

Escenario de expansión del cultivo de palma africana en el norte de Honduras

**Verónica Marcelina Tax Sapón
Julio César Recinos Artero**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERIA EN AMBIENTE Y DESARROLLO

Escenario de expansión del cultivo de palma africana en el norte de Honduras

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros en Ambiente y Desarrollo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Verónica Marcelina Tax Sapón
Julio César Recinos Artero

Honduras
Noviembre, 2013

Escenario de expansión del cultivo de palma africana en el norte de Honduras

Presentado por:

Verónica Marcelina Tax Sapón
Julio César Recinos Artero

Aprobado:

Arie Sanders, M.Sc.
Asesor principal

Laura Suazo, Ph.D.
Directora
Departamento de Ambiente y
Desarrollo

Alexandra Manueles, M.Sc.
Asesora

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Escenario de expansión del cultivo de palma africana en el norte de Honduras

Verónica Marcelina Tax Sapón
Julio César Recinos Artero

Resumen: El incremento de la demanda mundial de biocombustibles genera un sector atractivo para la inversión. Los países en vías de desarrollo son considerados como los productores potenciales de aceite de palma. A pesar de los beneficios económicos, la expansión de la palma tiene efectos directos e indirectos en los usos y las coberturas de la tierra, por lo que es importante determinar el grado de su efecto. El objetivo de este estudio es determinar los cambios y los efectos de la expansión de la palma hacia las demás coberturas del departamento de Atlántida en el período 2010-2030. Para modelar los cambios a futuro se utilizó la metodología CLUE. Seguidamente se cuantificó los cambios y las transiciones entre las categorías con la metodología propuesta por Pontius. Finalmente, se evaluó la distribución espacial de cambios a través de los índices de fragmentación en los dos años de estudio por medio del software FRAGSTAT. Los resultados para el 2030 indican cambios relevantes en las categorías de la ganadería extensiva con 12.1%, la palma africana con 2.6% y el bosque latifoliado con 1.0%. Así mismo, la ganadería extensiva reduciría su cobertura y aumentaría su nivel de fragmentación a causa del crecimiento de la palma. Por otro lado, el bosque latifoliado de las áreas protegidas sería beneficiado, si se cumplen las políticas de restricción, ya que el área fragmentada volvería a unirse.

Palabras clave: Cambio de uso de la tierra, CLUE, FRAGSTAT, planificación.

Abstract: The increase in global biofuel demand generates an attractive sector for investment. The developing countries are considered as potential producers of palm oil. In addition to economic benefits, African palm expansion has direct and indirect effects on land use and land cover, so it is important to determine the dimension of its impact. The aim of this study is to determine the potential impacts of expansion of African palm in the Atlántida department of Honduras over the period 2010–2030. To model future changes, we used “Change of Land Use and its Effect” (CLUE) methodology. We quantified changes and transitions between categories with the methodology proposed by Pontius. Finally, we evaluated spatial distribution of changes through fragmentation rates in 2010 and in 2030 with FRAGSTAT software. The results for the year 2030 show significant changes in the categories of livestock grazing with 12.1%, African palm with 2.6%, and broadleaf forest with 1.0%. Cattle grazing will reduce its coverage and increase its level of fragmentation due to expansion of palm. On the other hand, broadleaf forest in protected areas would be benefited, if restriction policies are fulfilled, due to reduced fragmentation. It is imperative to establish mechanisms to ensure compliance with the Protected Areas Act in order to accomplish the proposed scenarios.

Key words: CLUE, FRAGSTAT, land use change, planning.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
4 CONCLUSIONES	17
5 RECOMENDACIONES	18
6 LITERATURA CITADA.....	19
7 ANEXOS	21

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Matriz de tabulación cruzada para comparar los usos y las coberturas de la tierra en dos tiempos.	5
2. Transiciones sistemáticas significativas en función de las ganancias con base en el escenario desarrollado para el período 2010 a 2030.	10
3. Cambios del uso y la cobertura de la tierra con base en el escenario desarrollado en el período 2010 al 2030 en términos de porcentaje.	11
4. Transiciones sistemáticas significativas entre categorías de los usos y las coberturas de la tierra en función de las ganancias.	12
5. Tasa de pérdidas sistemáticas significativas de los usos y coberturas de la tierra.	13

Figuras	Página
1. Ubicación espacial del departamento de Atlántida en el norte de Honduras.	3
2. Usos de la tierra con base en el escenario del departamento de Atlántida, Honduras para el año 2030.	9
3. Porcentaje del parche mayor en el paisaje por categorías de los usos y la cobertura de la tierra (LPI).	13
4. Índice de dimensión fractal por categoría del uso y la cobertura de la tierra (FRACT MN).	14
5. Número de parches presentes en el paisaje por categoría del uso la cobertura de la tierra (NP) y densidad de parches (PD).	15
6. Porcentaje de entrelazado de cada categoría del uso y cobertura de la tierra (IJI).	16

Anexos	Página
1. Integración de insumos y metodologías utilizadas para la elaboración del escenario de expansión del cultivo de palma africana en la costa de norte de Honduras.....	21
2. Tabla de requerimiento de área por año de cada categoría del uso y la cobertura de la tierra en el departamento de Atlántida.....	22
3. Valores betas significativos en la regresión logística binaria de la integración de factores de cambio y las categorías del uso y la cobertura de la tierra.....	23
4. Matriz de conversión entre los usos y las coberturas de la tierra del departamento de Atlántida.....	24
5. Tabla de elasticidades de conversión de los usos y las coberturas de la tierra en el departamento de Atlántida.....	24
6. Métricas utilizadas en el análisis de fragmentación y sus unidades.....	24
7. Resultados del análisis de fragmentación del paisaje por categoría del departamento de Atlántida para los años 2010 y 2030.....	25

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la demanda de los biocombustibles a nivel mundial, ha creado un mercado atractivo para la inversión. Las predicciones acerca de la demanda por parte de Europa, estiman que crecerá un 85% para el período 2011-2020. Los países en desarrollo son considerados como productores potenciales de aceite para los dos consumidores más grandes del mundo, Estados Unidos y Europa (OCDE/FAO 2011). Así la producción de aceite se convierte en una inversión rentable para los países en vías de desarrollo dependientes del sector agrícola.

La costa norte de Honduras por su clima tropical con temperaturas entre 25 y 28 °C y precipitaciones de 2,000-3,000 mm anuales, es un área ideal para promover el cultivo de palma. Por esta razón el Estado mediante el decreto No. 285-2005 aprobó un préstamo en el 2005 con fondos del BCIE por US\$ 7 millones para el Programa de Desarrollo Agroempresarial para Pequeños y Medianos Productores de Palma Africana (SEFIN s.f.). Estos proyectos, sumados al sector empresarial, han colocado a Honduras para el 2011, en el quinto lugar a nivel mundial en la producción de aceite de palma (FAOSTAT 2013).

El cultivo de palma representa un porcentaje importante en el aporte al producto interno bruto del país. Pero la falta y el incumplimiento de políticas de ordenamiento territorial producen efectos negativos en el ambiente y la estructura agraria del país (Razo *et al.* 2007). En los últimos años la costa norte, ha perdido cerca de 90% de los humedales, lo cual genera incertidumbre respecto a la dinámica de expansión del cultivo y sus efectos futuros en la cobertura de la tierra (Craven 2010 & Carrasco *et al.*s.f.).

Las plantaciones de palma contribuyen directa e indirectamente al cambio de la cobertura de la tierra. De manera directa se da la deforestación para el establecimiento de nuevas plantaciones, aunque es difícil cuantificar la afectación atribuida al cultivo de la palma (Fitzherbert *et al.* 2008). Así mismo, la palma afecta de manera indirecta con el desplazamiento de cultivos para la producción de alimentos (Koh *et al.* 2008).

Los incentivos a la adopción del cultivo de palma, pueden afectar a los bosques, la biodiversidad y las estrategias para la conservación del medio ambiente. El costo de oportunidad para la adopción de pagos por servicios ambientales puede aumentar sustancialmente, lo cual reduce la implementación por los gobiernos, las empresas y los propietarios que invierten en la conservación (Koh y Ghazoul 2008).

Es importante obtener información sobre la futura dinámica de los cambios en los usos y las coberturas de la tierra, tanto si los patrones de crecimiento siguen la tendencia actual o se establecen medidas regulatorias con base en las potencialidades del lugar. La

información resultante del escenario aporta para una visión más amplia en la toma de decisiones para la planificación.

La información generada en este estudio es de gran utilidad para que las instituciones estatales promuevan la implementación de estrategias de conservación en áreas con alto valor ambiental. Además aporta información para la creación de políticas que regulen la expansión del cultivo de palma africana en la región, como un aporte al cumplimiento del lineamiento estratégico del plan de nación de Honduras 2010-2022 de Desarrollo Regional, Recursos y Ambiente (SEPLAN 2012).

