

Modelación del Cambio Climático en el Departamento del Meta mediante la susceptibilidad de las zonas de vida de Holdridge

GONZALEZ, A. M. C.¹

Resumen

La sucesiva acumulación en la Atmósfera de los gases que producen el efecto invernadero, dará lugar a un progresivo aumento de la temperatura de la superficie de la Tierra. Este fenómeno denominado calentamiento global tendrá consecuencias en el clima y en los procesos que dependen de él. En el Departamento del Meta nuestra principal riqueza es la biodiversidad, los impactos sobre esta serán tanto más importantes cuanto que los ecosistemas están cada vez más debilitados por la presión de las actividades humanas.

En este artículo se presentan estimaciones basadas en el modelo climático de holdridge acerca de la incidencia futura del calentamiento global en el clima del Departamento del Meta.

Se analizaron dos tipos de muestras climáticas las cuales se basan en los escenarios de emisiones del IPCC[1]; IS92a y IS92c, considerados- respectivamente- como escenario pesimista y optimista, que suponen un aumento en la temperatura y una disminución de las precipitaciones en todo el Departamento.

Palabra Clave: Cambio climático, zonas de vida, biodiversidad, Departamento del Meta.

Abstract

The subsequent accumulation in the atmosphere of gases that produce the greenhouse effect will lead to a progressive increase in the temperature of the Earth's surface. This phenomenon called global warming will have consequences for the climate and the processes that depend on it. In the Meta Department is our main wealth of biodiversity, impacts on this will be even more important because ecosystems are increasingly weakened by the pressure of human activities.

This paper presents estimates based on climate model Holdridge about the future impact of global warming on the climate of the department of Meta.

We analyzed two types of weather samples which are based on IPCC emissions scenarios

¹ Ana María Castañeda G: cienciasbasicas@unimeta.edu.co, Profesor, Bióloga MSC; Jefe Departamento Ciencias básicas, Corporación Universitaria del Meta.

[Core et al 2007]., IS92a and IS92c, respectively considered as pessimistic and optimistic scenario, reflecting an increase in temperature and decreased precipitation.

Keyword: Change, life zones, biodiversity, Department of Meta.

Introducción

La velocidad con la que cambian las condiciones climáticas determinan, 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.

“El cambio climático es una realidad inequívoca. Tal como concluyó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) [Core et al 2007]. Sus impactos en el mediano y el largo plazo constituyen la más grave amenaza para la supervivencia de las próximas generaciones. Y en el corto plazo, los países en vía de desarrollo, que en su mayoría nos encontramos en el trópico y por tanto experimentamos las más altas temperaturas, además de contar con economías fuertemente dependientes de la agricultura, somos los más expuestos a los potenciales daños provocados por el fenómeno, a pesar de nuestra mínima contribución a las principales causas del mismo, o sea la emisión de los denominados gases de efecto invernadero provenientes del uso de los combustibles fósiles.”[Cano, 2009].

Otros daños, que ya han comenzado a aparecer, son la desaparición de ecosistemas y la consiguiente pérdida de biodiversidad, o sea la fuente de las ‘ciencias de la vida’ en lo que toca a alimentación y salud; la desertización y la caída de los niveles freáticos de los suelos; modificaciones bruscas en los patrones regionales del clima que alteran el volumen y distribución de las lluvias, y los traumatismos ambientales de la Orinoquia; y la posibilidad de que sobrevengan nuevas hambrunas y pandemias, y de que varios insectos, bacterias, virus y enfermedades, hasta ahora confinadas al trópico, como la malaria y el dengue, se extiendan hacia las áreas templadas al encontrar allí condiciones adecuadas para su desarrollo [Cano, 2009]-[Gelbspan, R. 1998].

Gracias al aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera se espera que se produzcan cambios en el clima. Estos cambios pueden incluir aumento de la temperatura, en la estacionalidad, en los patrones de precipitación, y en el aumento acelerado del nivel del mar.

La tasa de calentamiento se estima en sobre 0.30°C por década, y hay una gran incertidumbre acerca de cómo las especies responden a este rápido cambio [Melillo et al; 1990]. Los cambios en la estacionalidad de las variables climáticas podrían tener un marcado impacto sobre los Ecosistemas [Melillo et al; 1990]. Las evidencias que nos deja el pasado sugieren que la posibilidad de cambios en los ecosistemas en un futuro es grande[Smith T.M et al; 1992].

