

Sensibilidad de las zonas de vida de Holdridge en Nicaragua en función del cambio climático

La velocidad con la que cambiarán las condiciones climáticas determinará la velocidad de desplazamiento necesarias de las especies de los ecosistemas y, por ende su capacidad de seguir existiendo. Por tanto, es fundamental desarrollar herramientas que permitan inferir sobre estas modificaciones.

Fernando Mendoza
Margarita Chévez
Benigno González

Resumen

El presente estudio es un análisis que aplica tres tipos de muestras climáticas las cuales se fundamentan en los escenarios de emisiones del IPCC IS92a, IS92d e IS92c, considerados –respectivamente- como escenarios pesimista, moderado y optimista, que suponen un incremento en la temperatura y una reducción de las precipitaciones en todo el país.

Para el desarrollo de este trabajo, se efectuó, en primer lugar, la recopilación de los mapas de las variables requeridas para construir las zonas de vida. Luego, se elaboró el mapa de zonas de vida en las condiciones actuales. Finalmente, se aplicaron los escenarios de cambio climático a los mapas de las variables, para elaborar los de zonas de vida correspondientes con los distintos escenarios. Para realizar estos mapas se utilizó el Sistema de Información Geográfico (SIG), aplicando el programa ArcView.

Las superficies de las zonas secas y muy secas se incrementan en el sector del pacífico y las superficies húmedas se incrementan en el Atlántico (excepto en el escenario pesimista donde el porcentaje de áreas húmedas resulta ser menor que el actual), debido a que las zonas muy húmedas disminuyen en gran parte de sus superficies con respecto a la situación actual. Se destaca que en la parte central para el escenario pesimista se presenta un incremento de superficies muy secas. Todo lo anterior indica que habría una tendencia muy marcada al incremento de zonas muy secas en Nicaragua y que los ecosistemas tendrán que adaptarse a condiciones climáticas muy distintas a las actuales.

Palabras claves: Cambio climático, zonas de vida, zonificación ecológica, Nicaragua

Summary

Sensitivity analysis of Holdridge's life zones in Nicaragua as a function of climatic change. This study is an analysis of three examples of climatic changes, based on the IPCC emission scenarios IS92a, IS92d and IS92c. These three scenarios are considered to be pessimistic, moderate and optimistic respectively and assume an increase in temperature and decrease in precipitation throughout the country.

As a first step in the development of this work maps were gathered with the variables necessary to classify the country into life zones. These were used to elaborate a map with the actual life zones. Finally, the different assumptions of climate change were applied to the maps with the variables, to construct a new life zone map for each scenario. The maps were produced applying the program Arcview as part of a Geographic Information System (GIS).

The areas of dry and very dry zones in the pacific region increase. The humid areas of the Atlantic region increase (with the exception of the pessimistic scenario, in which the surface of humid areas decreases) because the very humid areas decrease considerable in comparison to the current situation. In the central part of the country the very dry areas increase in size under the pessimistic scenario. All this indicates that there will be a clear tendency in Nicaragua towards an increase in dry zones, and that the ecosystems will have to adjust to climatic conditions very different from the current ones.

Keywords: Climatic change, life zonation, ecological zonation, Nicaragua.

Los cambios climáticos que el planeta está experimentando se atribuyen a las alteraciones de la composición atmosférica, especialmente a las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero. Estos gases son una característica global de singular importancia que ha llamado la atención durante los últimos años a toda la comunidad científica internacional, así como a los diferentes sectores económicos debido a las dramáticas consecuencias que producirían sobre el medio ambiente, economía y bienestar de la humanidad (Jepma *et al.* 1995).

La velocidad con la que cambiarán las condiciones climáticas determinará la velocidad de desplazamiento necesarias de las especies de los ecosistemas y, por ende su capacidad de seguir existiendo (Watson *et al.*, 1996). Por tanto, es fundamental desarrollar herramientas que permitan inferir sobre estas modificaciones.

