

Agricultura y Cambio Climático en el Huila

Jaime Izquierdo, José Ivan Chavarro**, Gustavo Adolfo Trujillo****

Resumen

Considerando la importancia actual del cambio climático global y la creciente necesidad de reducir los riesgos en la agricultura, se propone la presente investigación en la zona norte del Departamento del Huila, para determinar el impacto que tiene la dinámica climática y su variabilidad atribuida al cambio climático global, sobre la producción agrícola en aproximadamente 4.500 ha localizadas en los distritos de riego San Alfonso, El Juncal y El Porvenir.

La base para el análisis del cambio climático y sus implicaciones sobre la agricultura, es la información histórica climática recopilada, representada en graficas de distribución anual y modelación espaciotemporal en la fisiografía del área de estudio, con el fin de exponer la dinámica climática de las últimas dos décadas. El desarrollo del software MOBAYNER permitió la modelación de balances de masas de agua anual mediante la metodología de Hargreaves, proporcionando información base en la estimación de las necesidades de riego, relacionadas con la distribución espacial de las características físicas de los suelos y su uso en cada distrito de riego.

Con el conocimiento general de las tendencias de las variables meteorológicas expuestas en la dinámica climática de los últimos 20 años, se proyectaron algunas variables hasta el año 2015, modeladas en 2D y 3D, exponiendo su tendencia en la distribución espacio-temporal. El resultado de las modelaciones permitió estimar a futuro el posible impacto del fenómeno de cambio climático en la agricultura y el ambiente en el área de investigación; este diagnóstico básico genera información que puede ser utilizada en la proyección del manejo de los recursos agua-suelo en la producción agrícola, la programación de actividades de campo y elaboración de los futuros planes agrícolas de acuerdo con la oferta agro-climatológica de la zona.

Palabras claves: Agricultura, Cambio climático, Modelación, Manejo de agua y suelo.

* M.Sc. Recursos Hídricos. Profesor Titular. Facultad de Ingeniería. Universidad Surcolombiana. jaimeizquierdo@usco.edu.co - www.grupoghida.com

** B.Sc. Ing. Agrícola. Joven Investigador USCO 2007. Exchange Student University of Oklahoma 2006. Environmental Modelling Ph.D Course and Soil Science Master Course. Ing_chavarro@yahoo.es

*** B.Sc. Ing. Electrónico. Joven Investigador GHIDA 2007. Exchange Student University of Oklahoma 2006. Network Security and Database Management. Master Courses. gustavo.lemus@hotmail.com



Abstract

Considering the current importance of the global climatic change and the growing necessity of reducing the risks in the agriculture, the university proposes the following research in the north area of the Huila Department, to determine the impact that has the climatic dynamics and its variability attributed to the global climatic change, in the agricultural production in approximately 11115 acres located in the irrigations districts San Alfonso, The Juncal and The Porvenir.

The base for the analysis of the climatic change and its implications in the agriculture, is the gathered climatic historical information, represented in graphic of annual distribution and modelling spatial-time in the topography of the study area, with the purpose of exposing the climatic dynamics of the last two decades. The development of the software MOBAYNER allowed the modelling of balances of masses of water yearly by means of the Hargreaves methodology, providing information bases on the estimate of the irrigation necessities, related with the spatial distribution of the physical characteristics of the soils and its use in each irrigation district.

With the general knowledge of the tendencies of the meteorological variables exposed in the climatic dynamics of the last 20 years were projected some variables until the year 2015, modelled in 2D and 3D, exposing its tendency in the distribution spatial-time. The result of the modelling allowed to estimate to future the possible impact of the phenomenon of climatic change in the agriculture and the environment in the research area; this diagnose basic it generates information that can be used in the projection of the management of the resources water-soil in the agricultural production, the programming of field activities and elaboration of the future agricultural plans of agreement with the offer agriculture - climatological of the area.

Key words: Agriculture, climatic Change, model water Management, soils.

Introducción

La Universidad Surcolombiana a través del Grupo de Investigación GHIDA de la Facultad de Ingeniería, ante la imperiosa necesidad de brindar soluciones con relación al uso adecuado del recurso hídrico en la producción agrícola, realizó la presente investigación integrada al ámbito de desarrollo regional del norte del Departamento del Huila, determinando en primera aproximación la influencia del cambio climático en la agricultura, teniendo en consideración que este no es un fenómeno aislado del deterioro de los ecosistemas en el Departamento.

