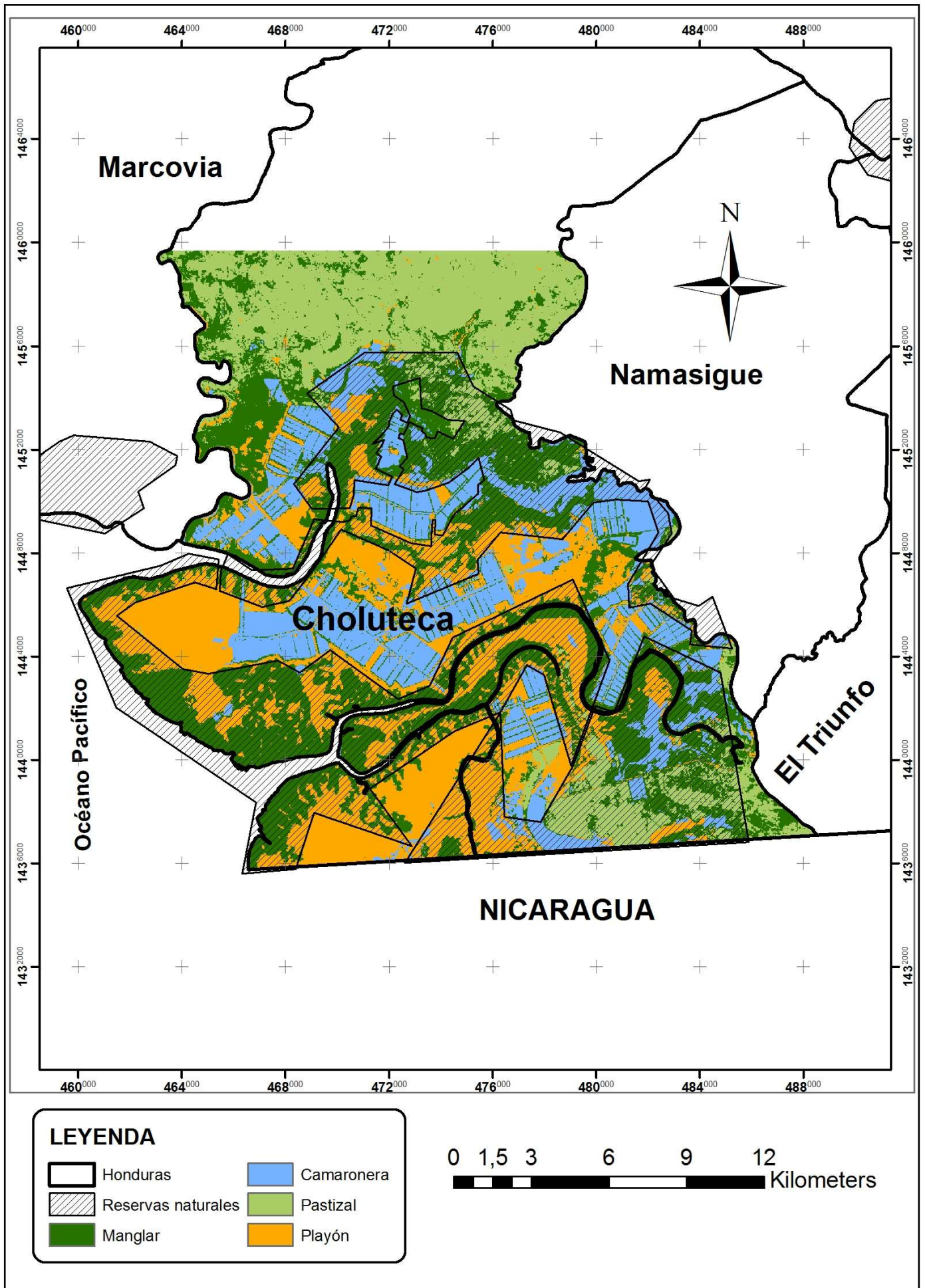


Figura 11. Clasificación año 1993, época húmeda.