Objetivos

- Desarrollar un escenario de expansión de la palma africana y su relación con los diferentes usos y coberturas en el período 2010-2030.
- Cuantificar los cambios en las categorías de uso y cobertura de la tierra generados para el período de estudio.
- Evaluar el estado de fragmentación del paisaje en el período de estudio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área bajo estudio comprende el departamento de Atlántida ubicado en la región del Valle de Leán, al norte de Honduras, caracterizado por su clima tropical con temperaturas entre 25 y 28 °C y precipitaciones de 2,000 - 3,000 mm anuales. El valle de Leán está dividido en tres regiones naturales denominadas: llanura costera, zona intermedia de laderas y zona montañosa. Estas regiones difieren en la elevación, la pendiente y el tipo de suelo, características que determinan en gran medida los cultivos que se desarrollan en cada zona (Sanders *et al.* 2011).

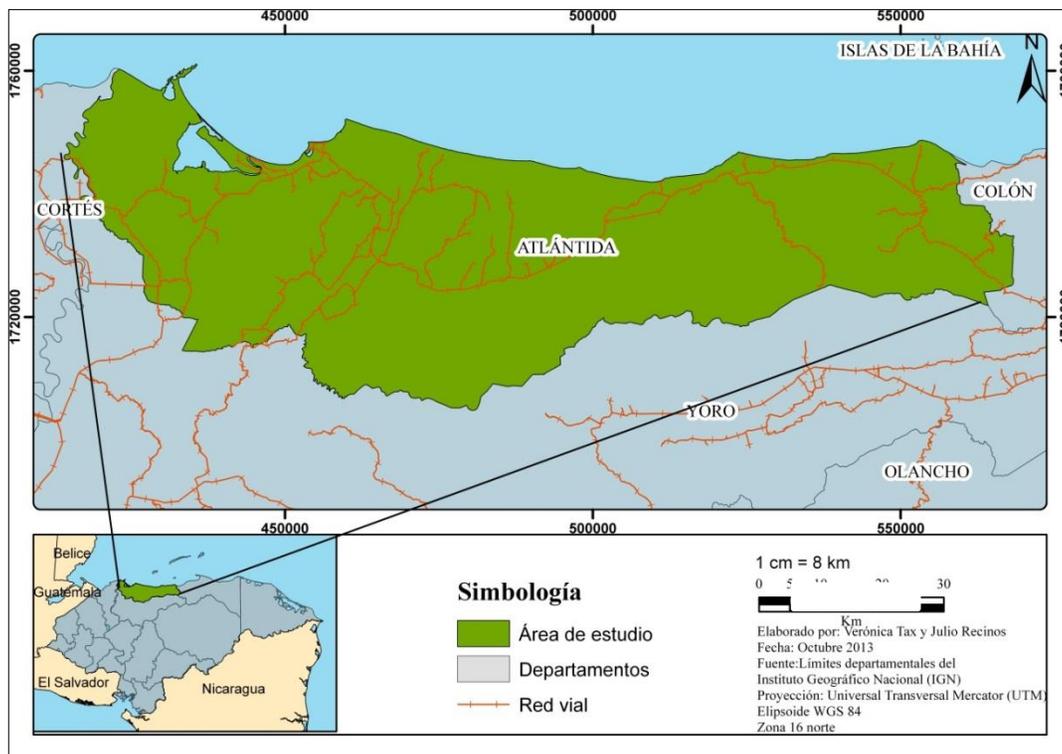


Figura 1. Ubicación espacial del departamento de Atlántida en el norte de Honduras.

El departamento de Atlántida tiene elevaciones desde 0 a 2,460 msnm. Los rangos de pendiente predominantes son de 0 a 12% y 25 a 50% que representan el 37.8% y 24.9% del área total respectivamente. Los tipos de suelos presentes son: suelos aluviales, arenas de playas, suelo de los valles, suelos Yaruca, pantanos y ciénagas, suelos Toyos y suelos Tomalá (IGN 1999). Los usos y las coberturas de la tierra predominantes en el área son: ganadería extensiva, bosque latifoliado, matorrales y palma africana con 34.2%, 31.3%, 11.1% y 9.7% respectivamente. Sin embargo, el cambio de la cobertura y el uso del área es influenciado directamente por las actividades antropogénicas.

Se utilizó información geográfica de los usos y las coberturas de la tierra, la temperatura, la precipitación, la humedad relativa, la elevación, la pendiente, la red vial, la red hídrica, la densidad poblacional, los suelos y las áreas protegidas. Para el procesamiento de la información geográfica se utilizó el programa ArcGis, para realizar las simulaciones de los cambios a futuro la interface de “Changes Land Use and its Effects” (CLUE) y el “Spatial Pattern Analysis Program” (FRAGSTAT versión 4.1) para evaluar el nivel de fragmentación del paisaje.

Se implementaron tres metodologías: CLUE para modelar los escenarios a futuro, matrices de transiciones de Pontius para analizar los cambios e indicadores de fragmentación para evaluar el estado del paisaje. La integración de metodologías, los insumos y productos obtenidos se describen en el Anexo 1.

El CLUE es un modelo que sirve para predecir el cambio en la distribución de las categorías del uso y la cobertura de la tierra en un período de tiempo determinado. Su estructura se divide en un módulo no espacial y un módulo espacial. El primer módulo calcula el cambio del área para cada categoría, que está influenciado por las determinantes de usos futuros. El segundo módulo realiza la distribución resultante del módulo no espacial en base a los parámetros establecidos (Verburg 2010).

Se elaboró una tabla de demanda que describe el requerimiento de área por año de cada categoría de cobertura de la tierra. El insumo de la tabla de demanda fue el mapa de las coberturas del año 2010, como año base para el cálculo de los posteriores años y el requerimiento del área de cada categoría se proyectó con base a las tasas de crecimiento de cada categoría registrado en años anteriores, tomado de la recopilación de datos hecha por el proyecto PROCORREDOR (Sanders *et al.* 2011) (Anexo 2).

La ubicación de una categoría es influenciada por los factores que determinan la aptitud para esta. La influencia de cada factor en la aptitud del área para una cobertura determinada se calculó a través de una regresión logística binaria en el programa “Predictive analytics software and solutions” (SPSS versión 19®). Para ello se realizó un mapa binario de cada categoría, donde se asignó un valor de 1 a la ocurrencia y 0 donde no ocurre la categoría. Posteriormente se integraron y analizaron los mapas binarios y los mapas de factores para calcular el valor beta y el coeficiente de cada categoría, el cual representa el peso de ocurrencia (McLean 2010).

El criterio para discriminar qué pesos de ocurrencia son utilizados en el CLUE se basó en el análisis de la curva ROC. En el cual el área bajo la curva debió ser mayor a 0.75, aunque se aceptan valores mayores de 0.5. Los valores menores indican que los factores no son buenos predictores. El criterio de selección de los factores que influyen en la ocurrencia de una categoría fue a través del nivel de significancia de menor o igual a 0.05, factores con valores mayores a estos fueron excluidos del análisis (McLean 2010) (Anexo 3).

La conversión de una categoría a otra no siempre es posible ya que ellas siguen una secuencia de transición. La matriz de conversión es una tabla que indica la posibilidad de conversión de una categoría a otra (Verbug 2010). En esta matriz se colocó las categorías en dos ejes y en cada intersección se asignó un valor de 1 si es permitido y 0 si no es permitido el cambio (Anexo 4).

Para indicar la facilidad en los recursos y el tiempo que necesita una categoría para cambiar a otra se elaboró una tabla de elasticidades de conversión. El valor de elasticidad de una categoría varía de 0 a 1, entre más alto sea el valor, indica que es más difícil que se genere el cambio (Verburg 2010) (Anexo 5).

Finalizado la preparación de los insumos requeridos en el módulo de distribución no especial, se integraron los insumos en los formatos requeridos por el CLUE, que realiza un proceso iterativo para la simulación del cambio de la categoría en el período de un año. El resultado de este proceso muestra la distribución de las categorías. El mapa final es el resultado del escenario propuesto con base en los parámetros establecidos.

Las transiciones de Pontius (Pontius *et al.* 2004) proponen una metodología para detectar los cambios del uso y la cobertura de la tierra en dos fechas, el cual toma en cuenta la persistencia del paisaje como factor determinante de los cambios. Además de los cambios generales se pueden calcular los cambios totales que están representados por las pérdidas, las ganancias, el cambio neto, el intercambio y las transiciones sistemáticas significativas entre categorías sistemáticas (Manueles 2009).