La elaboración de un software que estime los balances de masas de agua, es un instrumento más que permitirá establecer la programación de siembra de cultivos de acuerdo con la posible oferta climatológica. En el desarrollo de este componente informático se evidenciaron variaciones en la distribución de las series

históricas de las variables climatológicas, evidenciando que estas en conjunto se expresan como resultado de la dinámica global, razón por la cual, la investigación planeo un mayor alcance enfocado a la identificación de esta dinámica en el entorno regional. El desarrollo del software MOBAYNER (Modelación de Balances y Necesidades de Riego) permitió modelar la dinámica climática en la zona norte del Departamento e identificar sus variaciones atribuidas al cambio climático, su influencia sobre la demanda hídrica de los cultivos y la proyección de las variables climáticas precipitación y temperatura para los próximos 10 años (2005-2015), exhibida mediante modelación 2D - 3D, con el fin de visualizar la tendencia de este fenómeno.

Con la presente investigación, se espera concientizar a la comunidad en general y especialmente a entes gubernamentales de administración ambiental, sobre la importancia de aplicar controles que conlleven al uso eficiente



de los recursos naturales y su explotación en la agricultura, así como la utilización de nuevas tecnologías que disminuyan el deterioro ambiental de ecosistemas y mitiguen los efectos del cambio climático.

» Metodología

La base fundamental de la investigación fue la creación de una base de datos en ACCES con la información cartográfica, edafológica, de cultivos, suelos y la información histórica de las variables climatológicas para la realización de los balances agro-climáticos y análisis de tendencias.

La información fue sometida a procesos de complementación, verificación, ajuste y homogenización utilizando las técnicas para tal fin, programadas en MATEMÁTICA 5.2. Se realizaron reconocimientos y muestreos en campo para la determinación de la distribución espacial de las características físicas de los suelos, información incorporada a la base de datos para la estimación de las necesidades para riego y drenaje.

Se desarrolló el software MOBAYNER, con la incorporación de la base de datos y la aplicación de la metodología de Hargreaves para modelar los balances hídricos y caracterizar los cambios en los regímenes de precipitación y evaporación que influyen en el desarrollo y rendimiento de los cultivos durante los últimos 20 años en la zona norte del Departamento del Huila, donde se encuentran los Distritos de Riego de mayor área en producción agrícola. Para este fin, se comparan balances en años que tienen 1°C de diferencia en la temperatura promedio anual, identificando la posible variación en las necesidades hídricas de los cultivos y la vegetación natural del ecosistema. El software se elaboró en el lenguaje de programación VISUALBASIC 6.0, evaluándose bajo diferentes condiciones de humedad y periodos en el año, analizando la bondad de los ajustes mediante métodos estadísticos evaluados en MATLAB.

Adicionalmente se modeló la variabilidad espacio-temporal de algunas variables climáticas como la precipitación y temperatura mediante la implementación del software SURFER 8.0 con el objetivo de caracterizar y describir patrones de distribución, evaluados en el software GS+ (Geostatistics for the Environmental Sciences), permitiendo evidenciar las zonas con diferentes ambientes de humedad y temperatura, caracterizando aquellas con mayor demanda hídrica correspondientes a zonas áridas y semiáridas.