Los ecosistemas del Departamento del Meta son complejos y altamente productivos pertenecientes a la Provincia de la Orinoquia [Hernández, J. 1992]. Ellos han sufrido del impacto causado en el medio ambiente por las actividades humanas. La región Occidental

del Departamento, por ejemplo, compuesta principalmente por el Piedemonte de la Cordillera Oriental que corresponde a la zona de vida bosque muy húmedo tropical (bmh-T) [Rangel-Ch., J.O. & M. Aguilar-P. 1995]. La vegetación circundante a las áreas de bosque, en la región, históricamente ha estado representada por sabanas multifloras con bosques relictuales, sabanas húmedas con coberturas leñosas achaparradas, bosques de galería asociados a recursos hídricos provenientes de los andes y sabanas inundables [Blydenstein, J. 1967]. La temperatura media es de 26 °C, la precipitación anual es de 3 200-4 500 mm., la humedad relativa es de 84 % en época lluviosa y 63 % en época seca [CORMACARENA. 2004]. La región se usa extensivamente en ganadería, a la vez que se cultiva intensamente palma africana, soya, arroz y cítricos, lo cual afecta principalmente coberturas de vegetación nativa y suelos, sufre una fuerte presión antrópica debido a la creación de nuevas áreas urbanas, lo que compromete la alta diversidad de especies existente en la región. Las fuentes hídricas, por su parte, sufren presiones a causa de la construcción irregular en terrenos cercanos a sus márgenes. En casi toda el área la ganadería extensiva y el uso inadecuado de pastos viene provocando un fuerte desequilibrio en el ecosistema.

“La estimación de los efectos cuantitativos del calentamiento global sobre el clima del futuro implica la utilización de datos que no pueden conocerse actualmente con exactitud. En primer lugar, la tasa de emisión de gases invernadero en el futuro no está totalmente determinada, ya que en alguna medida depende de los comportamientos humanos que definirán las elecciones que la sociedad realice en el futuro con relación a temas tales como la utilización de combustibles fósiles. Teniendo esto en cuenta, en vez de una única estimación acerca de la tasa de emisión de gases invernadero, se ha propuesto un conjunto de hipótesis sobre los factores que afectan la futura composición de la atmósfera que se denominan escenarios de emisión de CO₂. En segundo lugar, aunque se conociera con precisión la tasa de emisión de gases invernadero, persistiría la incertidumbre, dado que todavía no es posible calcular con certeza cuál será la respuesta del sistema climático a variaciones en la composición de la atmósfera. Las incertidumbres en el grado de emisión y en sus efectos sobre el clima pueden ser expresadas cuantitativamente definiendo rangos de variaciones posibles (esto es, estimando entre qué valores mínimo y máximo se ubicarán las variables climáticas), y niveles de confianza que proporcionan una medida del nivel de incertidumbre en el procedimiento de evaluación de un determinado cambio climático.” [Labraga; 2010].

Una forma de exponer el conjunto de la información actualmente disponible sobre la posible evolución del clima, para poder aplicarla a las evaluaciones de impacto del cambio climático, son los llamados escenarios climáticos. [Labraga; 2010].

Un escenario de cambio climático es una descripción espacial y temporal, físicamente consistente, de rangos plausibles de las condiciones climáticas futuras, basada en un cierto número de suposiciones y en la actual comprensión científica de nuestro sistema climático. [Labraga; 2010] Una de las herramientas más confiables para investigar la posible respuesta del clima a futuras variaciones en la composición de la atmósfera son los llamados modelos climáticos [Labraga; 2010]. Estos son modelos matemáticos que incorporan en sus ecuaciones la descripción de los procesos físicos y de las interacciones fundamentales entre las componentes más importantes del sistema climático -atmósfera, hidrosfera, litosfera y biosfera [IPCC 2007].

El Objeto general de este estudio fue evaluar el impacto de cambio climático en los ecosistemas del Departamento del Meta, por medio de análisis de susceptibilidad de las zonas de Vida de Holdridge a diferentes escenarios de cambio climático.

Un sistema de clasificación ecológica debe tener límites bien definidos, ser sensible a los pequeños cambios que ocurren en la vegetación (muchas veces a corta distancia), ya sea en uno o varios de los factores ambientales que afectan el desarrollo o la presencia de los ecosistemas. También, el sistema debe reconocer los cambios introducidos por el efecto del hombre o de los animales y corresponder a unidades naturales discretas de tal forma que puedan diferenciarse las unidades en el campo, ya sea con su vegetación original o donde esta haya sido alterada fuertemente. [Céspedes et al; 2000].