En la matriz de tabulación cruzada (Cuadro 1) las filas indican las categorías del tiempo uno y las columnas muestran las categorías del tiempo dos. La notación P_{ij} indica la proporción del paisaje que experimenta una transición de la categoría i a la categoría j , donde el número de categorías es J . Los valores en la diagonal indican la persistencia, así P_{jj} denota la proporción del paisaje que persiste de la categoría j . Los valores por debajo y por encima de la diagonal indican la transición de cada categoría i a las diferentes categorías j . En la columna total la notación P_{i+} indica la proporción del paisaje de la categoría i en el tiempo uno, siendo la sumatoria sobre todos los j de P_{ij} . En la fila total la notación P_{+j} indica la proporción del paisaje en la categoría j en el tiempo dos, siendo la sumatoria sobre todos los i de P_{ij} . La columna de pérdidas indica la proporción del paisaje que experimenta pérdidas en la categoría i entre el tiempo uno y el tiempo dos. La fila de ganancias indica la proporción del paisaje que experimenta ganancias de la categoría j entre el tiempo uno y el tiempo dos.

Cuadro 1. Matriz de tabulación cruzada para comparar los usos y las coberturas de la tierra en dos tiempos.

		Tiempo 2 (j)					
		Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría n	Total T ₁	Pérdidas
Tiempo 1 (i)	Categoría 1	$P_{jj(11)}$	P_{i1j2}	P_{i1j3}	P_{i1jn}	P_{i1+}	$P_{i+1} - P_{jj(11)}$
	Categoría 2	P_{i2j1}	$P_{jj(22)}$	P_{i2j3}	P_{i2jn}	P_{i2+}	$P_{i+2} - P_{jj(22)}$
	Categoría 3	P_{i3j1}	P_{i3j2}	$P_{jj(33)}$	P_{i3jn}	P_{i3+}	$P_{i+3} - P_{jj(33)}$
	Categoría n	P_{inj1}	P_{inj2}	P_{inj3}	$P_{jj(nn)}$	P_{in+}	$P_{i+n} - P_{jj(nn)}$
	Total T ₂	P_{+j1}	P_{+j2}	P_{+j3}	P_{+jn}	1	
	Ganancias	$P_{+j1} - P_{jj(11)}$	$P_{+j2} - P_{jj(22)}$	$P_{+j3} - P_{jj(33)}$	$P_{+jn} - P_{jj(nn)}$		

Fuente: adaptado de Pontius *et al.* 2004.

Las ganancias son la diferencia entre el total y la persistencia de la categoría descrita en cada columna (ecuación 1).

$$G_{ij} = P_{+j} - P_{jj} \quad [1]$$

donde:

G_{ij} indica la proporción del paisaje que experimenta ganancia bruta de la categoría j entre el tiempo uno y tiempo dos

Las pérdidas son la diferencia entre el total y la persistencia que se encuentra en cada categoría descrita en cada fila (ecuación 2).

$$L_{ij} = (P_{i+} - P_{jj}) \quad [2]$$

donde:

L_{ij} indica la proporción del paisaje que experimenta pérdida bruta de la categoría i entre el tiempo uno y tiempo dos.

El cambio neto indica un cambio definitivo en el paisaje y es representado por la diferencia entre el tiempo uno y el tiempo dos. Este cambio se obtiene del valor absoluto de la diferencia entre la ganancia y la pérdida (ecuación 3).

$$D_j = \text{MAX}(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) - \text{MIN}(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) = |P_{+j} - P_{j+}| \quad [3]$$

donde:

D_j indica el valor absoluto del cambio neto de la categoría j , resultado del máximo de la ganancia y pérdida menos el mínimo de la ganancia y la pérdida.

El intercambio es el cambio de ubicación geográfica de una categoría (ecuación 4).

$$S_j = 2 \times \text{Min}(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) \quad [4]$$

donde:

S_j indica la cantidad de intercambio de cada categoría j , como dos veces el mínimo de las ganancias y pérdidas.

El cambio total está expresado por la suma de las ganancias y pérdidas de cada categoría o por la suma del cambio neto y el intercambio de cada categoría (ecuación 5).

$$C_j = D_j + S_j \quad [5]$$

donde:

C_j indica el cambio total de cada categoría, denotado por la sumatoria del intercambio y cambio neto

El cambio total en el paisaje es igual a las ganancias totales de las categorías individuales y las pérdidas totales de las categorías individuales. El cambio neto total y el intercambio total es igual a la mitad de la sumatoria de los valores en cada categoría. Esto se debe a que el cambio

en el paisaje es contabilizado como ganancia en una categoría y como pérdida en otra, por lo tanto el cambio total es la mitad de los cambios observados en cada categoría.

El análisis de la detección de los cambios de la tierra al tomar en cuenta la persistencia del paisaje, permite conocer las transiciones de los cambios más importantes generados en el período de la modelación. El análisis se debe interpretar como transiciones relativas a los tamaños de cada categoría. Estas se determinan al examinar las transiciones fuera de la diagonal en la tabla de transición, que representa la persistencia observada. Para determinar las transiciones entre las categorías es necesario determinar los cambios esperados.

Los valores esperados en función de las ganancias asumen que la ganancia de cada categoría y la proporción de cada categoría en el tiempo dos es fija y distribuye la ganancia alrededor de las otras categorías de acuerdo a la proporción relativa de las otras categorías en el tiempo uno. Estos valores esperados representan un proceso aleatorio de ganancia porque una categoría que gana sustituirá a otras categorías en proporción a como estas categorías cubren el paisaje en el tiempo uno, si la sustitución de las categorías es aleatoria (ecuación 6).

$$G_{ij} = (P_{+j} - P_{jj}) \left(\frac{P_{i+}}{\sum_{i=1, i \neq j}^J P_{i+}} \right) \quad [6]$$

donde:

G_{ij} distribuye la ganancia en cada categoría entre las entradas fuera de la diagonal dentro de la columna.

Los valores esperados en función de las pérdidas asumen que la pérdida de cada categoría es fija y luego distribuye las pérdidas alrededor de las otras categorías de acuerdo a la proporción relativa de las otras categorías en el tiempo dos. Los valores esperados representan un proceso aleatorio de pérdida porque cuando una categoría pierde, estas pueden sustituir a otras categorías en proporción a como estas categorías representaban su cobertura en el tiempo dos (ecuación 7).

$$L_{ij} = (P_{i+} - P_{ii}) \left(\frac{P_{+j}}{\sum_{i=1, j \neq i}^J P_{+j}} \right) \quad [7]$$

donde:

L_{ij} distribuye la pérdida en cada fila entre las entradas fuera de la diagonal dentro de cada fila. Los valores esperados en las entradas de la diagonal son iguales a lo observado para mantener constante el valor de la persistencia.

La significancia está dada por la diferencia de lo observado y lo esperado con base en la magnitud del valor esperado. Estos valores son análogos a un enfoque de chi-cuadrado. Donde la proporción esperada del paisaje que experimenta una transición de la categoría i a una categoría j debido al azar es P_{i+} veces P_{+j} .

Los resultados de la modelación de los escenarios se analizaron con el programa FRAGSTATS. Este programa es utilizado en el análisis del estado de la fragmentación y la cuantificación de la estructura del paisaje a través de los patrones de paisaje. Fue desarrollado por Kevin McGarigal y Bárbara Marks de la Universidad Estatal de Oregon.

El programa realiza un análisis de la estructura del sitio, a nivel del parche, la clase y el paisaje. Cada nivel considera una serie de métricas las cuales son seleccionadas con base al objetivo de este estudio. Se realizó el análisis a nivel de la clase y el paisaje ya que determina el nivel de fragmentación del área. Las métricas evaluadas son las siguientes: índice de parche mayor (LPI), número de parches (NP), densidad de parches (PD), índice de dimensión fractal (FRACT) e índice de entrelazado y yuxtaposición (IJI).

Índice de parche mayor (LPI): calcula el porcentaje que cubre el parche más grande en el área total del paisaje. Se le considera una métrica ideal para la comparación de años diferentes y así observar la evolución de los parches mayores en el paisaje (McGarigal y Marks 1994) (Anexo 7).

Número de parches (NP): determina el número de las subpoblaciones en una población parcialmente dispersa. Identifica la heterogeneidad que pueda tener un mosaico (McGarigal & Marks 1994). Si el valor de NP es 1 quiere decir que el paisaje consta de un solo parche.

Densidad de parches (PD): indica el número de parches por área, y permite la comparación de mosaicos con diferente tamaño y nivel de fragmentación (McGarigal & Marks 1994).

