

MODELO DE LA DESCOMPOSICION Y DINAMICA DE LA MATERIA ORGANICA EN UNA SABANA TROPICAL INUNDABLE. VENEZUELA

DECOMPOSITION AND DINAMIC MODEL OF ORGANIC MATTER IN A FLOODING TROPICAL GRASSLAND. VENEZUELA

José C. Rodríguez*, Luis Bulla** y George S. Innis***

* *Centro de Estudios Integrales del Ambiente - CENAMB, Universidad Central de Venezuela.
Apartado Postal 17350, Caracas 1015-A, Venezuela.*

** *Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Apartado
Postal 47058, Caracas 1041-A, Venezuela.*

*** *Natural Resources Ecology Laboratory, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, U.S.A.*

RESUMEN

Se desarrolló un modelo determinístico y otro estocástico sobre la descomposición del Mantillo y el material Muerto en Pié, en una sabana tropical en el Estado Apure al sur-oeste de Venezuela. Ambos modelos sugieren que la construcción de diques en la Sabana para controlar inundaciones en el área, no afectan significativamente la dinámica de los procesos envueltos en la descomposición de la materia orgánica. Las simulaciones realizadas tanto en el ecosistema de Bajío como en el Estero, muestran que el estado estacionario se alcanza en dos o tres años. Todo esto sugiere que esos sistemas no se encuentran en un estado de sucesión ecológica y que los cambios ocurridos pueden considerarse como una extensión de las condiciones existentes en esas sabanas.

PALABRAS CLAVE: Modelo, descomposición, materia orgánica, sabana.

ABSTRACT

Deterministic and stochastic simulation models of litter and standing dead matter in the tropical grassland of Apure State of south western Venezuela were developed. Both models suggest that the construction of dikes in grassland to regulate water flow during the rainy season does not significantly alter the dynamics of the decomposition process. In both Estero and Bajío ecosystem simulations, steady state was reached in two to three years. We concluded that these systems are not undergoing succession. The ecological changes occurring can be considered as an extension of natural conditions inherent to these grasslands.

KEY WORDS: Model, decomposition, organic matter, savanna.

INTRODUCCION

A partir del trabajo clásico de Jenny et al. (1949), se establece el criterio de que en las regiones tropicales las tasas de descomposición del Mantillo, son mucho más elevadas que en las regiones ubicadas en los climas templados. Dicho criterio hace suponer que existe una amplia variación en el período de tiempo durante el cual los ecosistemas en sucesión o perturbados como un todo muestran un balance positivo (producción menos las pérdidas) de energía en forma de materia orgánica muerta, la cual no ha sido mineralizada. En particular, existe un desconocimiento en los ecosistemas tropicales acerca del tiempo en el cual dichos ecosistemas alcanzan un estado estacionario en relación con la dinámica de la materia orgánica acumulada y en proceso de descomposición. La única forma lógica mediante la cual se puede determinar la dinámica del material orgánico en descomposición y establecer con cierta exactitud el tiempo que llevará el alcanzar dicho estado estacionario es mediante la técnica del modelaje. Hasta el momento no existe ningún modelo de simulación para ecosistemas tropicales con el cual se pueda predecir la dinámica a seguir por la materia orgánica en descomposición a lo largo del tiempo. El mayor problema para la elaboración de dichos modelos, es la ausencia de datos de los principales componentes del ecosistemas y en particular los descomponedores (Lugo 1974).

Con el desarrollo del Programa de los Módulos del Estado Apure en el Llano inundable, el gobierno venezolano ha venido desarrollando un plan que abarca la construcción de amplios diques

modulares en una extensión de terreno de aproximadamente un millón de hectáreas. Estos módulos se pueden considerar como extensos y someros reservorios de agua, los cuales han sido construidos con el objeto fundamental de controlar las aguas de lluvia y mantener durante los períodos de sequía la producción primaria de los pastos con miras al desarrollo ganadero. Este tipo de perturbación ecológica en las sabanas naturales trajo como consecuencia un incremento en el nivel del agua y tiempo de inundación de las sabanas. Uno de los problemas ecológicos más preocupantes del sistema de modulado era el relacionado con el tiempo que llevaría para que el sistema perturbado alcanzase el estado estacionario, en relación con los aportes de materia orgánica a los compartimientos del Mantillo y el material Muerto en Pié, respecto a las tasas de descomposición existentes bajo las condiciones de modulado. Bulla et al. (1978; 1980 y 1981) han logrado suficiente información para conocer los valores del Mantillo, material Muerto en Pié y las tasas de descomposición a lo largo de un período anual. Estas publicaciones han permitido la elaboración del modelo que presentamos en este trabajo.