El científico norteamericano L. R. Holdridge, después de trabajar seguidamente en varios países del trópico americano entre 1939 y 1946, concibió y propuso en 1947 su ya bien conocido Sistema de Clasificación Ecológica de las Zonas de Vida del Mundo [HOLDRIDGE, L. R. 1947]. Este sistema se denominó originalmente "Un Sistema Simple para la Clasificación de las Formaciones Vegetales del Mundo".

Las principales innovaciones aplicadas en el Sistema de Zonas de Vida fueron 1) la expresión del factor calor por medio de la bio-temperatura, 2) el uso de una progresión logarítmica en los incrementos del calor y la precipitación para obtener cambios significativos en las unidades de vegetación natural, 3) la determinación de la relación directa entre la bio-temperatura y la evapo-transpiración potencial (humedad) y la relación entre la humedad y la evapo-transpiración real [HOLDRIDGE, L. R. 1947]. 4) la relación directa entre la evapotranspiración real y la productividad biológica [HOLDRIDGE, L. R. 1963.].

Metodología

Se recopilaron y analizaron los mapas de zonas de vida correspondientes al departamento del Meta. Se seleccionó una serie de observaciones aproximadamente de 20 años de las principales estaciones climatológicas del Departamento (IDEAM); temperatura media (°C), caudal medio (m³/seg.) Nubosidad (octavas), precipitación (m.m.).

Tabla 1. Datos utilizados, para el estudio (IDEAM)

MUNICIPIO	ESTACIÓN	PARÁMETRO	TIEMPO MUESTREO IDEAM
Mapiripán	Mapiripán	Temperatura media, precipitación media, caudal medio, nubosidad.	Marzo 1983 - Enero 2010
La Macarena	La Macarena	Temperatura media, precipitación media, caudal medio, nubosidad.	Octubre 1967 - Enero 2010
San Martín	Barbasal	Temperatura media, precipitación media, caudal medio, nubosidad.	Mayo 1992 - Enero 2010
Villavicencio	Puente Abadía	Temperatura media, precipitación media, caudal medio, nubosidad.	Abril 1968 - Enero 2010
Villavicencio	Unillanos	Temperatura media, precipitación media, caudal medio, nubosidad.	Octubre 1993 - Enero 2010
Puerto López	Hed la Margarita	Temperatura media, precipitación media, caudal medio, nubosidad.	Mayo 1976 - Enero 2010
Puerto Gaitán	Puerto Gaitán	Temperatura media, precipitación media, caudal medio, nubosidad.	Diciembre 1977 - Enero 2010

Para el estudio se utilizaron registros de precipitación (mm) y temperatura media (°C) a escala. Con la información se generaron series anuales. Los datos anuales de precipitación también se analizaron de forma decenal utilizando el criterio de superposición de la NOAA [HOLDRIDGE, L. R1967]. Para reportar el índice multivariado del ENOS que permite filtrar la variación inducida en las series por efecto de los eventos generadores de variabilidad climática interanual, como El Niño Oscilación del Sur (ENOS). De esta forma se generan series de precipitación con periodos sobrepuestos (PPTD).

El sistema de clasificación de las zonas de vida de Holdridge es un modelo bioclimático, donde la determinación de zonas de vida se realiza con datos de bio-temperatura promedio anual, la precipitación promedio anual y la elevación sobre el nivel del mar, más un "Diagrama para la Clasificación de Zonas de Vida"; Las zonas de vida se muestran por una serie de hexágonos formada por la intersección de los intervalos logarítmicos de las variables climáticas en un sistema de coordinación triangular.

Para determinar la bio-temperatura promedio anual (Tbio). Se debe eliminar los meses con promedios mensuales bajo 0 °C, sumar los otros y dividir entre 12. Si hay meses con valores de temperatura promedio mensual mayores a 24°C, hay que aplicar la fórmula a cada uno de estos meses antes de sumar y dividir:

$$tbio = t - [3 * \text{grados latitud}/100) * (t - 24)^2] \quad (1)$$

Donde t = temperatura media mensual;
tbio = bio-temperatura media mensual.