Índice de dimensión fractal (FRACT): identifica la forma de un paisaje, los valores cercanos a dos indica figuras más irregulares y los valores cercanos a uno indica figuras simples o regulares, como un cuadrado (Marín *et al.* 2008 y McGarigal & Marks 1995)

Índice de entrelazado y yuxtaposición (IJI): evalúa la adyacencia con los demás tipos de parche y calcula el nivel en el que se entrelazan los parches. Valores altos expresan que los parches están muy entrelazados o igualmente adyacentes entre sí (McGarigal & Marks 1994).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La modelación se realizó para un período de 20 años con el fin de evaluar los cambios que ocurrirían en 12 clases de cobertura de la tierra. El escenario tiene el supuesto de: ¿Qué pasaría si continúa la tendencia actual de expansión del cultivo de palma africana al tomar como principal restricción las áreas protegidas en su totalidad? Los porcentajes de crecimiento de cada categoría en el análisis se obtuvieron de la recopilación de datos realizada por el proyecto PROCORREDOR (Sanders *et al.* 2013)

El resultado para el 2030 indica que existiría un incremento en la palma africana en los alrededores de las plantaciones existentes en el 2010. La ganadería extensiva disminuiría su cobertura general, además tendría un desplazamiento y concentración principalmente en los municipios de Arizona y Jutiapa. El bosque latifoliado no tendría cambios relevantes debido a la restricción colocada en el escenario (Figura 2).

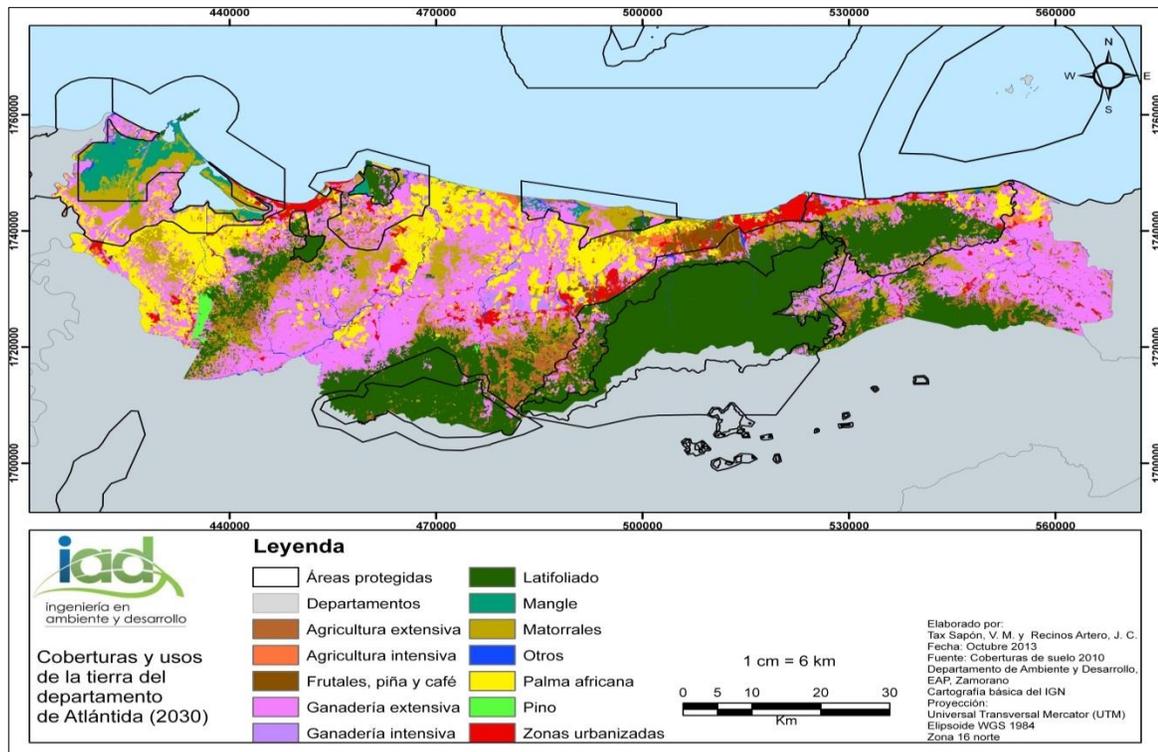


Figura 2. Usos de la tierra con base en el escenario del departamento de Atlántida, Honduras para el año 2030.

La palma africana tendría un incremento de 2.6% del paisaje, la ganadería extensiva disminuiría 3.3% y 1.0% el bosque latifoliado. Además es importante mencionar que en las categorías restantes no se tendrían cambios relevantes en el período de estudio. La falta de cambios relevantes en esas

categorías no indica que el modelo sea un mal predictor del cambio. Los modelos con cambios nulos o insignificantes son más aceptados que los modelos que presentan cambios relevantes, ya que las respuestas correctas se deben a la persistencia del paisaje entre el año base y futuro de la modelación (Pontius *et al.* 2004).

En los resultado de la matriz de tabulación cruzada (Cuadro 3) las primeras dos columnas muestran el porcentaje de distribución de cada categoría en el paisaje. Las siguientes dos muestran los cambios con base en las ganancias y las pérdidas, las siguientes columnas explican si los cambios son netos o se dan por intercambios y las dos últimas columnas explican el cambio total y la persistencia de cada categoría a lo largo del periodo.

A nivel general los cambios obtenidos de la modelación, realizado por el CLUE, indican los cambios netos entre el período evaluado. El cambio total de la ganadería extensiva sería de 12.1% de los cuales 8.9% se debe a un proceso de intercambio y el 3.3% por un cambio neto, ya sea por ganancia o pérdida. Además el 26.5% del área del 2010 persistiría para el año 2030.

En cuanto a la expansión de la palma africana se esperarí un cambio total de 2.6%, este se explica principalmente por un proceso de ganancias. En la categoría de agricultura extensiva, el cambio total estaría distribuido en 4.2% de intercambio y 0.5% de cambio neto. En matorrales se puede observar que el cambio total estaría dado por 3.5 % de intercambio.

En las transiciones sistemáticas significativas, la categoría de agricultura extensiva tendría una ganancia observada de 3.2 veces más de lo que se esperarí. Le sigue la ganadería extensiva con una ganancia de 1.5 veces más de lo esperado. Para la palma africana se observa que su crecimiento se diferenciarí solo por 0.3 veces más de lo esperado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Transiciones sistemáticas significativas en función de las ganancias con base en el escenario desarrollado para el período 2010 a 2030.

Categorías	Observada (%)	Esperada (%)	Tasa
Agricultura extensiva	2.57	0.61	3.19
Ganadería extensiva	4.43	1.76	1.51
Agricultura intensiva y banano	0.24	0.18	0.35
Ganadería intensiva	0.15	0.12	0.27
Palma	2.60	2.07	0.26
Zona Urbana	0.71	0.65	0.09
Matorrales	1.74	1.64	0.06

Cuadro 3. Cambios del uso y la cobertura de la tierra con base en el escenario desarrollado en el período 2010 al 2030 en términos de porcentaje.

Categoría	Superficie 2010	Superficie 2030	Ganancias	Pérdidas	Cambio Neto	Intercambio	Cambio Total	Persistencia
Mangle	2.39	2.38	0	0.01	0.01	0	0.01	2.38
Latifoliado	31.3	30.26	0	1.04	1.04	0	1.04	30.26
Agricultura extensiva	3.7	4.19	2.57	2.08	0.49	4.16	4.65	1.62
Ganadería extensiva	34.18	30.93	4.43	7.68	3.25	8.85	12.1	26.51
Matorrales	11.14	11.08	1.74	1.8	0.05	3.49	3.54	9.34
Zona urbana	3.15	3.86	0.71	0	0.71	0	0.71	3.15
Frutales, piña y café	1.34	1.49	0.15	0	0.15	0.01	0.16	1.34
Ganadería intensiva	0.56	0.71	0.15	0	0.15	0	0.15	0.56
Agricultura intensiva y banano	0.83	1.08	0.24	0	0.24	0	0.24	0.83
Palma	9.71	12.31	2.6	0	2.6	0	2.6	9.71
Otros	1.4	1.4	0	0	0	0	0	1.4
Pino	0.3	0.31	0.01	0	0.01	0	0.01	0.3
Total	100	100	12.6	12.6	4.35	8.25	12.6	87.4

De acuerdo a las ganancias obtenidas, la ganadería extensiva sería reemplazada por siete categorías en el 2030. Las principales transiciones se darían en las categorías de la agricultura extensiva a la ganadería extensiva a una tasa de 6.0 veces más de lo esperado, de la ganadería extensiva a la agricultura extensiva a una tasa de 1.8 veces más de lo esperado y de la ganadería extensiva a la palma africana a una tasa de 1.5 veces más de lo esperado (Cuadro 4).