MODELO Y RESULTADOS

La Fig. 1 presenta el diagrama del modelo de simulación, el cual tiene como objetivo, determinar el tiempo necesario para que los compartimientos del Mantillo y del material Muerto en Pié, alcancen el estado estacionario. Es decir, que existe un balance entre el material aportado a los compartimientos y los procesos de descomposición que se

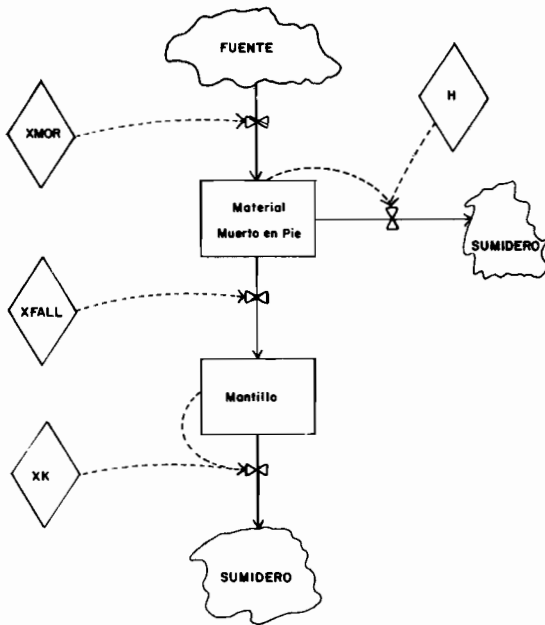


FIGURA 1. Diagrama de Forrester (1961) del modelo de la descomposición y dinámica de la materia orgánica (Mantillo y material Muerto en Pié). Los diamantes representan tasas de paso de un compartimiento a otro.

llevan a cabo en ellos a lo largo del tiempo en dos diferentes tipos de ecosistemas: Estero y Bajío, ubicados en el Módulo Experimental de Mantecal, en el Estado Apure.

Las ecuaciones que representan la dinámica del modelo, vienen dadas por las expresiones:

$$DEAD(t+1) = DEAD(t) + DT(XMOR - XFALL - H - DEAD(t))$$

$$XLITTE(t+1) = XLITTE(t) + DT(XFALL - XLITTE(t) - XK)$$

donde DEAD y XLITTE representan los valores del material Muerto en Pié y Mantillo, respectivamente en los tiempos (t) y (t+1); DT representa un determinado intervalo de tiempo durante el proceso de simulación; XFALL y XMOR

representan las cantidades de material muerto que caen diariamente a los compartimientos: Material muerto en Pié y Mantillo, a partir de una fuente primaria que es la biomasa verde (FUENTE); H y XK representan las tasas diarias de descomposición del material Muerto en Pié y Mantillo, respectivamente.

En este modelo se asume que la transferencia del material, así como las tasas de descomposición, varían mensualmente a lo largo del año. Estos tipos de "parámetros" se denominan variables manejables. Según Bulla (1981) y Bulla et al. (1980), las tasas de descomposición varían a lo largo del año, y están relacionadas con cambios en las condiciones ambientales. Al comienzo del año, las tasas de descomposición son nulas debido a la intensa sequía, y se van incrementando al comenzar las lluvias en los meses de marzo y abril; alcanzando un máximo en el mes de agosto, donde comienzan a caer marcadamente como consecuencia de que los niveles de las aguas en las sabanas son muy elevados y crean condiciones de anaerobiosis sobre el fondo. Cuando el nivel de las aguas va disminuyendo las tasas de descomposición comienzan a aumentar nuevamente. También asume el modelo, que hay una influencia de las cantidades de material acumulado en los compartimientos del Mantillo y el Material Muerto en Pié sobre las tasas de descomposición H y XK.