El valor de Tbio resultante, debe colocarse sobre el diagrama de las zonas de vida, para lo cual puede unirse el valor en la escala de bio-temperatura que aparece a ambos lados del diagrama con un línea recta.

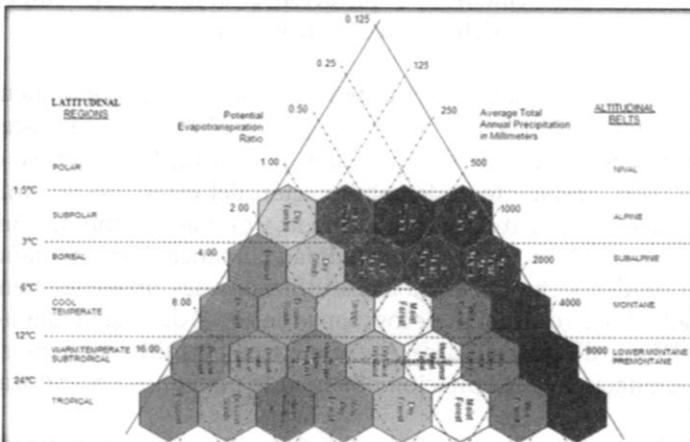


Fig. 1. El sistema de zonas de vida Holdridge, para la clasificación de las diferentes áreas terrestres según su comportamiento global bioclimático.

Se calculo el promedio de la precipitación anual a largo plazo y se realizo lo mismo que con la bio-temperatura. Las escalas de la precipitación promedio anual están en la base y parte superior derecha del diagrama de zonas de vida.

Se busco en el diagrama de zonas de vida el hexágono que contenía el punto de intersección

de ambas líneas que es el correspondiente a la zona de vida. Esta se denomina por la fisonomía de la vegetación natural madura de la asociación climática, de la que existe solamente una en cada zona de vida, con la leyenda que contiene el hexágono (por ejemplo Bosque húmedo), más el piso altitudinal al que pertenece la zona de vida, que aparece a la derecha del diagrama y está determinado por las diferencias en bio-temperatura. Por último, se obtiene la región latitudinal, que aparece en la escala vertical al lado izquierdo del diagrama y cada uno tiene un equivalente en el piso altitudinal del lado derecho del diagrama.

Holdridge concibió las zonas de vida definidas con base en parámetros de aplicación mundial, como lo son la bio-temperatura, la precipitación y la humedad. Sin embargo, en el nivel del paisaje local, la influencia de otros factores ambientales puede jugar un papel preponderante en la determinación de los ecosistemas presentes [HOLDRIDGE, L. R.1963]-[HOLDRIDGE, L. R.1967].

Elaboración de los diferentes mapas

Para la aplicación de los escenarios, y tomando como base el mapa de zonas de vida, se dividió el Departamento en biomas, (según Metodología Instituto Humboldt, proyecto Orinoquia), de esta forma se trabajaron individualmente sectores diferentes entre si 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 (oC) 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 diferentes biomas del Departamento. Se utilizo. El programa Visual dBASE que trabaja directamente con ArcView, facilitando la aplicación de aumentos de temperatura, disminuciones de la precipitación y la determinación de las zonas de vida.

Además se utilizaron los escenarios de cambio climático, que se fundamentan en los escenarios de emisiones IS92a e IS92c del IPCC [IPCC 2007]. ; Estos escenarios fueron elaborados para dos horizontes de tiempo (2050 y 2100)En los cuales se considero dos casos básicos: a) “alto”, resultante de la combinación del escenario de emisión más alto (IS92a) y la máxima sensibilidad climática estimada; y c) “bajo”, combinación del escenario de emisión más bajo (IS92c) y una baja sensibilidad climática. Por el tamaño de las celdas utilizadas en los modelos climáticos globales utilizados, las imágenes tienen un detalle geográfico limitado. En la realización de los mapas de zonas de vida mediante el programa “Geoprocessing Wizard” aplicación de Arc View, que permite interceptar los mapas de temperatura, precipitación y precipitación obteniendo polígonos.[Mendoza et al; 2009].