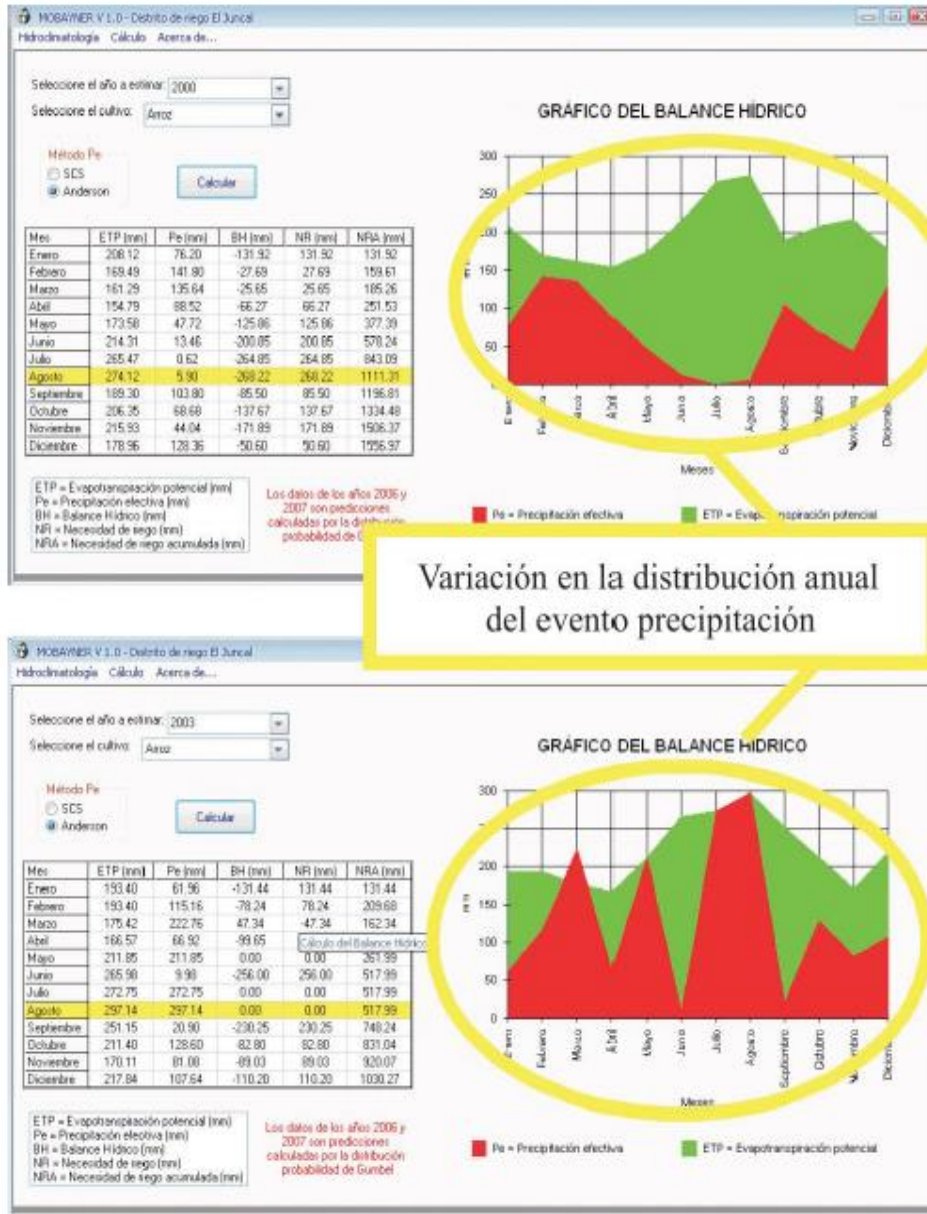
El análisis de parámetros estadísticos como la media, desviación estándar, asimetría y coeficiente de variación, aplicados a la información climática para determinar el modelo de mejor ajuste a la distribución de datos de la serie para la proyección de los eventos en los próximos 10 años, para este fin se aplicó Pearson III en el software SMADA-Distrib para estimar el impacto a futuro de este fenómeno específicamente en la agricultura.

Los resultados de las modelaciones son contrastados con las teorías del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) y la dinámica climática global, determinando su aplicabilidad en el entorno regional.

Resultados y Discusión

El software MOBAYNER 1.0, ilustra la distribución de los balances de masas de agua en los últimos 20 años, permitiendo evidenciar la variabilidad y tendencia climática que servirá de partida para la programación de siembra de cultivos y el cálculo de las necesidades hídricas de los mismos.

La comparación de algunos balances exponen por ejemplo, que entre los años 2000 y 2003 con diferencia de 1°C en la temperatura promedio anual, varía la necesidad de riego acumulada de 1556.97 a 1030.27 mm/año, significando una diferencia aproximada en volumen de agua anual de 5267 m³/ha. (Ver Figura 1).