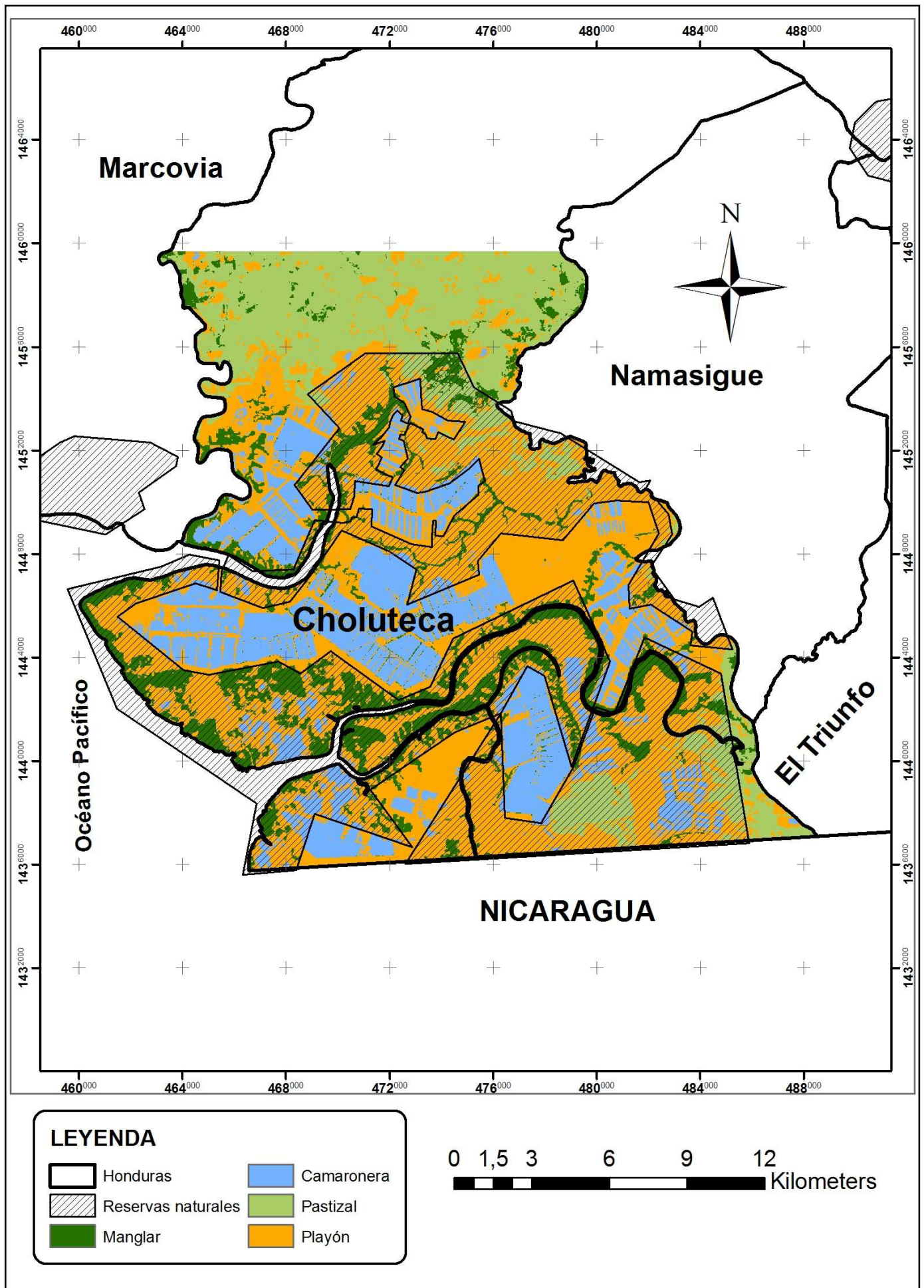


Figura 12. Clasificación año 1999, época seca.