Las Figs. 2 y 3, representan los resultados de la simulación realizadas con el modelo trabajando en forma determinística (donde las varianzas de las variables manejables es igual a cero), para los compartimientos del Mantillo y el Mate-

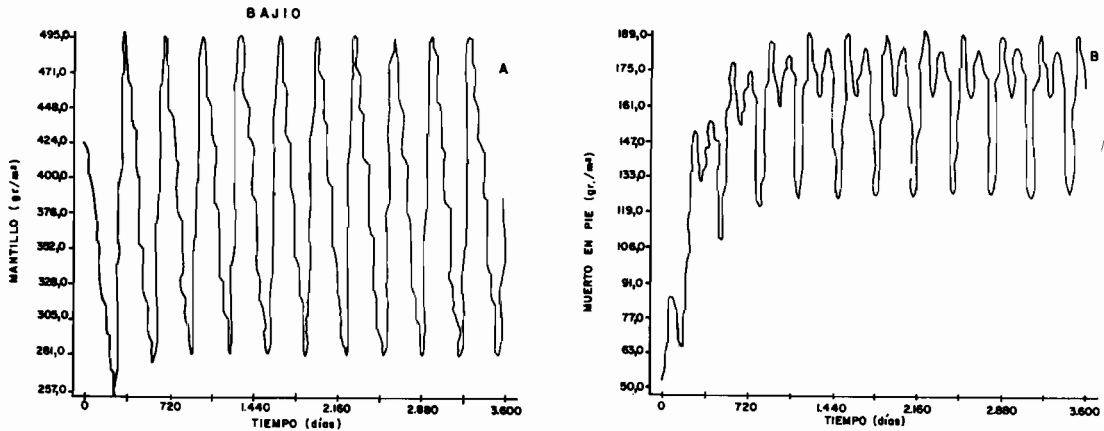


FIGURA 2. Simulación del Modelo Determinístico de la descomposición del Mantillo (A) y el material Muerto en Pié (B) en el Bajío, durante diez años. Durante la simulación el intervalo de tiempo (DT) utilizado fue de 30 días.

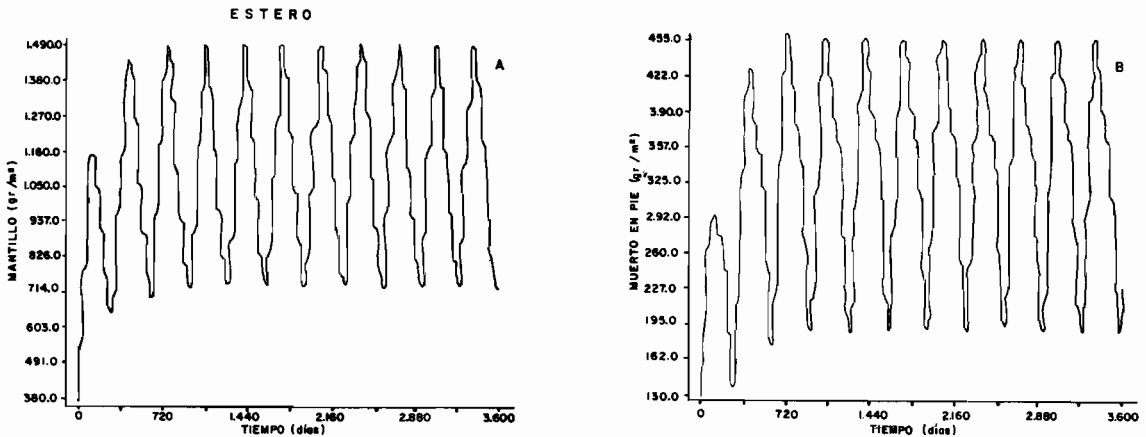


FIGURA 3. Simulación del Modelo Determinístico de la descomposición del Mantillo (A) y el material Muerto en Pié (B) en el Estero, durante diez años. Durante la simulación el intervalo de tiempo (DT) fue de 30 días.

rial Muerto en Pié, en los dos tipos de ecosistemas analizados: Estero y Bajío. Las Figs. 2A y 3A, muestran que el compartimiento del Mantillo va acumulando materia orgánica a lo largo del tiempo, hasta alcanzar un estado estacionario a partir del segundo año de simulación. En las Figs. 2B y 3B se puede observar un proceso análogo al anterior para el material Muerto en Pié, pero el estado estacionario se alcanza a partir del cuarto año.