Variación en la distribución anual del evento precipitación

Figura 1. Balance de masas de agua de los años 2000 y 2003

En la figura 1(memoria de cálculo en el programa), se muestra que la distribución de la precipitación es diferente, varía anualmente y que de esta variación depende en gran medida el aumento de la necesidad hídrica de los cultivos, debido a que la distribución de la



evapotranspiración mantiene una tendencia regular y establecida. El año 2000 expone una distribución bimodal de la precipitación, los niveles de aporte comparados con la evaporación, indican que fue un año seco, en donde se mantuvo un déficit hídrico durante todo el año, reflejado en la necesidad de riego mensual y acumulada. En contraste el año 2003 expone una distribución multi-modal de la precipitación, los niveles pico en los aportes puntuales, sobrepasan la tasa de evaporación y por tanto, en estos meses de elevado aporte no existe déficit hídrico. Al mismo tiempo, después de un mes de elevado aporte, es seguido por un mes de intenso verano, donde el aporte algunas veces es cero.

Esta variación en la distribución de la precipitación haría suponer que podría generar un mayor déficit, pero esta característica de variación en la distribución del evento, es acompañada con un aumento en la intensidad del mismo, reflejado en el aumento de la cantidad total del aporte, lo cual es relacionado con la ocurrencia con más frecuencia de los eventos extremos, que generan en el cálculo del balance de masa para el año 2003 en comparación con el 2000, una disminución en la necesidad de riego acumulada.

Es necesario recordar que el balance de masas

es un sistema integral de aportes y salidas de masas de agua, pero en la realización de este cálculo directo no es tenido en cuenta la capacidad de retención de los aportes realizados por la atmósfera. Esta capacidad esta en función de las características de los suelos y la cobertura vegetal de los mismos. Teniendo en cuenta este concepto, las necesidades de riego calculadas en el programa podrían variar con tendencia al aumento debido a la poca capacidad de retención de las cuencas de la zona norte, caracterizadas por tener suelos levemente desarrollados, de poca profundidad en el perfil y de dominio de texturas gruesas a medias.

En la figura 2 se expone la distribución de la precipitación anual y la temperatura promedio, visualizando las áreas con menor incidencia de estos, definiendo las áreas secas, comprendidas en un eje imaginario en el centro de la zona norte en el valle aluvial del río Magdalena entre las cordilleras central y oriental, que parte desde la Represa de Betania y se desplaza hasta el Distrito de Riego San Alfonso, en este último las características de elevadas temperaturas con baja precipitación denotan condiciones de aridez. El efecto de cambio climático tiene gran influencia en este eje, reflejado en la variación de la distribución de la precipitación y la tendencia a incrementar la temperatura promedio.

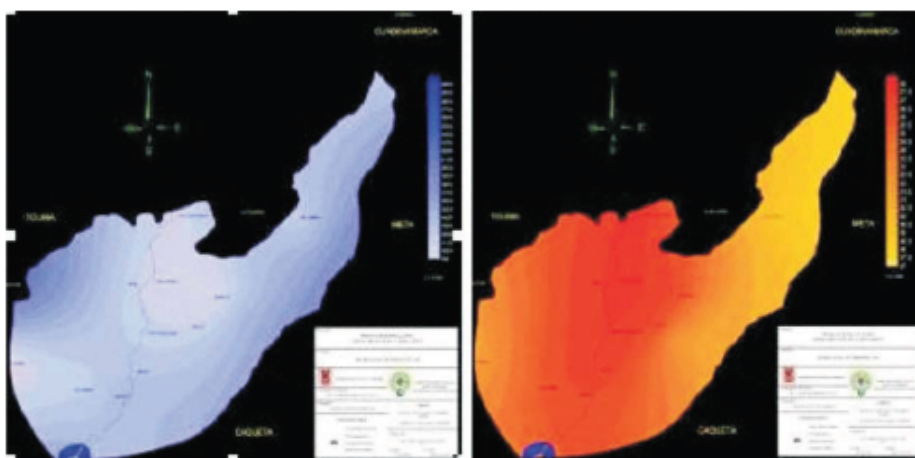


Figura 2. Variabilidad Espacial de las variables climáticas.