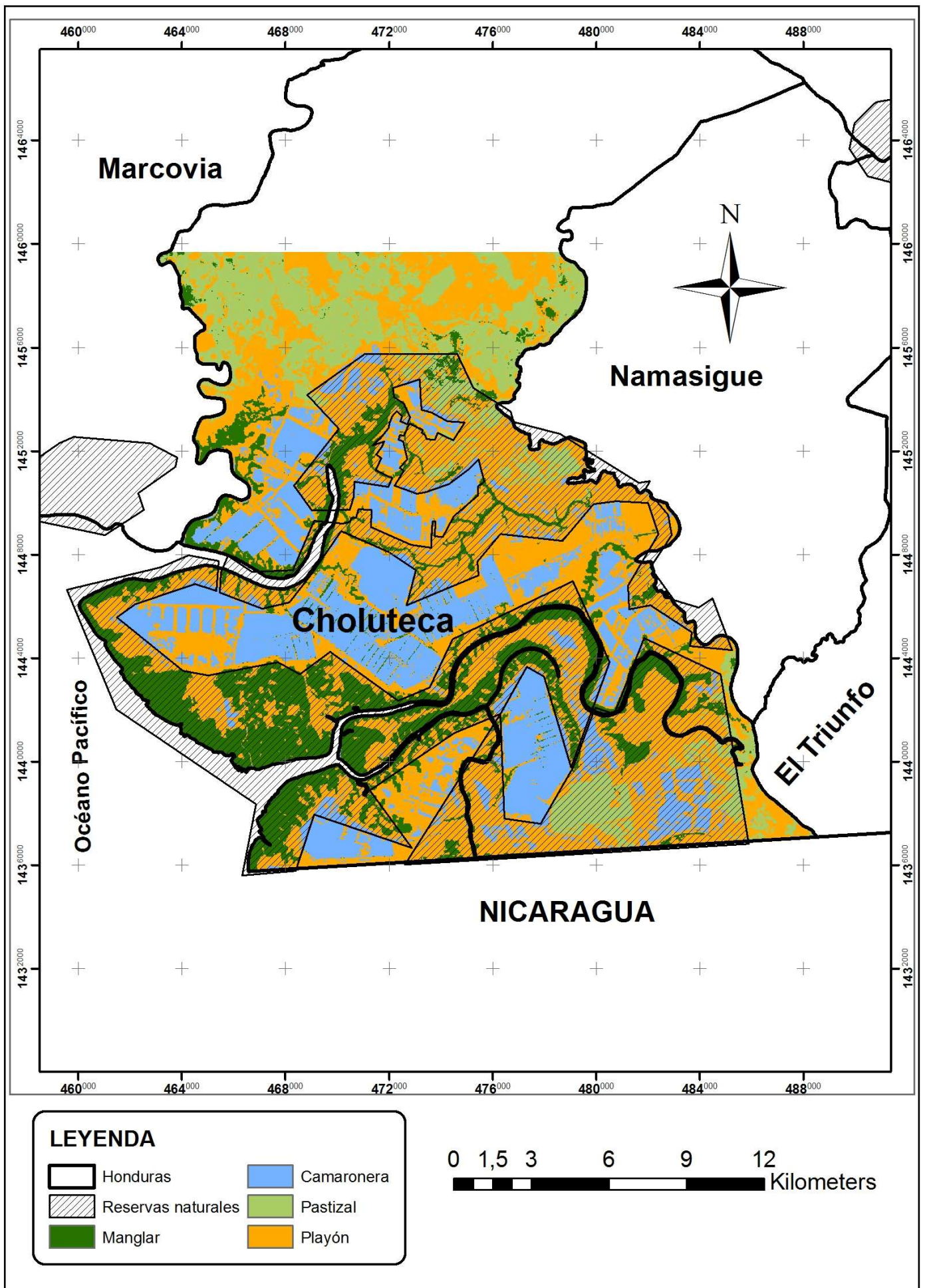


Figura 13. Clasificación año 1999, época húmeda.