Normalmente en la naturaleza, los procesos ecológicos son de tipo estocástico, por lo cual las suposiciones del modelo, de que los parámetros utilizados en la simulación permanecen constantes durante un período de tiempo determinado, son bastantes irreales. Por otro lado, normalmente los parámetros son estimados con diferentes tipos de errores asociados con ellos. Para solucionar dichos problemas se programaron los cambios necesarios en nuestro modelo determinístico, de tal forma que pase a ser un modelo de tipo estocástico, el cual trabaja con variables al azar en sustitución de las variables manejables utilizadas anteriormente. La técnica usada para generar variables al azar, consistió en asumir que las variables manejables representan los valores promedio de los parámetros a utilizar en un instante de tiempo DT durante la simulación y que presentan una distribución normal con desviación standard igual al 20% del valor de dichas variables manejables. Además se asume que las "variables al azar" se pueden hallar dentro de un intervalo representado por un 40% del valor de las "variables manejables". Mediante el uso de la función inversa de la

distribución acumulativa normal standard y usando números al azar se pueden generar los valores de Z , los cuales son fácilmente transformables en los valores de las variables al azar, mediante la expresión:

$$X = \mu + Z \sigma$$

donde X representa la variable al azar a utilizar en el modelo en cada instante de tiempo DT ; μ representa el conocido valor de la variable manejable en cada instante DT ; σ representa la desviación standard (Mihram, 1972).

El modelo estocástico se corrió mil veces en la computadora ($N = 1000$) y empleando la técnica de Monte-Carlo (Poole, 1974; Mihram, 1972) se obtuvieron los valores promedios y de desviación standard para cada instante DT en los diez años de simulación, tal como se puede apreciar en las Figs. 4 y 5. Los resultados de dichas figuras en relación con la dinámica del Mantillo y del material Muerto en Pié, indican que el estado estacionario se alcanza durante el segundo o tercer año en la simulación, en ambos ecosistemas estudiados: Estero y Bajío. También se puede apreciar en las gráficas que al transcurrir el tiempo el valor medio de la desviación standard va aumentando, lo cual indica que las predicciones del modelo son inexactas a medida que transcurre el tiempo. sin embargo, esta inexactitud en las predicciones del modelo estocástico para el material Muerto en Pié, no invalida los resultados obtenidos en relación con la dinámica del sistema. Es de esperar que las predicciones de un modelo que simula un proceso estocástico, sean más imprecisas con el transcurso del tiempo.

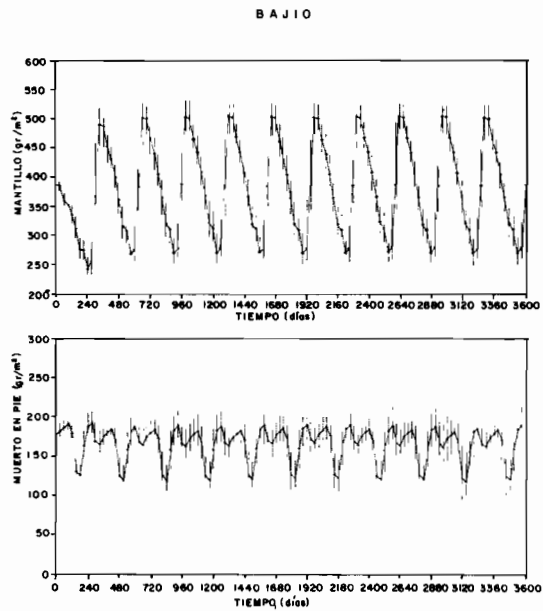


FIGURA 4. Simulación del Modelo Estocástico, empleando la técnica de Monte-Carlo ($N = 1000.$), de la descomposición del Mantillo (A) y del material Muerto en Pié (B) para el Bajío durante diez años. Cada punto representa el valor promedio obtenido durante mil simulaciones, más o menos dos desviaciones standard de la media.