En el Departamento del Huila ha sido característica la distribución bimodal de la precipitación



compuesta por dos periodos secos y dos periodos de lluvias, pero como se aprecia en el balance de masas de agua del año 2003, la distribución fluctuó a cuatro periodos cortos de lluvia. Esta variación en la distribución es atribuida a fenómenos asociados al cambio climático global como lo son el Niño y la Niña. 2000

Al realizar una comparación entre los balances de masas y la distribución espacial de los eventos, se evidencia la relación entre el año seco y la temperatura, contrastado con la variación de la demanda hídrica en los años 2000 y 2003, en la cual existe correspondencia entre el incremento de la temperatura ($1\text{ }^{\circ}\text{C}$) con el déficit hídrico en las áreas agrícolas de la zona norte. Lo anterior, es el reflejo de la variación de la demanda hídrica a la que se enfrenta la producción agrícola por las variaciones climáticas; por esta razón para definir un patrón de cambio en el tiempo, se elaboraron (20) modelaciones que muestran la variabilidad espacio-temporal de la precipitación y la temperatura en el periodo 1986 – 2005, visualizando la recurrencia de años secos, años húmedos y la periodicidad con que se repiten. Las dos variables anteriores se seleccionaron debido a que son las de mayor sensibilidad e interés en la identificación del cambio climático.

El análisis estadístico de las variables modeladas, se realizó con el fin de determinar índices evaluadores como la asimetría, la desviación estándar, la media y el coeficiente de variación, identificando así las características de distribución de las series de datos y aplicar la modelación estadística de mejor ajuste para la inferencia de los eventos en los próximos años. Para este propósito, se aplicó la distribución de Pearson III, por su ajuste a la leve variación reflejada en la serie evaluada. El análisis se realizó con el software SMADA-Distrib 2.13. (Ver Figura 3).

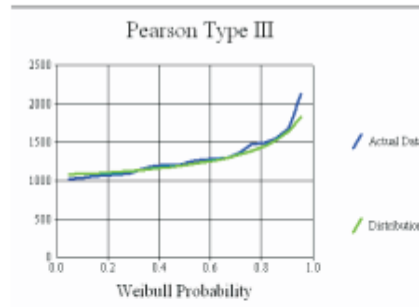
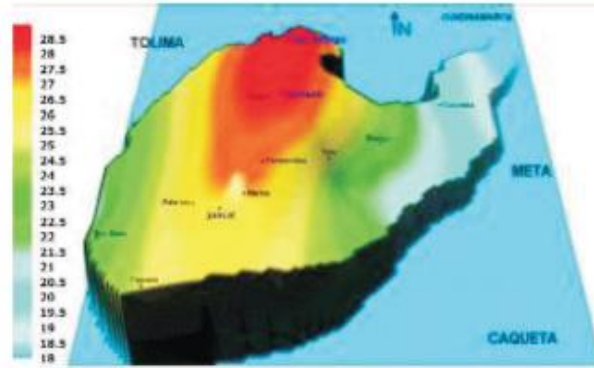


Figura 3. Ajuste de la serie histórica a la distribución de probabilidad.

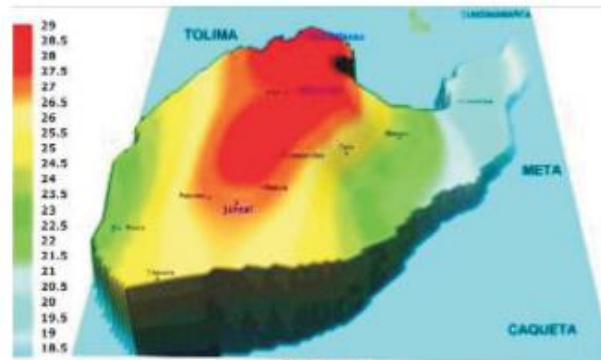
De igual manera se realizaron los análisis para las series de datos de las 15 estaciones seleccionadas en la investigación. El método estadístico de mejor ajuste para las inferencias, es la distribución de Pearson III, con el cual se proyectaron los datos de las variables para los años 2007, 2008, 2010 y 2015.

En la proyección de la variable precipitación acumulada anual se evidencia la tendencia al aumento, que a su vez está relacionada con la ocurrencia de eventos extremos (aguaceros) identificados por la variación en la cantidad e intensidad del evento. En la investigación se relacionó el aumento en la cantidad total del aporte acumulado anual con la posible ocurrencia de eventos extremos.