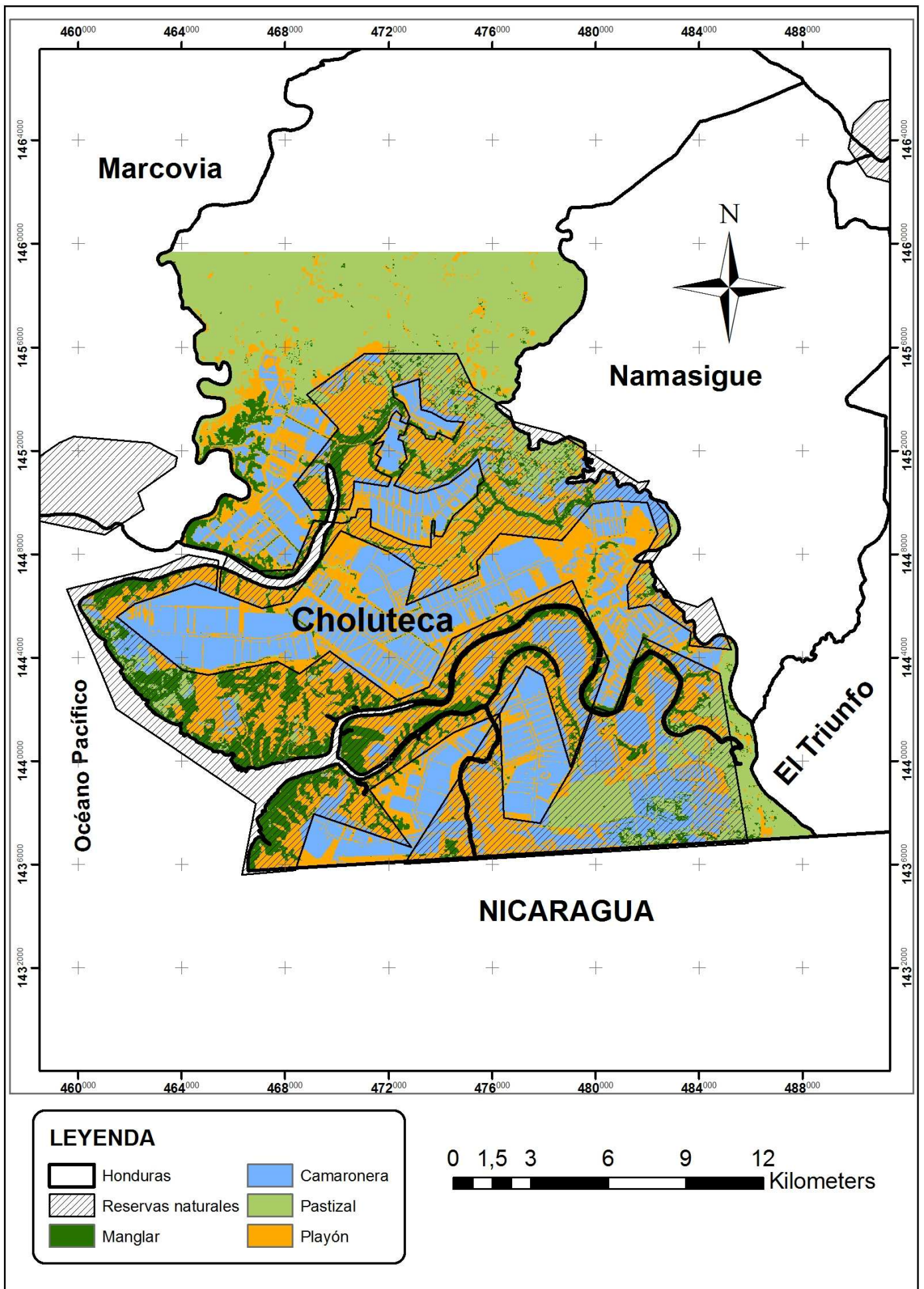


Figura 14. Clasificación año 2007, época húmeda.