Cuadro 4. Transiciones sistemáticas significativas entre categorías de los usos y las coberturas de la tierra en función de las ganancias.

Año 2010	Año 2030	Tasa de ganancia	Observado- esperado (%)	Interpretación de la transición sistemática
Agricultura extensiva	Ganadería extensiva	5.98	1.49	Cuando ganadería extensiva, matorrales, zona urbana, frutales, piña y café ganen, estas reemplazarían a la agricultura extensiva
	Matorrales	1.96	0.14	
	Zona Urbana	0.30	0.01	
	Frutales, piña, café	0.62	0.00	
Ganadería extensiva	Agricultura extensiva	1.82	1.66	Cuando agricultura extensiva, matorrales, zona urbana, frutales, piña, café; ganadería intensiva, agricultura intensiva, banano y palma africana ganen, estas reemplazarían a la ganadería extensiva
	Matorrales	1.28	0.86	
	Zona Urbana	1.46	0.36	
	Frutales, piña, café	0.93	0.05	
	Ganadería intensiva	1.87	0.10	
	Agricultura intensiva, banano	1.87	0.16	
Matorrales	Palma africana	1.51	1.49	Cuando ganadería extensiva, frutales, piña, café y pino gana, estas reemplazarían a los matorrales
	Ganadería extensiva	1.27	0.95	
	Frutales, piña, café	1.04	0.02	
	Pino	6.98	0.01	

La disminución de la ganadería extensiva y el incremento de la palma africana en la zona de estudio tiene relación a la tendencia de los resultados encontrados en un estudio realizado para PROCORREDOR, también se reporta una disminución en la categoría de bosque latifoliado (Sanders *et al.* 2011). La disminución de bosque latifoliado, en este estudio no se ve reflejada en los resultados dado que existe una restricción al crecimiento de la palma africana u otra cobertura de agricultura y ganadería en las áreas protegidas.

Es evidente que cuando unas categorías ganan, estas reemplazan a otras por lo que reducen su cobertura. Las pérdidas que se generan también se distribuyen según los tamaños relativos de cada categoría. Entre las categorías que sufren las pérdidas, las más relevantes son la agricultura extensiva con una tasa de 3.4 veces más de lo esperado y la ganadería extensiva con una tasa de 1.6 veces más de lo esperado (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tasa de pérdidas sistemáticas significativas de los usos y coberturas de la tierra.

Categorías	Observada (%)	Esperada (%)	Tasa de pérdida
Agricultura extensiva	2.08	0.48	3.37
Ganadería extensiva	7.68	3.01	1.55
Matorrales	1.80	1.51	0.19

El análisis de las transiciones sistemáticas permite identificar los procesos de los cambios entre las categorías, cuantificar los porcentajes y la distribución de los cambios. Los procesos de cambios de las categorías generan información útil para entender el proceso de transición, sin embargo, para identificar los efectos que estos cambios pueden ocasionar es necesario tomar en cuenta como es la distribución geográfica de los cambios. El análisis de la fragmentación contribuye a determinar cómo sería la distribución de estos cambios.

En el 2010 la ganadería extensiva tuvo el parche con el mayor porcentaje de área (17.9%), dicha categoría reduciría su tamaño de parche a 6.2% en 2030. Con esta reducción la categoría de bosque latifoliado se convertiría en el parche de mayor tamaño en el 2030, debido a una reducción de solo 0.03% (Figura 3).

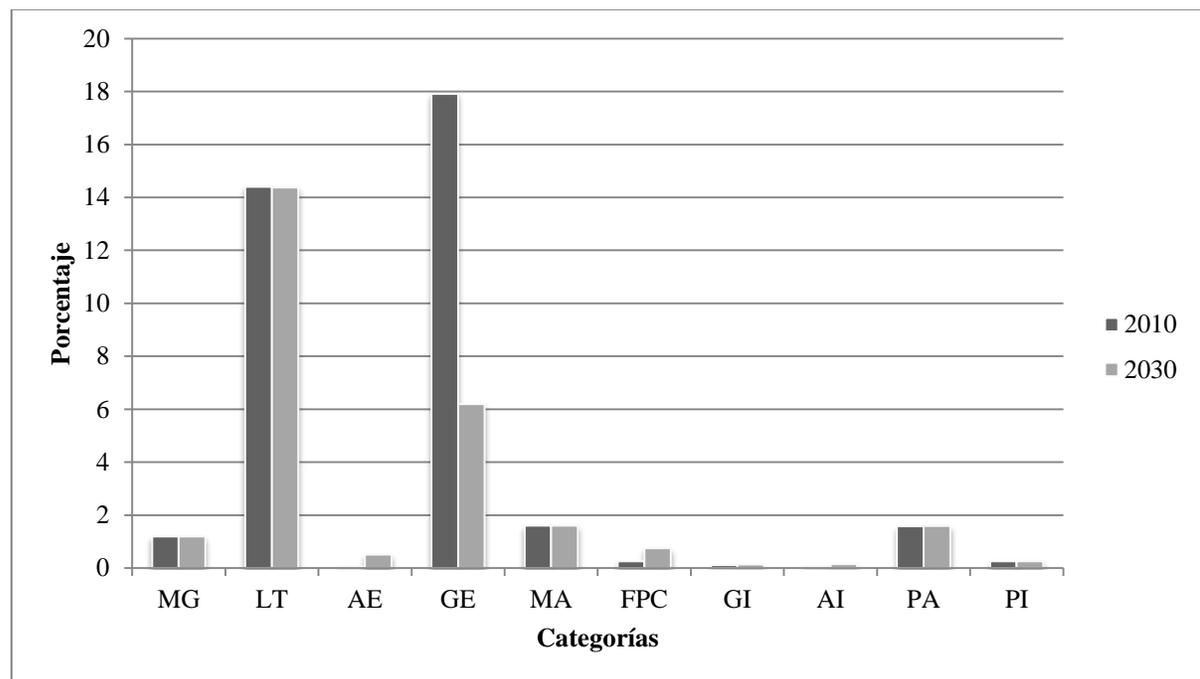


Figura 3. Porcentaje del parche mayor en el paisaje por categorías de los usos y la cobertura de la tierra (LPI).

MG= manglar; LT= bosque latifoliado; AE= agricultura extensiva; GE= ganadería extensiva; MA= matorrales; FPC= frutales, piña y café; GI= ganadería intensiva; AI= agricultura intensiva; PA= palma africana; PI= bosque de pino.

El mismo índice LPI, indica que la palma africana aumentaría 0.01%, esto significa un crecimiento de tamaño similar al de los parches existentes en el 2010, aún con un aumento en el porcentaje de cobertura en el paisaje. La disminución del tamaño del parche de la ganadería

extensiva se traduce como una redistribución de su área. Esto es un reflejo del cambio neto e intercambio observado en la matriz de transición significativa donde se observa que esta categoría sufre los mayores cambios por otras categorías.

El índice de dimensión fractal medio (FRACT MN) se reduciría para todas las coberturas analizadas. La ganadería extensiva tendría la mayor reducción de este índice, seguido del bosque de pino y los matorrales (Figura 4). Esta reducción evidenciaría el avance de la frontera agrícola (especialmente las plantaciones de palma africana) que sustituirían a esta categoría, ya que los valores cercanos a uno indican parches con formas más simples o simétricos (Guevara 2009).

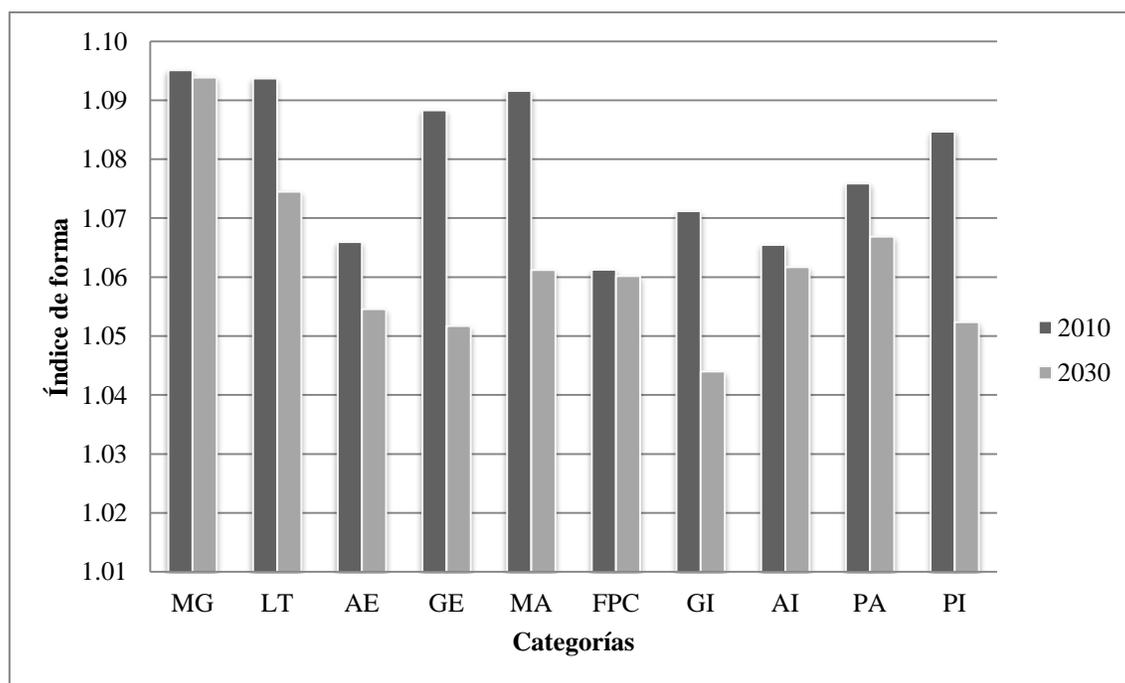


Figura 4. Índice de dimensión fractal por categoría del uso y la cobertura de la tierra (FRACT MN).