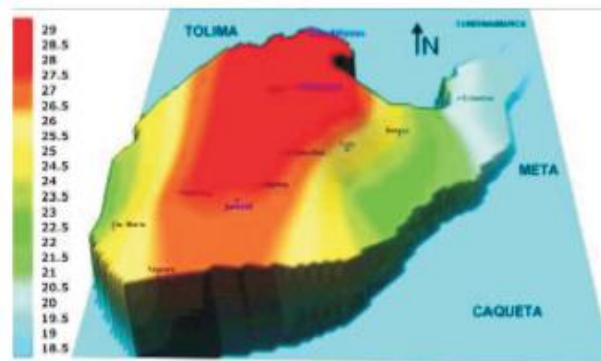
De igual forma se proyectó la variable temperatura media, que es el promedio de lecturas tomadas durante un periodo de tiempo determinado. La modelación permite comparar la evolución del cambio climático, representado en el aumento de la temperatura, su área de influencia y su relación con la distribución de la precipitación. Las de isoterma 3D, son proyectadas para los años 1986, 2005 y 2015 (ver figura 4).



1986



2005



2015

Figura 4. Isothermas 3D



La modelación espacio-temporal en Isotermas 3D expone la distribución, tendencia al incremento y área de influencia de este incremento en la temperatura de la zona norte, que está relacionado con la expansión del desierto de la Tatacoa por procesos erosivos que conllevan al deterioro de los suelos, resultado del impacto del cambio climático.

La humedad relativa es una variable climática importante en la dinámica global. Para la zona norte del Huila, se ha descrito una tendencia a la disminución del porcentaje de humedad en el ambiente, induciendo a ambientes más secos de mayor exigencia a los tejidos vegetales para mantener su balance hídrico con la atmósfera circundante.

» Conclusiones

- MOBAYNER es un software robusto desarrollado para modelar los balances de masas de agua anuales con base en la información climatológica histórica de los últimos 20 años de las áreas de producción agrícola donde se localizan los distritos de riego más importantes del norte del Departamento del Huila. La programación del software con la teoría de balance hídrico según la metodología de Hargreaves, permitió elaborar gráfica y numéricamente los balances agro-climáticos de la información histórica recopilada, la cual fue aplicada a los principales materiales vegetales que se cultivan en los distritos de riego; con esta información se estimaron las necesidades de riego, considerando la variabilidad espacial de los suelos de las distintas áreas de producción agrícola con el fin de obtener un mayor grado de aproximación en el cálculo. El resultado de este proceso provee información que puede ser utilizada como criterio para la selección de épocas de siembra, evaluando la necesidad hídrica durante su periodo vegetativo y la oferta climatológica de la zona.
- La recopilación y almacenamiento de la información climatológica histórica mediante la creación de la base de datos del software MOBAYNER, permitió además de modelar los balances de masas de agua, realizar la inferencia de los eventos climatológicos para los dos años siguientes al 2005. La estimación de las demandas hídricas anuales cuantificadas mes a mes, permite a los administradores de los distritos de riego y a los agricultores programar la siembra del material vegetal en los distintos periodos, sugiriendo aquellos con menor probabilidad de tener necesidades hídricas elevadas, generando un ahorro en el cobro de la tarifa de agua.
- Con el software MOBAYNER se logró visualizar la dinámica y las implicaciones del cambio climático global en la zona norte del Departamento del Huila. Con la generación de balance de masas de agua se logró evidenciar la variación en la distribución de las precipitaciones, observando un cambio de régimen bimodal a multi-modal, con la implicación de una menor duración y mayor intensidad de los eventos pluviales. Este cambio induce a una mayor necesidad hídrica de los cultivos debido a la distribución irregular del agua, incrementando los periodos secos, haciendo necesario una mayor dosis de riego para suplir la necesidad hídrica.
- La zona norte del Departamento de Huila exhibe un avance en la afectación de áreas por el proceso de desertificación, revelando una alta vulnerabilidad al cambio climático global, debido a que sus efectos pueden generar un mayor impacto. Algunas de las características de este fenómeno es reflejado en el proceso de calentamiento progresivo relacionado con el incremento de la tasa de desertificación anual. El área del valle del Magdalena en el norte es caracterizada por bajos niveles de precipitación y una variación en la distribución normal de este evento genera un aumento en las necesidades hídricas de los cultivos y la vegetación natural, ocasionando con mayor frecuencia estrés hídrico en los tejidos vegetales, conllevando a la pérdida de cobertura y generando la degradación de los suelos, afectando los sistemas de producción agrícola y los



ecosistemas que posiblemente en un futuro harán parte del área desértica de la Tatacoa con las connotaciones que esta conlleva.