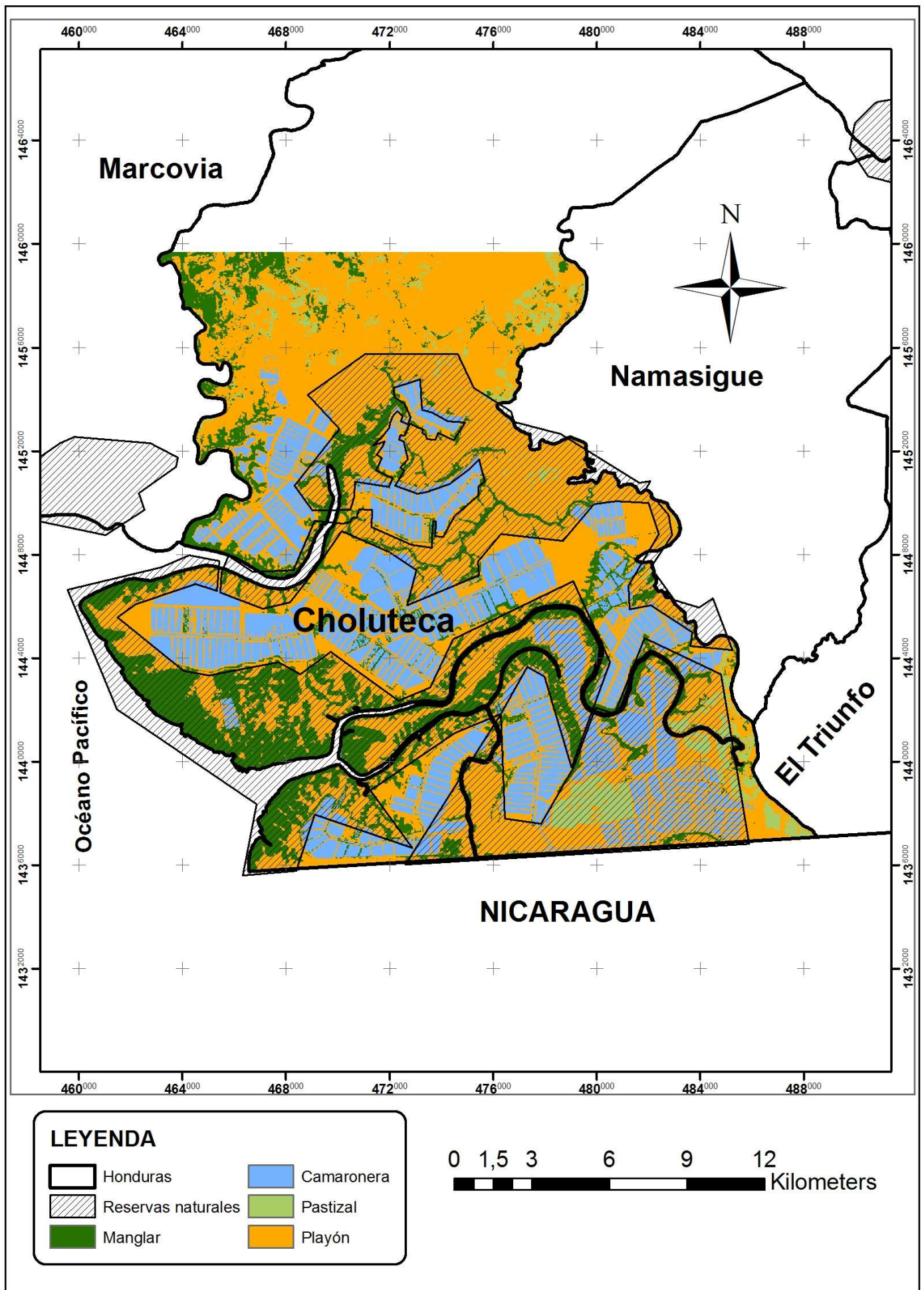


Figura 15. Clasificación año 2011, época seca.