MG= manglar; LT= bosque latifoliado; AE= agricultura extensiva; GE= ganadería extensiva; MA= matorrales; FPC= frutales, piña y café; GI= ganadería intensiva; AI= agricultura intensiva; PA= palma africana; PI= bosque de pino

En el año 2010 la agricultura extensiva tuvo el mayor número de parches con un total de 6,187. En el año 2030 los matorrales pasarían a ser la categoría de mayor número de parches, con un aumento de 93%. A diferencia de la palma africana incrementaría 35% su número de parches (Figura 5).

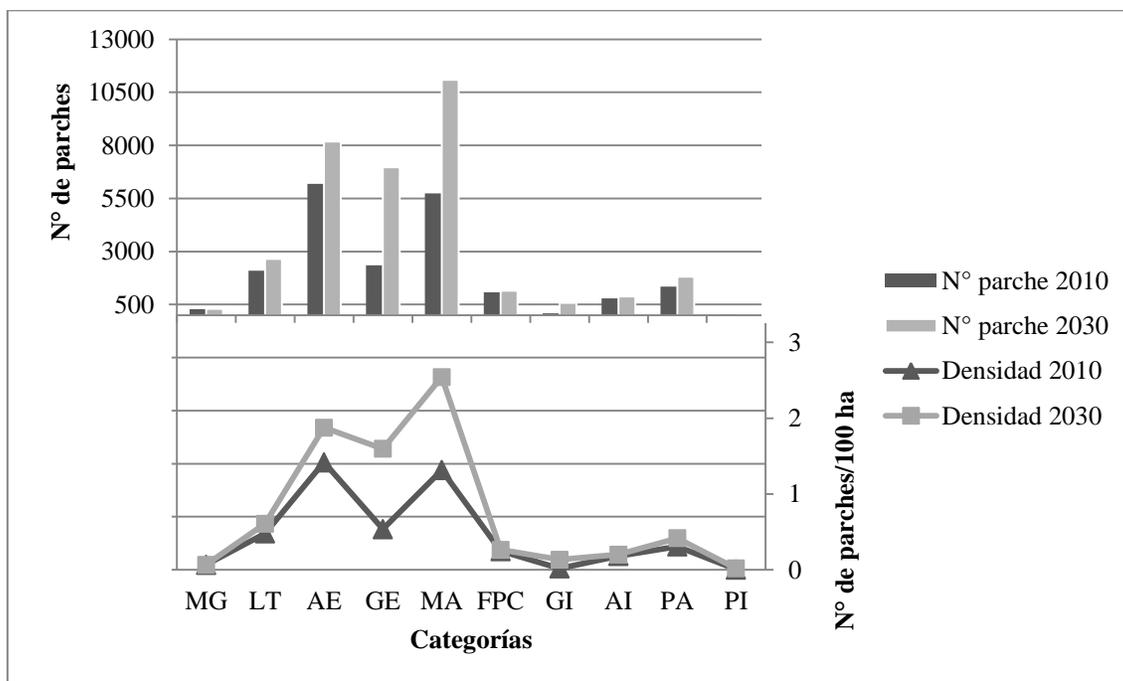


Figura 5. Número de parches presentes en el paisaje por categoría del uso la cobertura de la tierra (NP) y densidad de parches (PD).

MG= manglar; LT= bosque latifoliado; AE= agricultura extensiva; GE= ganadería extensiva; MA= matorrales; FPC= frutales, piña y café; GI= ganadería intensiva; AI= agricultura intensiva; PA= palma africana; PI= bosque de pino

En cuanto a la densidad y la distribución del número de parches de cada categoría se espera un comportamiento similar. Un aumento en la densidad reflejaría la disminución del tamaño de los parches en cada categoría, como ejemplo la ganadería extensiva se incrementaría aproximadamente tres veces su densidad, al mismo tiempo que tendría una reducción en el tamaño del parche mayor en el paisaje.

En relación al índice de entrelazado y yuxtaposición (IJI), la categoría de la ganadería intensiva se reduciría en 10.0% y la agricultura intensiva tendría un crecimiento de 7.6%. Para el resto de las coberturas se esperarían incrementos entre 1.0% a 5.0% (Figura 6). Estos cambios indican que para el año 2030, las coberturas que presentan aumentos del índice se encontrarían menos divididas entre ellas. Si la categoría de bosque latifoliado aumenta su índice sería el reflejo de una restauración en los niveles de la fragmentación.

La ganadería extensiva reduciría su índice debido al desplazamiento por la palma, lo que provoca mayores concentraciones en los municipios de Arizona y Jutiapa. Así mismo la palma tendría una leve reducción del IJI por la unión de las parcelas de producción, esto igualmente por el cambio neto en su crecimiento.

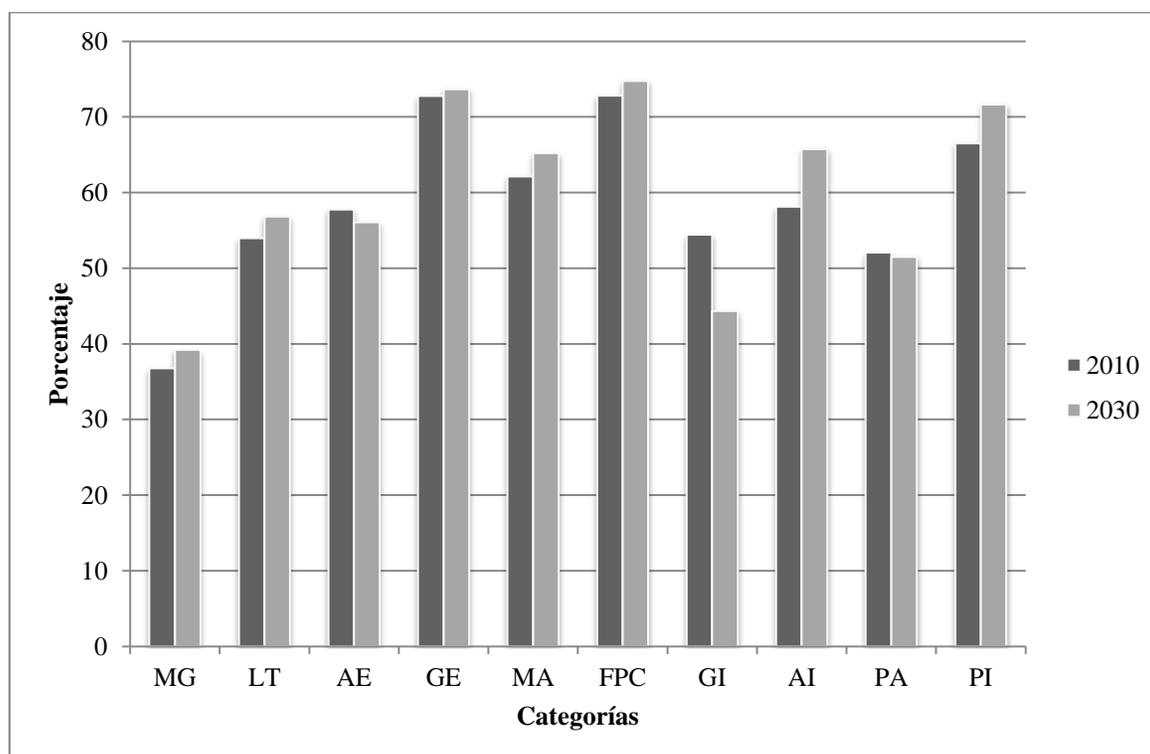


Figura 6. Porcentaje de entrelazado de cada categoría del uso y cobertura de la tierra (IJI).
 MG= manglar; LT= bosque latifoliado; AE= agricultura extensiva; GE= ganadería extensiva;
 MA= matorrales; FPC= frutales, piña y café; GI= ganadería intensiva; AI= agricultura
 intensiva; PA= palma africana; PI= bosque de pino

En el escenario con restricciones en las áreas protegidas, el aumento del índice de yuxtaposición se debe al cumplimiento de las normativas de las áreas protegidas. El bajo nivel de fragmentación indica que los bosques latifoliados no serían reemplazados por otras categorías. Con estos datos se pueden demostrar los beneficios de La Mesa Redonda del Aceite de Palma Sostenible (RSPO por sus siglas en inglés) (Craven 2010).