El cambio climático es un fenómeno global y sus efectos tienen que ser determinados en cada país con metodologías comparables, de forma tal que se pueda crear un bosquejo de la situación mundial. El sistema de vida de Holdridge tiene la enorme ventaja de ser aceptado mundialmente como un descriptor de las condiciones requeridas para el desarrollo o el mantenimiento de los grandes ecosistemas naturales del planeta. Ha sido particularmente utilizado en regiones tropicales (Allen y Díaz 1996; Benioff *et al.* 1996; Cramer y Leemans 1993).

El objetivo general de este estudio fue evaluar el impacto del cambio climático en los ecosistemas naturales de Nicaragua por medio del análisis de sensibilidad de las Zonas de Vida de Holdridge a diferentes escenarios climáticos. Se hicieron simulaciones para reflejar la evolución y traslación de zonas de vida, a través de escenarios creados para Nicaragua de acuerdo con las normas del IPCC, considerando las variaciones climatológicas de temperatura y precipitación. Finalmente, se

elaboraron y compararon los diferentes mapas de zonas de vida con base en el modelo de Holdridge, utilizando los diferentes escenarios de cambio climático.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se efectuó en Nicaragua a escala nacional por la necesidad y utilidad de que exista información sobre la vulnerabilidad de los ecosistemas naturales distribuidos en todo el país.

Información utilizada

Se recopilaron y analizaron los mapas de zonas de vida. Luego, fue seleccionada una serie de 20 años de observaciones (1971-1990) de las principales estaciones meteorológicas (en el caso de temperatura), convenientemente distribuidas en todo el país. Cabe señalar que se tuvieron que dejar por fuera las zonas de vida ubicadas en regiones superiores a los 2000 msnm (por ejemplo, el Cerro Mogotón de 2,107 msnm, ubicado en la frontera norte con la República de Honduras) ya que los mapas de elevación recolectados presentaban esta limitante.

Por consideraciones del método de Holdridge para la clasificación de zonas de vida, la temperatura utilizada es un promedio de las temperaturas en grados centígrados donde tiene lugar el crecimiento vegetativo, en relación con el período anual (0°- 30°C, aproximado).

La distribución espacial de la lluvia media anual en Nicaragua está representada en el mapa de precipita-

ción total anual a escala 1:750,000, información procesada para el período 1971-1990 (20 años)-.

Además se utilizaron los “Escenarios de Cambio Climático para la Evaluación de Impactos en Nicaragua” que se fundamentan en los escenarios de emisiones IS92_a, IS92_d y el IS92_c del IPCC; estos escenarios fueron elaborados para 5 horizontes de tiempo (2010, 2030, 2050, 2070 y 2100) y muestran un incremento de temperatura y reducción en la precipitación para todo el país (Campos 1999). Por el tamaño de las celdas de los modelos globales utilizados las proyecciones tienen un detalle geográfico limitado: solamente se distinguen las dos vertientes de Nicaragua, separadas por el meridiano de longitud 85° W. (Cuadro 1).

El mapa de zonas de vida para Nicaragua se elaboró con base en el modelo de clasificación de zonas de vida de Holdridge, que relaciona la distribución potencial actual de la vegetación a características o parámetros climáticos. Se obtuvo a partir de una extensión del programa Arc-View llamada “Geoprocessing Wizard”, la cual permitió interceptar los mapas de temperatura, precipitación y elevación obteniendo áreas (polígonos) con los atributos correspondientes a los mapas. Posteriormente, fueron identificadas las diferentes combinaciones de atributos. Con la utilización del diagrama para la clasificación de las zonas de vida del mundo (Holdridge 1987), que correlaciona directamente los factores cli-

Cuadro 1. Escenarios de cambio climático que suponen variación media anual en la temperatura y la precipitación para tres horizontes de tiempo (2010, 2050 y 2100 en Nicaragua).