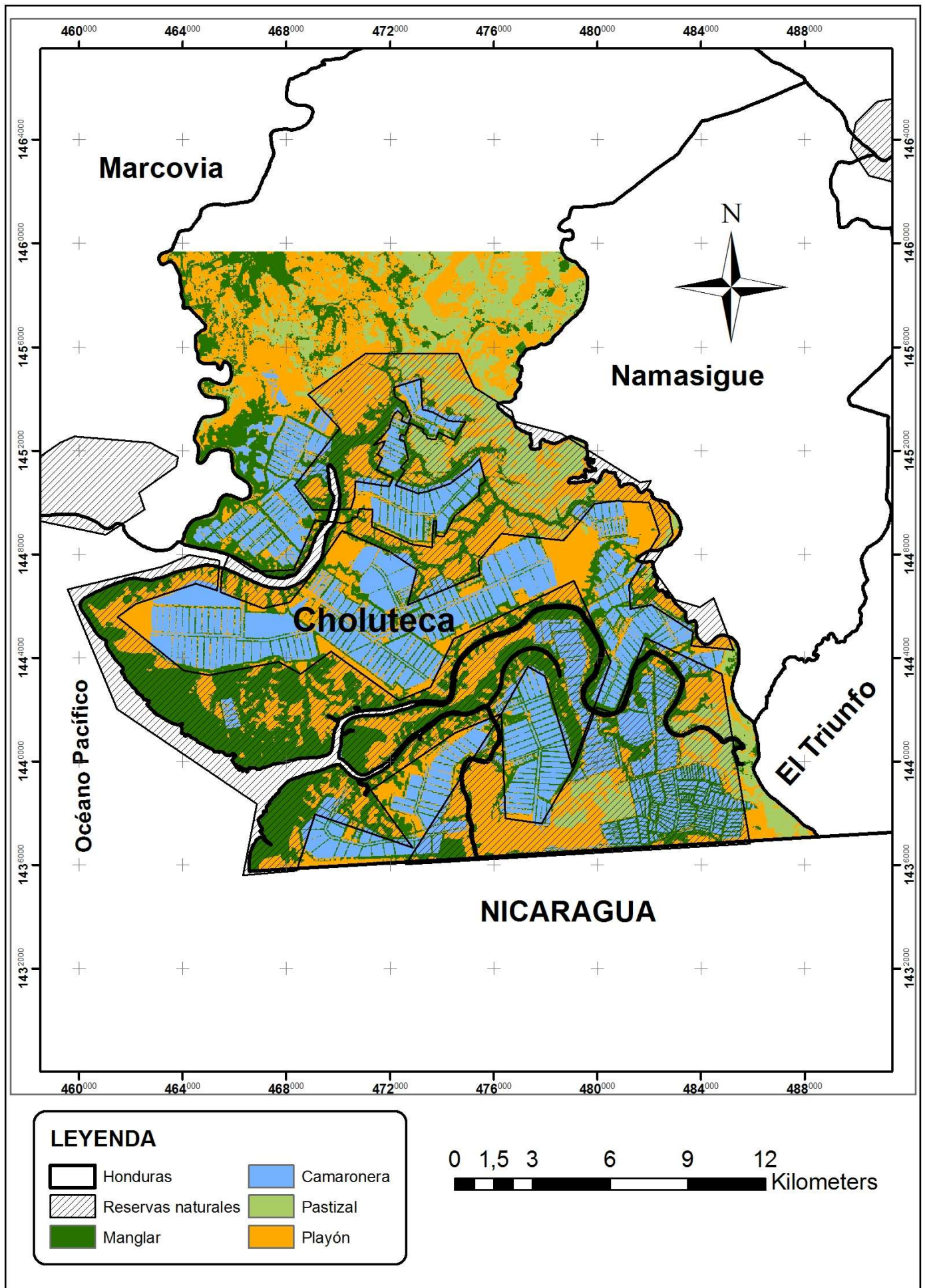


Figura 16. Clasificación año 2011, época húmeda.