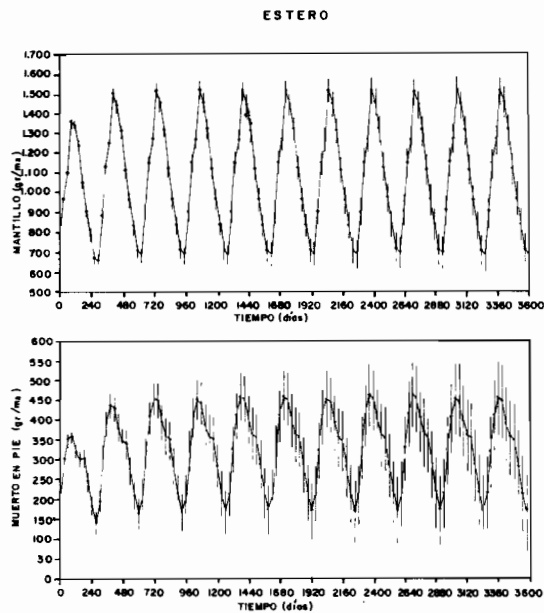


FIGURA 5. Simulación del Modelo Estocástico empleando la técnica de Monte-Carlo ($N = 1000.$), de la descomposición del Mantillo (A) y del material Muerto en Pié (B) para el Estero durante diez años. Cada punto representa el valor promedio obtenido durante mil simulaciones, más o menos dos desviaciones standard de la media.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En forma análoga a lo sugerido por Bulla (1981), los resultados obtenidos mediante nuestros modelos de simulación, sugieren que las sabanas naturales afectadas por la construcción de diques modulares, no se ven afectadas en forma drástica en relación con los procesos que regulan la dinámica de la materia orgánica acumulada y sometida a descomposición. En ambos tipos de ecosistemas estudiados: Estero y Bajío, el estado estacionario se alcanza en el transcurso de 2 ó 3 años. Estos resultados sugieren que las perturbaciones ecológicas provocadas por los efectos del modulado, no han sido drásticas, y, por lo tanto, el sistema no parece encontrarse en un proceso de sucesión ecológico, ya que, si así fuese, el tiempo esperado para que la dinámica de los procesos analizados alcanzase el estado estacionario, debería ser más largo que el encontrado mediante nuestros resultados. De acuerdo a los conocimientos existentes en relación con la geomorfología y ecología del Llano inundable (Roa, 1981; Ramia, 1987), aparentemente la construcción de los módulos trajo como consecuencia una extensión de los ecosistemas ya existentes en las sabanas inundables: Estero y Bajío, y en consecuencia, una reducción del Banco. Por lo tanto, lo ocurrido en las sabanas sometidas al proceso de modulado, podría considerarse como un cambio ecológico en el cual los ecosistemas ya existentes presentaban, desde el punto de vista evolutivo, especies adaptadas previamente a condiciones semejantes a las inducidas mediante las condiciones del modulado. El ajuste a tal

situación fue muy rápido, si tomamos en cuenta que el Módulo Experimental de Mantecal tenía sólo seis años de construido cuando se realizaron los trabajos de campo que permitieron la formulación de este modelo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Profesor Jesús Pacheco, por varias sugerencias mencionadas a lo largo de esta publicación.

LITERATURA CITADA

- Bulla, L. 1981. La vegetación del Módulo Experimental de Mantecal. *Trabajo de Ascenso*. Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.
- Bulla, L. y R. Miranda. 1978. A simple method for the measurements of dead organic matter decomposition. *Bulletin Academic Polonaise des Sciences* 26(4): 255-299.
- Bulla, L., R. Miranda y J. Pacheco. 1980. Producción, descomposición, flujo de materia orgánica y diversidad en una sabana de Banco del Módulo Experimental de Mantecal (Estado Apure, Venezuela). *Acta Científica Venezolana* 31: 331-338.
- Bulla, L., J. Pacheco y R. Miranda. 1981. A simple model for measurement of Primary Production in Grassland. *Boletín Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 35: 281-304.
- Forrester, J.W. 1981. *Industrial Dynamics*. The Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
- Jenny, H., S.P. Gessel y F.T. Bingham. 1942. Comparative Study of Decomposition rates of organic matter in Temperate and Tropical Regions. *Soil Science* 68: 419-432.
- Lugo, A. 1974. Tropical Ecosystem Structure and Function, p. 67-111. *En: E.G. Farnworth and*

- F.B. Golley (Ed.). *Fragile Ecosystems*. Springer Verlag, New York.
- Mihram, G.A. 1972. *SIMULATION. Statical Foundations and Methodology*. Academic Press, New York.
- Poolc, R.W. 1974. *An introduction to Quantitative Ecology*. McGraw-Hill, Kogkusha, LTD, Tokyo, Japan.
- Ramia, M. 1967. Tipos de Sabanas de los Llanos de Venezuela. *Boletín Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 28: 264-288.
- Roa, P. 1981. Algunos Aspectos de la Evolución Sedimentológica y Geomorfología de la Llanura Aluvial de Desbordes en el Bajo Llano. *Boletín Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 35: 31-58.