Horizonte de tiempo	Pesimista IS-92a		Escenarios Moderado IS-92d		Optimista IS-92c	
	Pacífico	Caribe	Pacífico	Caribe	Pacífico	Caribe
Precipitación %						
2010	-8.4	-8.2	-7.9	-7.7	-7.9	-7.7
2050	-21.6	-20.5	-16.9	-16.5	-16.2	-15.8
2100	-36.6	-35.6	-25.3	-24.7	-21.0	-20.5
Temperatura °C						
2010	0.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7
2050	2.1	1.9	1.7	1.5	1.6	1.5
2100	3.7	3.3	2.6	2.3	2.1	1.9

El dióxido de carbono se comporta ante la radiación como el vidrio de un invernadero, dejando pasar el calor hacia el interior pero no hacia el exterior. Consecuencia de ello se produce un calentamiento de la tierra y de la capa de la atmósfera que recibe el nombre de efecto invernadero.

máticos de temperatura y precipitación con la elevación, se nombraron las diferentes combinaciones. Debido al alto número de éstas fue necesario utilizar el programa Visual dBASE, manipulador de bases de datos que trabaja directamente con ArcView; este proceso facilitó el nombramiento de las diferentes zonas de vida presentes en Nicaragua.

El diagrama de Holdridge nos muestra el fenómeno de la naturaleza transicional de las asociaciones que caen dentro de los triángulos (zonas de transición); estas zonas están representadas de la siguiente manera: a = transición a seco, b = transición a muy seco, c = transición a húmedo.

Elaboración de los diferentes mapas

Para la aplicación de los escenarios, y tomando como base el mapa de zonas de vida, se dividió el país en dos sectores: la región pacífica y la caribeña. De esta forma se trabajan individualmente dos sectores bastante diferentes entre sí en aumentos de temperatura y disminuciones de precipitación.

El mapa de zonas de vida muestra sus correspondientes valores de temperatura, precipitación y elevación (factores que determinan las zonas de vida), a estos valores se les aplicaron aumentos en la temperatura (°C) y disminuciones de la precipitación (%), manteniéndose la elevación; obteniendo de esta manera los nuevos valores de los factores que determinan las zonas de vida para los dos sectores del país. Se utilizó el programa Visual dBASE que trabaja directamente con ArcView, facilitando así la aplicación de aumentos de temperatura, disminuciones de la precipitación y la determinación de las zonas de vida.

Resultados

Zonas de Vida bajo condiciones actuales (CA)

En el mapa de condiciones actuales (Figura 1) se definieron 15 zonas de vida para Nicaragua, donde se determinan diferentes tipos de bosques que comprenden desde el bosque muy húmedo subtropical premontano, hasta el bosque seco tropical, con una gran predominancia del bosque húmedo tropical (44,43%).

Zonas de vida producto de la aplicación de los escenarios de cambio climático

La variación en los valores de los factores climáticos, que determinan las zonas de vida, ocasiona que experimenten aumentos, reducciones, desaparición e inclusive la aparición de nuevas zonas. El estudio considero estos comportamientos para tres tipos de zonas de vida, donde se determina que ante un escenario moderado para 2010 (Figura 2), aparece el bosque seco tropical_b y el bosque muy seco tropical. Ante un escenario moderado para 2100 (Figura 3) el bosque muy húmedo tropical se reduce hacia la parte de San Juan del Norte, ocupando un área promedio de 195 km². El bosque seco tropical se traslada a la parte norte y sur del sector del pacífico, con 34 255 km² de área promedio. El bosque muy seco tropical -según los escenarios de cambio climático- se extiende por regiones del sector pacífico y partes de la zona central, con un área promedio de 4 992 km².