4. CONCLUSIONES

- Con base en el escenario propuesto se identificó que la palma africana podría llegar a ser la cobertura dominante en el paisaje, al desplazar principalmente a la categoría de la ganadería extensiva. Por otro lado la categoría de bosque latifoliado no sería desplazada por ninguna categoría si se cumpliesen las condiciones restrictivas establecidas.
- Los patrones de paisaje para la categoría de bosque latifoliado indicarían una restauración en su nivel de fragmentación, lo que contribuye a la conexión de los corredores biológicos. En cambio la ganadería extensiva podría fragmentarse, desplazarse y concentrarse principalmente en los municipios de Arizona y Jutiapa.
- Las plantaciones de palma africana tendrían cambios positivos en su crecimiento, a diferencia de las demás categorías, los cambios serían dinámicos en el tiempo, esto solo si se mantienen los actuales incentivos de producción de aceite para biocombustibles.
- Los cambios en los usos y las coberturas de la tierra no solamente se ven influenciados por los incentivos de la producción, sino también por los factores externos como el precio del petróleo, las inversiones extranjeras, la capacidad instalada del país en el recurso humano, físico, natural y tecnológico, así mismo la estabilidad política en el futuro.

5. RECOMENDACIONES

- La finalidad del estudio fue obtener información para la toma de decisiones, pero para tener un diseño de estrategias es necesario conocer la dinámica de los cambios de los usos y las coberturas de los departamentos productores de palma africana, por lo que se recomienda generar esta información para los departamentos de Colón y Yoro.
- El departamento de Atlántida tiene el clima y dos tipos de suelos adecuados para el desarrollo del cultivo de palma, sin embargo, es necesario generar información de referencia que indique los sitios óptimos de establecimiento de la palma, con base en los requerimientos agroclimáticos que permitan obtener los mejores rendimientos.
- El bosque latifoliado en su mayoría se encuentra inmerso en las áreas protegidas, con base en el escenario evaluado en este estudio se identificó el restablecimiento de la fragmentación, por lo que es importante crear mecanismos adecuados para el cumplimiento de la Ley de Áreas Protegidas que garantice la protección de los recursos con alto valor ambiental.

6. LITERATURA CITADA

Carrasco, J.C. y R. Flores. s.f. Inventario Nacional de Humedales de la República de Honduras. Publicado por Secretaria de Recursos Naturales (SERNA). 243 p.

Craven, C. 2010. The Honduran palm oil industry: Employing lessons from Malaysia in the search for economically and environmentally sustainable energy solutions. *Energy Policy* 39:6943-6950.

Fitzherbert, E.B., M.J. Struebig, A. Morel, F. Danielsen, C.A. Brühl, P.F. Donald y B. Phalan. 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity?. *Trends in Ecology and Evolution*. 23(10): 538-545.

FAOSTAT, 2013. Base de datos estadísticos. Aceite de palma (en línea). Consultado 3 de junio de 2013. Disponible en <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=en>.

Guevara Contreras, A.M. 2009. Análisis de fragmentación de los ecosistemas del Anticlinorio de Arteaga, Coahuila y Nuevo León. Tesis M.Sc. Monterrey, México. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 153 p.

IGN (Instituto Geográfico Nacional de Honduras). 1999. Clasificación de suelos según Simmons-Castellanos. Tegucigalpa. Honduras.

Koh, L.P., y J. Ghazoul 2008. Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities. *Biological Conservation* 141(10): 2450-2460.

Manueles, A. 2009. Cambios de uso de suelo y crecimiento urbano de la comunidad de Madrid en el período 2000-2006. Tesis M.Sc. Madrid, España. Universidad de Alcalá. 31p.

Marín Valencia, A.L., L.J. Toro Restrepo y S.I. Uribe Soto. 2008. Conectividad estructural del paisaje cafetalero del río San Juan, Suoeste Antioqueño, Colombia. *Bolentín de ciencias de la tierra* 23: 43-54.

Martinez Valladares, A.P. 2012. Análisis del estado actual de las áreas protegidas del corredor biológico del caribe hondureño (CBCH). Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF).

McGarrigal, K y B.J. Marks. 1994. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Oregon State University, Corvallis. 141 p.

McLean, D. 2010. Metodología GLOBIO y CLUE-S. Modelación del estado actual y futuro de la biodiversidad. Manual basado en la metodología de W. Van Rooij y P. H. Verburg. Tegucigalpa, Honduras. Editorial Demal. 107 p.

OCDE (Organisation for Economic Co-operation and Development) y FAO (Food and Agriculture Organization). 2011. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2011-2020. Trad. Gilda Margarita Moreno Manzur y Laura Milena Valencia Escobar. 227 p.

Pontius Jr, R. G., E. Shusas. M. McEachern. 2004. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 101: 251-268.

Razo, C; Astete-Miller, S; Saucedo, A. y Ludeña, C. 2007. Biocombustibles y su impacto potencial en la estructura agraria, precios y empleo en América Latina. Naciones Unidas 2007. Santiago de Chile. 47 p.

Sanders, A., D. McLean y A. Manueles. 2011. Modelación de Biodiversidad en el área de influencia del Proyecto PROCORREDOR. Informe de proyecto. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Tegucigalpa, Honduras.

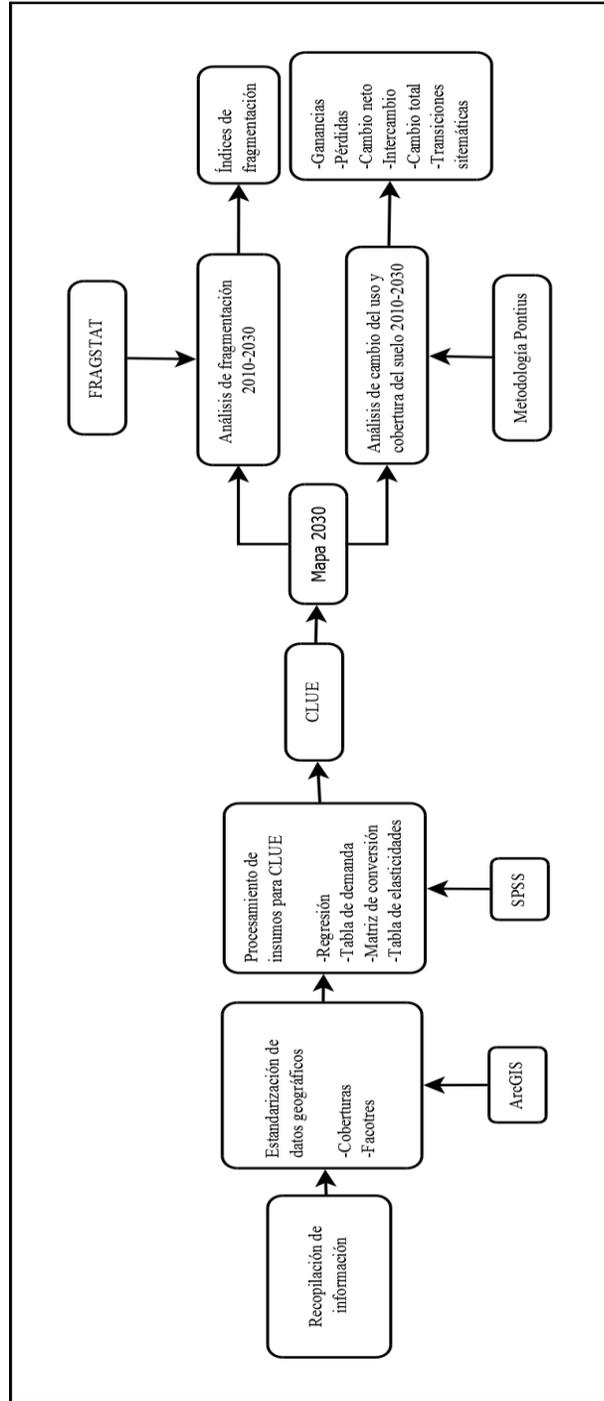
Sanders, A., D. McLean y A. Manueles. 2013. Assessment of Land Use Effect on Climate Change Sensitivity on the Northern Coastal Zone of Honduras. Zamorano University, Honduras.