- Los análisis de las series históricas de las variables climáticas regionales tienen similitud con las tendencias descritas por los científicos sobre la dinámica de cambio climático global. La temperatura presentó tendencia al aumento con aproximadamente 0.5°C en los últimos 20 años. La proyección realizada estima para el año 2015 un aumento igual de 0.5°C en la temperatura promedio, evidenciándose un incremento más acelerado, relevante para la comunidad científica. Con la modelación 2D, se logró visualizar la distribución espacial de las variables climáticas precipitación y temperatura, los contrastes diferencian las áreas de influencia de la variabilidad climática de afectación, revelando los sitios con mayor vulnerabilidad en la zona norte. Con la aplicación gráfica animada de modelación en 3D, se observa en forma clara y objetiva las implicaciones del calentamiento, con el fin de facilitar la comprensión y significado de la afectación de la dinámica climática global en el entorno y el área geográfica habitada.
- La implementación de modelos numéricos analíticos y estadísticos permitieron describir la dinámica de las series históricas de los últimos 20 años, determinando su variación y su tendencia, permitiendo estimar su comportamiento a un futuro cercano proyectado al año 2015, ajustado a la tendencia descrita por cada serie. Con la modelación isotérmica 3D y proyección de la variable temperatura, se logró exponer el área de influencia de la posible afectación en el año 2015 y el avance en el aumento del área afectada durante las dos décadas desde 1986 hasta el 2005. Al mismo tiempo, el análisis de la serie histórica de la variable humedad relativa, revela la tendencia a tener variación de ambientes, debido a veranos intensos y las épocas con aportes puntuales de mayor magnitud en la precipitación. Con la teoría de cambio climático global, es posible reconocer las áreas con ambientes

secos y las potencialmente susceptibles a serlo, previendo una tendencia al aumento de la temperatura, un cambio en la distribución e intensidad de las precipitaciones y una mayor influencia de los efectos de este fenómeno, producto de la aceleración de este proceso.

- Para los próximos 10 años se considera el aumento del área desértica de la Tatacoa teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las áreas que actualmente lo rodean, conllevando a un proceso de degradación de suelos. Para la agricultura, se estiman impactos relacionados con el aumento de las demandas hídricas de los cultivos, generados por posibles aumentos en la temperatura y la limitada oferta hídrica que se puede presentar en un futuro próximo. En algunas proyecciones realizadas, se estimó que con el aumento de 1°C en la temperatura promedio, las demandas hídricas anuales de los cultivos pueden incrementarse a razón de 5267 m³/ha, conllevando a una problemática por la administración del recurso hídrico e impactos económicos importantes por pérdidas o bajos rendimientos en la producción agrícola.

» Bibliografía

1. AVIDAN, Factores que influyen sobre el régimen de riego. CINADCO. Israel. 1994.
2. ARAMBURO, Luis y PORRAS Hernán, Estadística y probabilidad aplicada a hidrología mediante el empleo del lenguaje de programación Basic. UIS. Bucaramanga. 1986.
3. COLEGIO DE POSTGRADUADOS. Manual de conservación de suelos y del agua. SHAR Chapingo. Mexico. 1977.
4. JOHN, Wiley. SMADA-Hydrology: Water Quantity and Water. Quality Control 2nd Edition.



5. MARGARITA, Toro. Programación en Mathematica con Aplicaciones a la Teoría de Nudos. 2004.
6. MICHAEL A. Celia y WILLIAM G. Gray. Numerical Methods for Differential Equations. Fundamental Concepts for Scientific and Engineering Applications. 1992.
7. MONTEALEGRE Fernando y TORRENTE Armando. Características hidrológicas de una cuenca, evaporación y transpiración, estadística aplicada a la hidrológica. UNAL. Palmira. 1997.
8. UNEP-WMO-UNITAR-UNFCCC. Climate Change - Information kit. Editado en Suiza. Enero de 1997.
9. Ministerio del Medio Ambiente, IDEAM, PNUD. Colombia, Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Santa Fe de Bogotá, Diciembre de 2001.