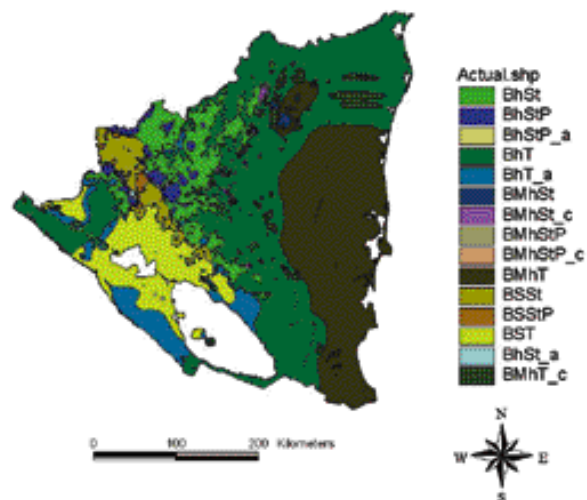


Figura 1. Mapa actual de zonas de vida de Holdridge para Nicaragua. Período: 1971 –1990.

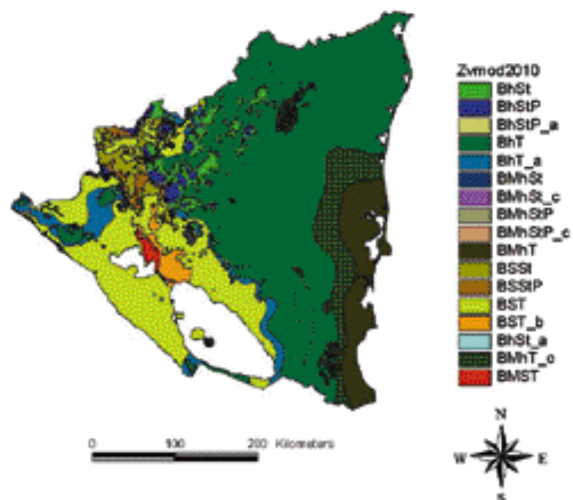


Figura 2. Zonas de vida ante un escenario moderado para el año 2010.

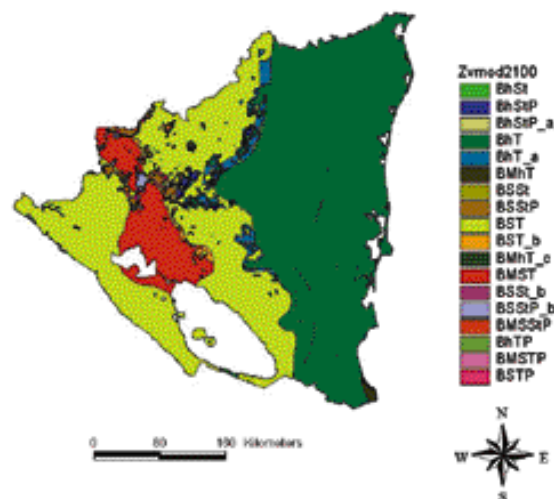


Figura 3. Zonas de vida ante un escenario moderado para el año 2100.



Foto: cortesía MAREVA. Zona de vida Nicaragua.

No solamente, el cambio climático afecta la biodiversidad, sino también influye en cambios de uso de la tierra y en la deforestación que fragmentan y degradan el hábitat. La combinación del cambio climático con otras presiones sobre los ecosistemas produce una amenaza significativa para la biodiversidad.

Debido a las características de los escenarios de cambio climático, se observan considerables incrementos de las zonas secas con respecto a la situación actual. Especialmente el escenario pesimista de año 2100 (Figura 4) donde muestra un incremento en la temperatura de 4°C para el sector del Pacífico y 3,3 °C para el Atlántico, con una disminución aproximada al 36% de lluvias, donde las zonas secas pasan del 6,6% que ocupan en la actualidad al 43% de la superficie total del país.

Ante un escenario optimista para

el 2100 (Figura 5) se observa que cerca del 3% del territorio lo cubren bosques muy secos, ubicados principalmente en Managua, Matagalpa y Nueva Segovia.