Tabla 2.Escenarios de cambio climático que suponen variación media anual en la temperatura Colombia[NOAA. ;2008]

Horizonte de Tiempo	Pesimista IS-92a	Pesimista IS-92c
2010	0.4	0.2
2050	1.7	1.3
2100	3.1	1.6

III. Resultados

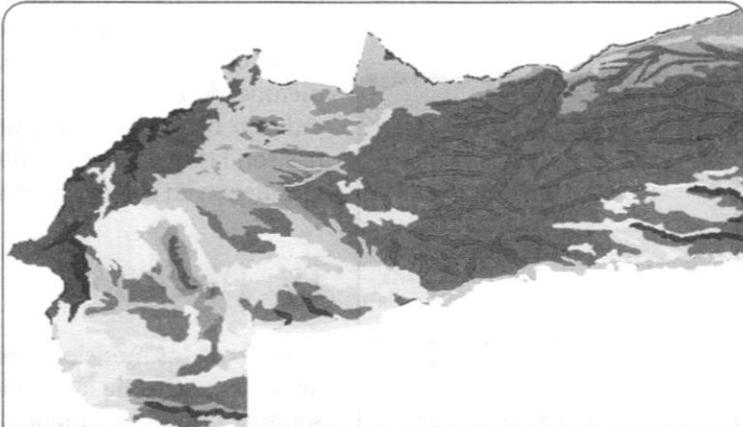


Fig. 2. Mapa Ecosistemas Departamento del Meta; Instituto Alexander von Humboldt Proyecto Orinoquia.

Según el mapa de Ecosistemas del departamento del Meta; Instituto Alexander von Humboldt; proyecto Orinoquia base de este Estudio; los Ecosistemas presentes en El Departamento del Meta se definieron 14 zonas de vida, donde se determinan diferentes tipos de Vegetación que comprende desde bosque húmedos, sabanas de altillanura, llanuras de inundación negra y blanca hasta paramo húmedo. La variación de valores de los factores teniendo en cuenta la tabla 2. Escenarios de cambio climático que suponen variación media anual en la temperatura Colombia [MMA, IDEAM, PNUD 2009]. Nos dan como resultado los siguientes escenarios:

Las superficies de las zonas secas y muy secas según la modelación se incrementara en la llanura y las superficies húmedas se incrementan en el piedemonte (excepto en el escenario pesimista donde el porcentaje de áreas húmedas resulta ser menor que el actual). Se destaca que en la parte central para el escenario pesimista se presenta un incremento de superficies muy secas, sobre todo aquellas que están bajo presión antropica. Todo lo anterior indica que tras la modelación de los ecosistemas del Departamento del Meta mediante la susceptibilidad de las zonas de vida de Holdridge; los ecosistemas tendrán que adaptarse a condiciones climáticas muy distintas a las actuales.

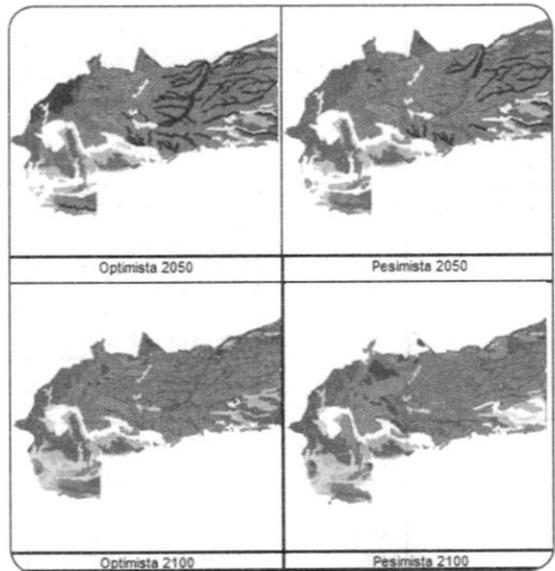


Fig. 3. Modelación de escenarios de cambio climático IS92a e IS92c Ecosistemas Departamento del Meta; para horizontes de tiempo 2050, 2100.

Para el 2050; las zonas de vida más sensibles serán las provincias más húmedas y piso alti-

Tabla 3. Ecosistemas presentes en el Departamento del Meta; Instituto Alexander von Humboldt; proyecto Orinoquia.