Secretaria de Finanzas. s.f. Programa de Desarrollo Agroempresarial para Pequeños y Medianos Productores de Palma Africana: BCIE-1711 (en línea). Consultado el 2 de junio de 2013. <http://www.sefin.gob.hn/?p=3421>.

SEPLAN (Secretaría Técnica de Planificación y Cooperación Externa). 2012. Lineamientos Estratégicos (en línea). Consultado el 2 de junio de 2013. Disponible en <http://plandenacion.hn/lineamientos>.

Verburg, P. 2010. The CLUE Modelling Framework: The conversion of Land Use and Its Effects. Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam. 53 p.

Anexo 1 Integración de insumos y metodologías utilizadas para la elaboración del escenario de expansión del cultivo de palma africana en la costa de norte de Honduras.



7. ANEXOS

Anexo 2 Tabla de requerimiento de área por año de cada categoría del uso y la cobertura de la tierra en el departamento de Atlántida.

Cambios de cobertura por categoría												
MG	L	AE	GE	MA	ZU	FPC	GI	AIB	PA	O	PI	
2010	10421	136529	16160	149119	48590	13762	2431	3632	42342	6116	1296	
2011	10393	136303	16266	148410	48578	13916	2464	3822	42799	6116	1298	
2012	10365	136077	16372	147701	48566	14070	2497	3871	43396	6116	1299	
2013	10337	135851	16478	146992	48554	14224	2530	3920	43993	6116	1301	
2014	10311	135625	16584	146283	48542	14378	2563	3967	44591	6116	1302	
2015	10311	135399	16690	145574	48530	14532	2596	4016	45160	6116	1304	
2016	10311	135173	16796	144865	48518	14686	2629	4065	45730	6116	1306	
2017	10311	134947	16902	144156	48506	14840	2662	4114	46299	6116	1307	
2018	10311	134721	17008	143447	48494	14994	2695	4163	46868	6116	1309	
2019	10311	134495	17114	142738	48482	15148	2728	4212	47438	6116	1310	
2020	10311	134269	17220	142029	48470	15302	2761	4261	48007	6116	1312	
2021	10311	134043	17326	141320	48458	15456	2794	4310	48577	6116	1314	
2022	10311	133817	17432	140611	48446	15610	2827	4359	49146	6116	1315	
2023	10311	133591	17538	139902	48434	15764	2860	4408	49715	6116	1317	
2024	10311	133365	17644	139193	48422	15918	2893	4457	50285	6116	1318	
2025	10311	133139	17750	138484	48410	16072	2926	4506	50854	6116	1320	
2026	10311	132913	17856	137775	48398	16226	2959	4555	51424	6116	1322	
2027	10311	132687	17962	137066	48386	16380	2992	4604	51993	6116	1323	
2028	10311	132461	18068	136357	48374	16534	3025	4653	52562	6116	1325	
2029	10311	132235	18174	135648	48362	16688	3058	4702	53132	6116	1326	
2030	10311	132009	18280	134939	48350	16842	3091	4751	53701	6116	1328	

MG= manglar; L= bosque latifoliado; AE= agricultura extensiva; GE= ganadería extensiva; MA= matorrales; ZU= zonas urbanizadas; FPC= frutales, piña y café; GI= ganadería intensiva; AIB= agricultura intensiva y banano; PA= palma africana; O= otros; PI= bosque de pino.

Anexo 3. Valores betas significativos en la regresión logística binaria de la integración de factores de cambio y las categorías del uso y la cobertura de la tierra.

	Coberturas	Elevaciones	Precipitación	Pendiente	Red hídrica	Densidad poblacional	Red Vial	Temperatura	Humedad relativa	Suelos	Constante
MG	-0.0278	0.0009	0.0455	0.0012	-0.0164	0.0002	0.2183	0.0092	-0.4328	-7.9396	
L	0.0044	0.0004	0.0193	-0.0004	-0.0033	-0.0001	-0.3303	0.0491	0.0637	-0.8427	
AE	-0.001	-0.0008	0.0052	-0.0012	NS	0	-0.099	0.0282	0.2232	-2.2759	
GE	-0.0011	-0.001	-0.0067	-0.001	-0.0002	-0.0002	-0.1962	-0.0157	0.2917	7.4719	
MA	-0.0003	-0.0002	0.014	-0.0001	-0.001	-0.0001	0.1495	NS	0.209	-6.7118	
ZU	NS	0.0011	-0.0456	-0.0002	0.0011	-0.0011	0.1606	0.0699	-0.2693	-12.9034	
FPC	NS	0.0017	-0.039	-0.0008	NS	-0.0004	-0.764	-0.0987	0.1154	18.9111	
GI	-0.0191	0.0005	-0.2822	NS	-0.0015	-0.0003	-1.093	0.173	NS	8.2298	
AIB	-0.0169	-0.0013	-0.1045	-0.0007	NS	-0.0005	-0.7622	-0.0531	NS	24.5482	
PA	-0.0093	-0.0006	-0.0106	-0.0007	-0.0008	-0.0004	0.0679	-0.0299	0.4552	-0.6072	
O	-0.0036	-0.0005	-0.0297	-0.0021	-0.3295	0.0228	0.1136	NS	NS	4.0183	
PI	0.0069	-0.0009	0.0344	-0.0033	NS	-0.0014	NS	-0.3236	0.7617	23.813	

NS= no significativo; MG= manglar; L= bosque latifoliado; AE= agricultura extensiva; GE= ganadería extensiva; MA= matorrales; ZU= zonas urbanizadas; FPC= frutales, piña y café; GI= ganadería intensiva; AIB= agricultura intensiva y banano; PA= palma africana; O= otros; PI= pino de pino.

Anexo 4. Matriz de conversión entre los usos y las coberturas de la tierra del departamento de Atlántida.

Matriz de conversión												
	MG	L	AE	GE	MA	ZU	FPC	GI	AIB	PA	O	PI
MG	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
L	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
AE	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
GE	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
MA	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ZU	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
FPC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
GI	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0
AIB	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
PA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PI	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

MG= manglar; L= bosque latifoliado; AE= agricultura extensiva; GE= ganadería extensiva; MA= matorrales; ZU= zonas urbanizadas; FPC= frutales, piña y café; GI= ganadería intensiva; AIB= agricultura intensiva y banano; PA= palma africana; O= otros; PI= pino de pino.

Anexo 5. Tabla de elasticidades de conversión de los usos y las coberturas de la tierra en el departamento de Atlántida.

Tabla de elasticidades											
MG	L	AE	GE	MA	ZU	FPC	GI	AIB	PA	O	PI
0.50	0.50	0.00	0.00	0.20	1.00	0.66	0.60	0.80	1.00	1.00	1.00

Anexo 6. Métricas utilizadas en el análisis de fragmentación y sus unidades.

Nombre	Sigla	Unidad
Índice de parche mayor	LPI	%ñ
Número de parches	NP	Ninguna
Densidad de parches	PD	N° parches/100 ha
Índice de dimensión fractal	FRACT	Ninguna
Índice de entrelazado y yuxtaposición	IJI	%

Anexo 7. Resultados del análisis de fragmentación del paisaje por categoría del departamento de Atlántida para los años 2010 y 2030.

Resumen de métricas utilizadas									
Categoría	Sigla	LPI (%)		FRACT MN		NP		PD	
		2010	2030	2010	2030	2010	2030	2010	2030
Mangle	MG	1.19	1.19	1.10	1.09	286	289	0.09	0.07
Latifoliado	LT	14.39	14.37	1.09	1.07	2089	2649	0.64	0.61
Agricultura extensiva	AE	0.05	0.51	1.07	1.05	6187	8181	1.76	1.88
Ganadería extensiva	GE	17.90	6.19	1.09	1.05	2343	6962	2.04	1.60
Matorrales	MA	1.60	1.60	1.09	1.06	5738	11097	2.75	2.54
Frutales piña café	FPC	0.25	0.75	1.06	1.06	1079	1154	0.27	0.26
Ganadería intensiva	GI	0.11	0.13	1.07	1.04	83	586	0.16	0.13
Agricultura intensiva	AI	0.08	0.14	1.07	1.06	793	878	0.21	0.20
Palma	PA	1.57	1.58	1.08	1.07	1342	1816	0.46	0.42
Pino	PI	0.26	0.26	1.08	1.05	11	76	0.09	0.02