Es necesario anotar que los mapas de temperatura y precipitación media anual, utilizados para la creación del mapa base de zonas de vida, fueron elaborados sobre la base de los datos meteorológicos del período 1971-1990, a esto se suma la poca distribución de la red de estaciones meteorológicas en gran parte del país (Atlántico) y la discontinua funciona-

lidad de las mismas (Pacífico), lo que significa que la precisión del estudio, particularmente en la zona Atlántica, es reducida.

Cabe señalar que la duplicación de la población nicaragüense prevista para el año 2100, obviamente conducirá a una ampliación de las áreas de cultivo, es decir, se modificará aún más el ambiente natural. Los ecosistemas estarán sometidos, además de la presión por el cambio climático, a un gran número de otros factores (incendios, tala, etc.) cuyos efectos no se consideran en este trabajo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Superficies cubiertas (área en % y Km²) por las diferentes zonas de vida tanto para las condiciones actuales como para los Horizontes 2010 y 2100; ante los diferentes escenarios de cambio climático.

Clave	Actual		Optimista		2010 Moderado		Pesimista		Optimista		2100 Moderado		Pesimista	
	%	%	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²
BhSt	3,84	0,63	819	0,63	819	0,64	832	0,11	143	0,01	13			
BhSt_a	0,10	0,09	117	0,09	117	0,09	117							
BhStP	0,30	0,22	286	0,22	286	0,23	299	0,15	195	0,02	26	0,008	1	
BhStP_a	0,06	0,08	104	0,08	104	0,08	104	0,008	1	0,02	26	0,008	1	
BhT	44,43	61,48	79,924	61,48	79,924	61,51	79,963	70,31	91,403	67,56	87,828	41,61	54,083	
BhT_a	2,70	3,92	5,096	3,92	5,096	1,56	2,028	3,30	4,290	1,41	1,833	14,95	19,435	
BhTP										0,05	65	0,008	1	
BhTP_a												0,02	26	
BMhSt	0,71	0,06	78	0,06	78	0,06	78							
BMhSt_c	0,29	0,01	13	0,01	13									
BMhStP	0,02	0,008	1	0,008	1									
BMhStP_c	0,008	0,01	13	0,01	13	0,008	1							
BMhT	39,33	7,77	10,101	7,77	10,101	8,00	10,400	0,15	195	0,15	195			
BMhT_c	1,61	12,98	16,874	12,98	16,874	12,75	16,575							
BMSSiP										0,008	1	0,008	1	
BMST		0,06	78	0,06	78	0,06	78	2,79	3,627	3,84	4,992	7,99	10,387	
BMSTP										0,09	117	0,17	221	
BSSt	0,96	0,61	793	0,61	793	0,61	793	0,43	559	0,01	13	0,008	1	
BSSt_b										0,01	13			
BSStP	0,11	0,18	234	0,18	234	0,18	234	0,34	442	0,05	65	0,01	13	
BSStP_b										0,02	26			
BST	5,53	10,63	13,819	10,63	13,819	12,96	16,848	21,88	28,444	26,35	34,255	34,81	45,253	
BST_b		1,27	1,651	1,27	1,651	1,27	1,651	0,53	689	0,18	234	0,16	208	
BSTP										0,24	312	0,27	351	
BSTP_b												0,01	13	

Cambios en las zonas de vida

Para evaluar la vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático, se elaboró un mapa que muestra el número de cambios sufridos por cada zona para el año 2100 en el caso del escenario moderado (Gráfico 6). Las áreas que se mantienen, desde el período de referencia (1970-1990) hasta el 2100, en la misma zona de vida, reciben una clasificación de 0C. Las áreas que estaban en una zona y cambian a otra y se mantienen en esta última reciben una clasificación de 1C. Las áreas que pasan por 3 zonas de vida distintas reciben una nota de 2C. En este análisis, no se incluyen las transiciones definidas por Holdridge.