TIPO GENERAL	BIOMA	ECO-SISTEMAS
Zonobioma del bosque húmedo tropical.	Bosques tropicales de la Amazonía y Orinoquia.	Bosque alto denso de terrazas antiguas de grandes ríos.
		Bosque alto denso de planicie sedimentaria ligeramente ondulada del norte.
		Bosque alto denso. Planicie sedimentaria fuertemente ondulada.
Orobiomas del zonobioma de bosque húmedo tropical.	Orobiomas Andinos.	Bosques húmedos subandino.
		Bosques medio denso húmedos andinos.
		Bosque medio denso alto andinos. Húmedos y de niebla.
		Páramos húmedos.
	Orobioss Amazónicos.	Bosque alto denso submontanos de la Sierra de La Macarena.
		BAD montanos de la Sierra de la Macarena.
BBD de niebla de la Sierra de la Macarena.		
Pedomionas y helobiomas del zonobioma de bosque húmedo tropical.	Pedobiomas Andinos.	Bosque medio denso andino y alto andino.
	Litobiomas Amazónicos.	Arbustales esclerófilos de cimas de la Serranía de la Macarena.
	Peinobiomas Llaneros.	Sabanas de altillanura plana.
		Sabanas de altillanura muy disectadas.
	Helobiomas de la amazonia.	BAD de las llanuras de inundación de ríos andinos (aguas blancas).
		BMD y BBD de las llanuras de inundación de ríos amazónicos (aguas negras).
Helobiomas Orinoquia.	BMD del bosque de galería y morichales.	

tudinal mayor: Paramo y subparamo, Sin embargo el mayor impacto se dará sobre el bosque medio húmedo tropical (bmh-T), el que según la modelación con el método de Holdridge en su mayoría se reducen hasta casi extinguirse, estas zonas son las que mayor influencia antropica tienen en el Departamento.

IV. Discusión

Basados en los modelos climáticos el Panel de Expertos de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático IPCC [Core et al 2007]. Se ha estimado que dada la tendencia actual de emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera, la temperatura media del planeta podría alcanzar hasta 4 o 5 °C más que la temperatura actual. Estas estimaciones sobre las condiciones futuras del clima se conocen como escenarios climáticos [Core et al; 2007]. Uno de los aspectos más relevantes que se pueden observar en la mayoría de estos escenarios con la modelación de la susceptibilidad de las zonas de vida de Holdridge es la importante reducción que sucede en la precipitación a lo largo de la Orinoquia-Amazonia. Similar se puede observar un aumento importante en la temperatura promedio anual; resultados similares [UNODC ; 2009].

A pesar de las incertidumbres que aún existen, se puede inferir que bajo el escenario pesimista, se presentaran incrementos mayores de temperatura en el departamento y estas se darán en los meses de diciembre- marzo (hasta 3.8°C).

La precipitación disminuirá durante diciembre-abril, presentándose un máximo en marzo (-63%). Igualmente la nubosidad disminuye en los meses de julio y agosto (-20%), y en el mes de febrero (-23%), aumentando en el mes de marzo (+18%).

Hoy día, durante el período seco, ocurren algunas lluvias asociadas a la advección de humedad y a un debilitamiento de los vientos alisios predominantes. Bajo este escenario pareciera que esta posibilidad se reduce y tales lluvias serían poco probables.

La precipitación y la nubosidad tienden hacia una reducción importante desde el punto de vista climático y tendrían un impacto peligroso, particularmente si esta reducción por cambio climático se magnifica con las reducciones características que ocurren durante un evento del fenómeno de El Niño. (Fenómeno cálido del Pacífico).

V. Conclusiones

Existen pruebas científicas que demuestran que el cambio climático es real y que su impacto es irreversible y catastrófico. Las Simulaciones de escenarios de cambio climático en el Departamento del Meta muestra la vulnerabilidad de los Ecosistemas del Departamento ante cambios climáticos. Este estudio es el primero de su tipo en el Departamento del Meta y nos muestra las posibilidades de desaparición de algunas zonas de vida entre las que se encuentran las provincias más húmedas y de piso altitudinal mayor: Paramo y subpáramo de nuestro Departamento, la importancia de dichos ecosistemas para la economía y la ecología regional se puede subdividir en 1) "función ecológica". 2) "función agrícola". 3) "función hidrológica". Esta última función es probablemente la más importante y sitúa a los páramos como las "fabricas" de agua o la "cuna" del sistema hídrico de los neotrópicos.

Otro de los grandes impactos se dará sobre el ecosistema bosque húmedo medio tropical (bmh-T), donde según la modelación se tendrán impactos que llevarán a estos ecosistemas en el Departamento a casi su extinción, En el bosque húmedo tropical; La humedad es la clave para mantener las perfectas condiciones de este ecosistema; el bioma más complejo de la tierra en términos de su estructura y diversidad de especies, Actualmente, proteger y utilizar de forma sostenible el bosque tropical es una tarea de carácter urgente. La importancia de los bosques húmedos tropicales se basa en que la mayor diversidad de recursos vegetales y de animales del mundo se encuentra en ellos y además son reguladores del clima regional por excelencia.

La diversidad de especies es en realidad la diversidad de ecosistemas y no se puede pensar en las especies como algo aislado del ecosistema. La investigación sobre cambio climático es de vital importancia, toda vez que del impacto de la temperatura en los cultivos, ecosistemas depende el futuro de millones de personas en todo el planeta.

VI. Referencias

- BLYDENSTEIN, J. 1967. *The savanna vegetation of the llanos of Colombia*. Ecology 48: 1-15
- CANO ; CARLOS GUSTAVO "La economía del cambio climático y la opción amazónica", 2009 (Referencia de artículo publicado en un libro de recopilaciones, La serie "Borradores de Economía" es una publicación de la Subgerencia de Estudios Económicos del Banco de la República).
- CORE WRITING TEAM, PACHAURI, R.K. AND REISINGER, A. (EDS.) IPCC, Geneva, Switzerland. 2007, pp 104, Informe de síntesis.

- CORMACARENA. 2004. *Plan de acción trienal 2004-2006. Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de la Macarena, Villavicencio, Colombia. Macarena, Villavicencio, Colombia.*
- GELBSPAN, R. (1998) "The Heat is On: The Climate Crisis". Reading, Mass. Perseus.
- HERNANDEZ, J. 1992. *Ensayo sobre los biomas de Colombia. En : Halffter, G. y Ezcurra, E. (eds.) 1992. La diversidad biológica de Iberoamérica. Acta Zoológica Mexicana. Volumen Especial 1992.*
- HOLDRIDGE, L. R. 1947. *Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. Science Vol 105 No. 2727: 367-368*
- HOLDRIDGE, L. R. 1963. *The determination of atmospheric water movements. Ecology 43: 1-9.*
- HOLDRIDGE, L. R. 1967. *Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.*
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE IPCC 2007; Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment (TGICA) GENERAL GUIDELINES ON THE USE OF SCENARIO DATA FOR CLIMATE IMPACT AND ADAPTATION ASSESSMENT.
- LABRAGA ; JUAN CARLOS; Área de Investigación de Física Ambiental, Centro Nacional Patagónico, CONICET, Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy 2010.
- MELILLO J.M., CALLAGHAN T.V., WOODWARD F.I., SALATI E., AND SINHA S.K.: 1990, *Effects on ecosystems, in: Climate Change: The IPCC Scientific Assessment, Houghton J.T., Jenkins G.J., and Ephraums J.J. (eds), Cambridge University Press, Cambridge, pp.*
- MENDOZA, CHEVEZ, M, GONZÁLEZ, B. Metodología Usada en "Zonas de Vida de Holdridge en función del cambio climático"; 2009, Nicaragua.
- MMA, IDEAM, PNUD Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas cambio climático, 2007 ISBN 958-8067-04-9 Colombia.
- NOAA. 2008. *Monthly Multivariate Enso Index (MEI). Global change master directory - NASA 18-12-2008*
http://gcmd.nasa.gov/records/GCMD_NOAA_NWS_CPC_MEI.html.
- RANGEL-CH., J.O. & M. AGUILAR-P. 1995. *Una aproximación sobre la diversidad climática en las regiones naturales de Colombia, p 25-76. In J.O. Rangel-Ch. (ed.) Colombia diversidad biótica I. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia.*
- SMITH T.M., SHUGART H.H., BONAN G.B., AND SMITH J.B.: 1992b, *Advances in Ecological Research 22, 367. Warrick R.A., Shugart H.H., Antonovsky M. Ja., Tarrant J.R., and Tucker C.J.: 1986, The effect of increased CO2 and climate change on terrestrial ecosystems, in: The Greenhouse Effect, Climate Change and Ecosystems, Bolin B., Doss B., Jager J., and Warrick R. (eds.), SCOPE 29, John Wiley and Sons, New York, pp. 368-392.*
- UNODC/COLOMBIA PREPARÁNDOSE PARA EL FUTURO Proyecto 2009, AD/COL/L21.
- WATSON CÉSPEDES ; VICENTE, JOSEPH A.; TOSI 2000; EL SISTEMA DE ZONAS DE VIDA; revista Biocenosis 13(1/2). Año 2000.