Se observa que ante los tres escenarios el mayor porcentaje (alrededor de 72%) experimentará un cambio en sus zonas de vida, mientras que aproximadamente el 18% no sufrirá cambio. Solamente ante un escenario pesimista se presentaron áreas que sufrirán tres cambios (3C) de zonas de vida; es decir, para el año 2100 estos sectores presentarán características muy diferentes a las actuales, por ejemplo si presenta en la actualidad un bosque muy húmedo subtropical podrá pasar a un bosque húmedo subtropical, posteriormente a bosque húmedo tropical, hasta llegar a bosque seco tropical; lo que indica que sufrió tres cambios (Cuadro 3).

Cambios de zonas de vida frente a incendios forestales

Los incendios forestales son responsables de la reducción de considerables áreas de bosque anualmente en Nicaragua, modifican los ecosistemas y la acumulación de gases en la atmósfera. Con la aplicación de los escenarios de cambio climático en el mapa actual de zonas de vida se estima un aumento de las áreas secas lo cual puede prolongar los períodos de sequía, con un consecuente aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios en áreas ya propensas o en otras áreas que se vuelven vulnerables producto de la aplicación de los escenarios (Ciesla 1996). De este modo los incendios actualmente se consideran una amenaza a la biodiversidad de las masas boscosas; a las áreas agrícolas, forestales o ganaderas; a la se-

Cuadro 3. Representación del porcentaje de Nicaragua que ante los diferentes tipos de escenarios experimentará cambios en sus zonas de vida.

Escenarios	0C		1C		2C		3C	
	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
Optimista	32,17	41 823,6	65,10	84 626,1	2,73	3 550,3	0	0
Moderado	18,73	24 346,4	76,30	99 195,2	4,97	6 458,4	0	0
Pesimista	3,44	4 483,7	74,96	97 444,1	21,49	27 934,4	0,11	137,8

guridad de la población y al equilibrio de los ecosistemas, mientras que también existen zonas como Las Segovias donde se producen muchos incendios y donde la vulnerabilidad a los cambios climáticos es grande (2C). Esta última zona aparece entonces como particularmente vulnerable ante el cambio climático.

Conclusiones

Los resultados indican un incremento en el porcentaje de áreas secas y muy secas favoreciendo las condiciones de combustión e inflamabilidad de las especies, lo que puede conducir a un aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios.

Con un calentamiento esperado de entre 0,7 a 0,9 °C por década, las zonas de vida (especies) tendrían que emigrar de forma altitudinal o latitudinal, o bien en función de mantenerse dentro de condiciones climáticas similares. Los movimientos latitudinales de las zonas de vida ante un escenario moderado para el año 2100 alcanzan aproximadamente 1,92 km/año en el bosque muy húmedo tropical hacia la parte sur de Nicaragua, mientras que, en el bosque seco, la velocidad de traslación es de aproximadamente 1,43 km/año hacia la parte norte y sur del sector del pacífico. Lo anterior significa que, de presentarse el cambio climático -como está proyectado en el escenario de Campos (1999)- las especies del bosque húmedo deberían trasladarse a casi 2 km por año para mantenerse en la misma zona de vida, mientras las especies del bosque seco necesitarían velocidades de desplazamiento menores, de casi 1,5 km por año. Las velocidades de traslación de las especies forestales son usualmente mucho más reducidas, cálculos de varios sitios en Gran Bretaña indican porcentajes de migración de los pinos de solamente 40 a 80 m/año (Gear y Huntley 1991).

Por lo tanto, es probable que la composición específica de los bosques de Nicaragua sea afectada en forma muy sustancial por el cambio climático.

El cambio climático en una zona forestal puede conducir a la reducción de la biodiversidad o a la migración de especies ya que el hábitat de algunas se vuelve climáticamente inapropiado. Sin embargo, la diversidad puede ser elevada transitoriamente durante un tiempo de cambio, en donde la composición de los bosques podría consistir de algunos árboles remanentes y una variedad de invasores con éxito debido a las condiciones locales más favorables (Watson *et al.* 1996).

No solamente, el cambio climático afecta la biodiversidad, sino también influye en cambios de uso de la tierra y en la deforestación que fragmentan y degradan el hábitat. La combinación del cambio climático con otras presiones sobre los ecosistemas produce una amenaza significativa para la biodiversidad.

De alguna manera los bosques pueden adaptarse a nuevas condiciones climáticas ya que algunas especies pueden sobrevivir fuera de sus condiciones naturales. También el aumento en las concentraciones de CO₂ relacionado con el cambio climático puede posibilitar un uso eficiente del agua y los nutrientes por parte de las plantas. Sin embargo, la magnitud y velocidad de los cambios climáticos probablemente serán demasiado altas para evitar la desaparición de ciertos tipos de bosques al momento de duplicar las concentraciones de CO₂.

Fernando Mendoza Jara
Margarita Chávez Díaz
Benigno González Rivas

Universidad Nacional Agraria, Nicaragua

Tel: (505) 233-1439

E-mail: farena@sdnnc.org.ni
benignog@yahoo.com

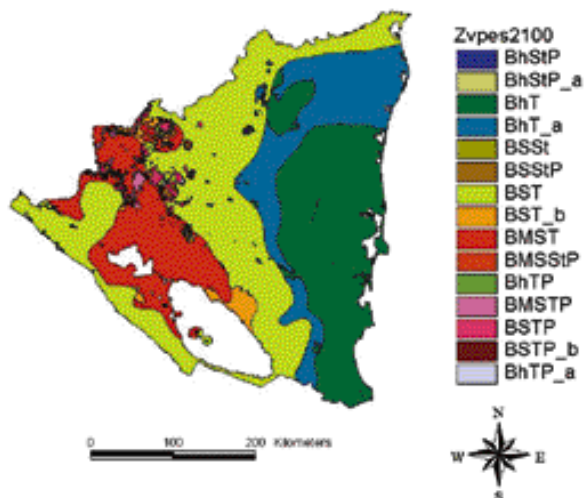


Figura 4. Zonas de vida ante un escenario pesimista para el año 2100.

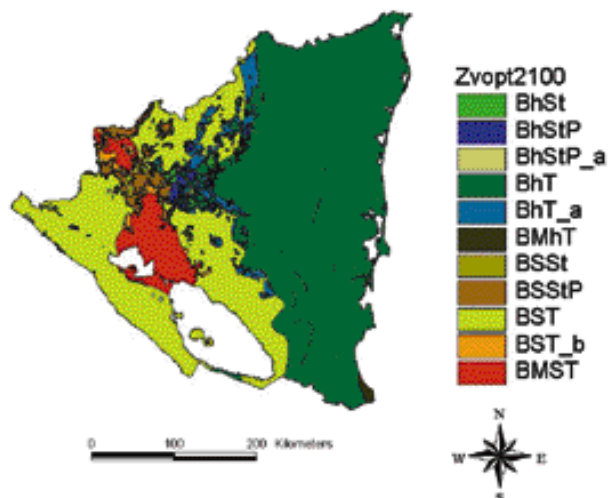


Figura 5. Zonas de vida ante un escenario optimista para el año 2100.

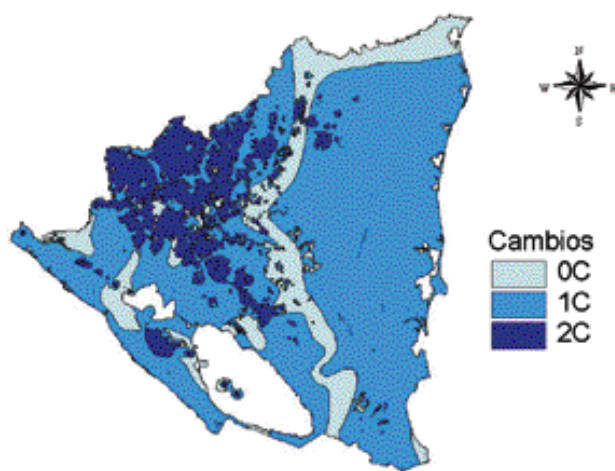


Figura 6. Sectores de Nicaragua que experimentan cambios en sus zonas de vida ante un escenario moderado.

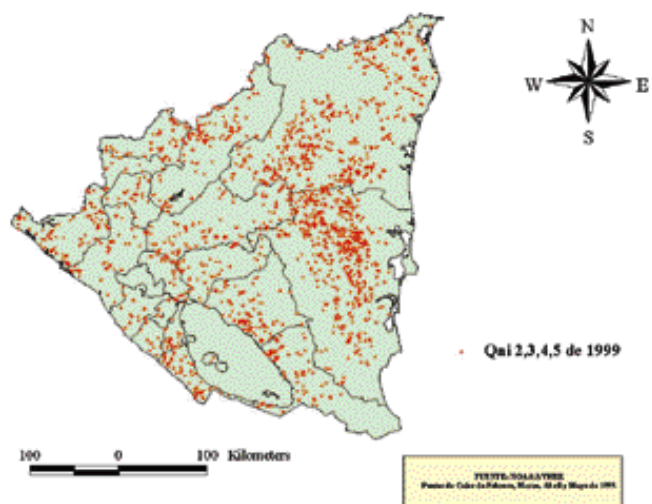


Figura 7. Puntos de calor registrados entre los meses de febrero a mayo de 1999.

Literatura citada

Allen-Diaz, B. 1996. Rangelands in a changing climate: impacts, adaptations and mitigation. In: *Climate Change 1995*, Watson, R.T.; Zinyowera, M. C.; Moss, R. H. (eds). IPCC. Cambridge University Press. p. 131-158.

Benioff, R. Guill, S. Lee, J. 1996. Vulnerability and Adaptation Assessments, an International Handbook. Environmental Science and Technology Library. VOL. 7. Kluwer Academic Publishers.

Campos, M. 1999. Escenarios de cambio climáticos. Informe de Consultoría, Proyecto Primera Comunicación de Nicaragua ante la Convención Marco de Cambio Climático PNUD-NIC/98/G31-MARENA. Managua, Nicaragua.

Ciesla, WM. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto. FAO. p. 74-75.

Cramer, WP; Leemans, R. 1993. Assessing impacts of climate change on vegetation using climate classification systems. In: *Vegetation Dynamics and Global Change*. Solomons, A.M. and H.H. Shugart (eds). Chapman and Hall, New York and London. p 190-219.

Gear, A.J.; Huntley, B. 1991. Rapid change in the range limits of scots pine 4,000 years ago. *Science*. p. 244-257.

Holdridge, Leslie R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Humberto Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. p. 1-44, il.

IPCC, 1996. *Climate Change 1995, Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. Cambridge University Press.

IPCC, 1996. Resumen para responsables de políticas: la ciencia del cambio climático, Grupo de trabajo I del IPCC. In: *Segunda Evaluación: cambio climático 1995*

Jepma, CJ; Asaduzzaman, M; Mintzer, I; Maya, RS; Al-Moneef, M. 1995. Economic and social dimensions of climate change. Cambridge University Press. United States of America. P 47.

Watson, RT; Zinyowera, MC; Moss, RH. 1996. "Climate change impacts on forest". In *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analyses IPCC*, Cambridge University Press. p 111-112.

Reconocimiento: Este estudio se realizó con financiamiento del Proyecto de Apoyo a la Implementación de la Convención Marco de Cambio Climático y del Protocolo de Montreal del PANIF (Programa Ambiental Nicaragua Finlandia, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). Así también se reconoce el apoyo logístico y científico brindado por la Universidad Nacional Agraria a través de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente.