

AGENCIA DE MEDIO AMBIENTE

Proyecto no Asociado a programa: “Dinámica de la diversidad vegetal de la pradera euroasiática del Parque Zoológico Nacional”.

INFORMEN FINAL

CÓDIGO: PNAP 041

Octubre de 2009

AGENCIA DE MEDIO AMBIENTE

Proyecto no Asociado a programa: “Dinámica de la diversidad vegetal de la pradera euroasiática del Parque Zoológico Nacional”.

INFORMEN FINAL

Tipo de proyecto: Básico o de creación científica y aplicado

CÓDIGO: PNAP 041

INSTITUCIÓN CABECERA: Instituto de Ecología y Sistemática (IES)

INVESTIGADOR PRINCIPAL DEL PROYECTO: M.Cs. Hermen Ferrás Alvarez, Investigador Auxiliar

CORRESPONDENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN EL PROYECTO Y LOS RESULTADOS ALCANZADOS:

Para el desarrollo de este proyecto se propuso:

Objetivo General: Caracterizar integralmente la diversidad y funcionamiento del ecosistema, para poder predecir la acción de la carga animal sobre ellos para el uso sostenible del área.

Objetivo Específico: Caracterizar el funcionamiento y estructura del ecosistema

Los resultados obtenidos cumplieron los objetivos propuestos, al realizarse la caracterización general del área de estudio, se realizó el inventario de la diversidad vegetal del área, se hizo un estudio de la dinámica de la biomasa aérea y subterránea del pasto en las tres áreas que componen la pradera; se llevó a cabo la caracterización ecológica de la biota edáfica. Se creó un modelo de dinámica de la biomasa del estrato herbáceo, que simula el efecto de la herbivoría sobre el funcionamiento del ecosistema y permite predecir la magnitud de la carga de herbívoros que soportan cada uno de los pastizales en las estaciones de lluvia y seca.

Resultados Comprometidos:

1. Determinar la capacidad de carga en la pradera de acuerdo a la productividad del pasto existente.
2. Realizar de una propuesta de uso sostenible del área que garantice la conservación y posible incremento de la diversidad biológica confines educativos y estéticos.
3. Diseñar un sistema de monitoreo de la calidad del agua en el acuatorio de la pradera utilizando indicadores biológicos.
4. Utilizar la modelación matemática como herramienta de gestión ambiental que posibilite la determinación de la carga óptima en la pradera.
5. Integrar resultados

INTRODUCCIÓN

Históricamente, los parques y jardines zoológicos, así como los jardines botánicos, han jugado un papel primordial en el conocimiento de la naturaleza viva. En el mundo actual, altamente urbanizado, una buena parte de la población tiene en ellos su primer contacto con la fauna y flora silvestres.

Como parte de su estrategia de desarrollo, El Parque Zoológico Nacional (PZN) ha iniciado la ejecución de una nueva área de exhibición, correspondiente a la fauna de ungulados de Eurasia, que ha sido denominada Pradera Euroasiática.

Con esta nueva inversión surge el problema de lograr una densidad de individuos tal que garantice la explotación óptima de área para minimizar el consumo de alimento suplementario y se garantice una mínima afectación de la diversidad vegetal del ecosistema.

Como respuesta a esta problemática, el presente proyecto propone el estudio de la dinámica de la fitomasa y la diversidad vegetal de la pradera euroasiática, bajo el efecto de la herbivoría de diferentes ungulados. Ello permitiría adecuar la carga animal de modo que la afectación a la estructura, funcionamiento y diversidad biológica del área sea mínima. A lo anterior se suma el monitoreo de la calidad del embalse que se encuentra dentro de la pradera aumentando así el valor ambiental del área.

Antecedentes:

Efecto de herbivoría sobre la diversidad y el funcionamiento

El efecto de la herbivoría en la diversidad y funcionamiento ha tomado gran importancia en los últimos años, pues el incremento de grandes herbívoros en espacios forestales protegidos, así como en sabanas y praderas provoca un sobreconsumo de la biomasa vegetal, que trae consigo la disminución tanto de la diversidad vegetal como de la fauna asociada (Tremblay et al., en prensa).

La eliminación selectiva de biomasa vegetal a través del pastoreo y ramoneo puede fomentar el crecimiento de especies invasoras o poco palatables (Huntly 1991, Crawley, 1997a). Las especies invasoras por su parte, reducen la germinación y establecimiento de otras especies a través de efectos alelopáticos (Crawley, 1997b) o mediante el cambio del ambiente físico (disminución de la temperatura y la humedad, reducción de la capa de hojarasca, entre otros; Lieffers y MacDonald, 1993). Por otra parte la herbivoría puede facilitar la germinación al crear parches de suelo desnudo (Hester et al. 2000).

Relaciones entre diversidad y funcionamiento de los ecosistemas

Las teorías más antiguas agrupadas bajo la denominación de 'teorías del equilibrio' relacionaban el incremento de la explotación humana con la disminución progresiva de la diversidad biológica. Más recientemente se desarrollan con bastante éxito las denominadas teorías del no-equilibrio (Hutchinson, 1961; MacArthur y Wilson, 1967; Caswell, 1978; Huston, 1979; DeAngelis y Waterhouse, 1987) que explican la dinámica de los ecosistemas sometidos a una explotación constante.

Igualmente relevantes para los objetivos propuestos son los trabajos que relacionan la diversidad biológica con la productividad de los ecosistemas. Es conocida la influencia de la fertilidad del suelo y la productividad sobre la diversidad biológica (Grime, 1973; Tilman y Pacala, 1993) y por tanto sobre sus valores naturalísticos. En este sentido se han desarrollado varias hipótesis de interés para la gestión ambiental, que intentan explicar la relación entre estos parámetros. McNaughton (1993) y Swift y Anderson (1994) enuncian la hipótesis de la diversidad-productividad según la cual las diferencias interespecíficas en el uso de los recursos permite a las comunidades más diversas

utilizar mejor los recursos limitantes y tener mayor productividad. Trabajos recientes de Tilman *et al.* (1996) complementan esta hipótesis al mostrar como la propia diversidad tiene efectos positivos sobre la fertilidad y la productividad. Otros autores proponen una respuesta unimodal de la diversidad frente a un gradiente de fertilidad (Rosenzweig, 1995).

Investigaciones, tanto teóricas, como prácticas (Tilman *et al.* 1996) muestran que la productividad de biomasa suele ser superior en las comunidades vegetales más ricas en especies. Los cambios en la productividad suelen estar aparejados con otros cambios en el funcionamiento del ecosistema, como la retención de nutrientes.

No obstante, esta relación entre productividad y biomasa no siempre ocurre, por lo que la prioridad en las investigaciones ha derivado a la pregunta ¿Cómo y cuando la diversidad incrementa la productividad?

Se han propuesto al respecto dos hipótesis: 1) La hipótesis de muestreo (Sampling hypothesis) supone que el incremento del número de especies incrementa a su vez la probabilidad de incluir especies altamente productivas y por lo tanto la productividad total del ecosistema. La segunda hipótesis supone la complementaridad en el uso de los recursos entre las especies: aún las sutiles diferencias entre el uso de recursos limitantes por las especies de la comunidad llevan a un uso más completo de los mismos con el aumento del número de especies complementarias en un efecto similar a lo que se conoce en Agronomía como “sobrecosecha” en los policultivos (Huston 1979)

Consideraciones más profundas llevan al incremento de las interacciones indirectas en las comunidades ricas en especies, llevando a interacciones positivas entre las especies que forman la comunidad o efectos en las cadenas tróficas edáficas que tiene efectos de retroalimentación en la producción vegetal. El incremento de la diversidad se refleja además en la estabilidad del funcionamiento del ecosistema. Debido a la diferente sensibilidad de las especies a los cambios ambientales, la probabilidad de mantener un funcionamiento determinado a través de los cambios ambientales crece con el aumento del número de especies (McNaughton, 1994).

Modelos

Los modelos matemáticos han sido usados extensamente para la simulación del desarrollo de comunidades vegetales forestales bajo diferentes regímenes de perturbación. Entre ellos los modelos FORGRA (Jorristma *et al.* 1999) y FORSPACE (Kramer *et al.* 2001, 2003) introducen una simulación más explícita de los mecanismos de crecimiento en plántulas y herbáceas e incluyen, tanto especies de cérvidos, como ganado vacuno y caballo.

El modelo SAVANNA está compuesto de varios submodelos altamente mecanicistas de hidrologías, producción de biomasa vegetal, dinámica poblacional de las plantas, herbivoría, distribución y balance energético de ungulados, entre otros- (Coughenour, 2001). Difiere de los modelos de claro anteriormente citados por la inclusión del ciclo del agua como una de las variables motrices en los claros a la par de la luz. EASE (Moen *et al.*, 1998) aborda por su parte la simulación la interacción planta-herbívoro desde el punto de vista animal.

En Cuba, Martell *et al.* (1999) modifican el modelo para bosque de Ferrás *et al.* (1998) con el objetivo de utilizarlo en la simulación del funcionamiento de un pastizal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de trabajo

El Parque Zoológico Nacional (PZN) se encuentra en el municipio Boyeros en la periferia Sur de la Provincia Ciudad de La Habana, cuenta con una extensión de unas 350 ha. Esta área pertenece al tercio medio de la cuenca Almendares-Vento, muy cerca de los manantiales de Vento, sobre rocas areniscas pertenecientes a la formación Capdevila del período Eoceno inferior. La localidad tipo de esta formación se encuentra a unos 3 km del Parque en la intersección de la Avenida de Boyeros y Carretera de Varona (Núñez y Viña, 1998).

El clima de la zona puede definirse según la clasificación de Köppen modificada como Tropical lluvioso con veranos relativamente húmedos, donde la cantidad de días despejados fluctúa entre 40 y 60 anualmente y éstos ocurren fundamentalmente en los meses de diciembre, marzo y abril. La temperatura media anual fluctúa entre 22 y 26°C, con media en enero entre 20 y 22 y media en julio entre 26 y 28°C. La precipitación media anual alcanza valores superiores a los 1400 mm, de los cuales cerca de 1000 mm ocurren en el periodo lluvioso (Núñez y Viña, 1998).

Dos cañadas que tributan al río fueron represadas dentro del Parque, creándose tres lagos artificiales. El área de la Pradera Euroasiática se encuentra en una de esas cañadas de escurrimiento, en cuya parte central se ha construido un pequeño embalse artificial que se alimenta del agua que se escurre durante las lluvias. Las dos zonas de pasto se encuentran a ambos lados del embalse.

La pradera se divide en tres áreas (Fig. 1):

- 1) pastizal bajo
- 2) pastizal alto con árboles dispersos de leguminosas forrajeras (*Leucaena leucocephala* y *Albizia lebbbeck*)
- 3) bosque secundario en regeneración sobre pastizal abandonado de *Urochloa maxima*

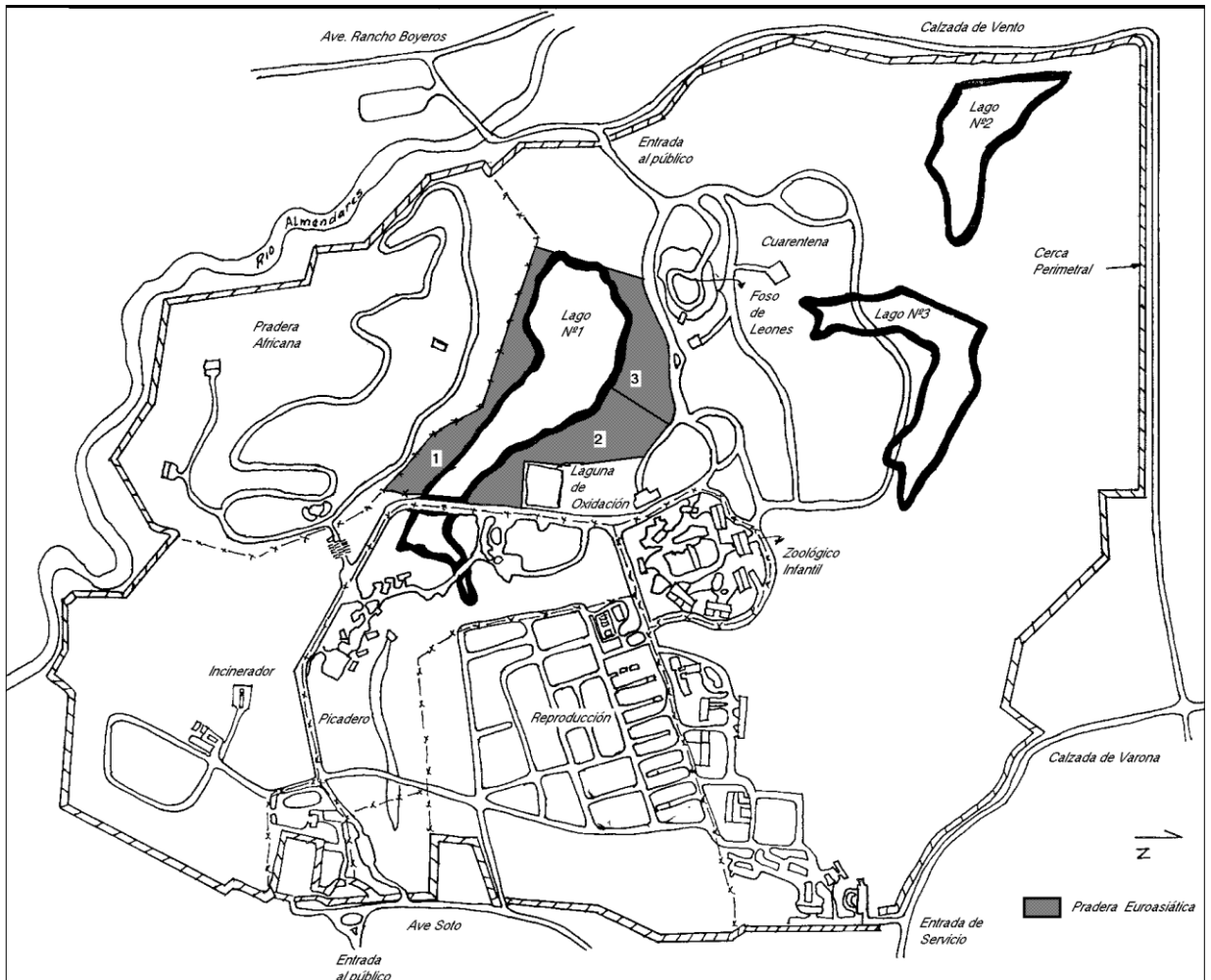


Fig.1 Esquema de la ubicación de la Pradera Euroasiática dentro del Parque Zoológico Nacional. Los números representan las tres áreas en que se divide la pradera.

El área 1, es la de menor producción y diversidad vegetal, es un pastizal bajo con predominio de *Dichantium annulatum*, son frecuentes además macollas de *Sporobolus indicus* y existen árboles aislados de *Guazuma ulmifolia*, *Peltophorum pterocarpum* y *Albizia lebbeck*, entre otros.

En el área 2 el estrato herbáceo esta dominado por *Urochloa máxima* y existen árboles dispersos de *Albizia lebbeck* y *Leucaena leucocephala*.

El área 3 es la que presenta la mayor diversidad y biomasa, pues tiene un estrato arbóreo bien desarrollado, aunque el dosel no está completamente cerrado. El área constituye un pastizal abandonado de *Urochloa máxima*, reforestado con *Talipariti elatum*, *Calophyllum callaba*, *Tabebuia rosea* y *Tabebuia angustata*. Otras especies como *Ficus aurea*, *Delonix regia* y *Roystonea regia* deben haber formado parte del pastizal antes de la reforestación. Existen especies arbóreas y arbustivas, tanto nativas como exóticas, que han aparecido espontáneamente en el área. Algunas de ellas son abundantes, como *Cordia gerascanthus*, que presenta además de individuos adultos gran cantidad de juveniles, *Leucaena leucocephala*, *Albizia lebbeck*, *Guazuma ulmifolia*,

Brosimum alicastrum entre otros. Hay presencia también de numerosas lianas, fundamentalmente de las familias *Convolvulaceae* y *Fabaceae*.

Caracterización del embalse.

El Parque Zoológico Nacional cuenta con tres micropresas concebidas para diluir efluentes de las lagunas de estabilización de los residuales líquidos que se encuentran en diferentes zonas del parque, estos embalses carecen de compuertas y su abasto depende enteramente de las lluvias, por lo que se carece de cualquier posibilidad de manejo adecuado de sus aguas. El llamado lago 1, enclavado en la Pradera Euroasiática, es el mayor de los tres embalses que tiene la instalación del Parque Zoológico Nacional (Fig.1), el cual cuenta con un volumen de 225.000 m³ de agua, presenta una profundidad media de 2.74 m y abarca un área de 8 ha. El subsuelo es de formación Capdevila sin fenómenos cársicos, no presenta deslizamientos ni fenómenos de otro tipo y tiene una capa de arcilla de hasta 8m en la superficie.

Este embalse se encuentra situado en la parte alta del parque muy próximo a la taza de Vento, su fondo fue asfaltado para su impermeabilización, con el objetivo de evitar el paso de residuales crudos provenientes del área de reproducción y de la laguna de oxidación directamente, este lago constituye el receptor inicial de esta última, la que a su vez recoge los residuales de las otras áreas del parque.

Este reservorio forma parte de un entorno donde otras comunidades tanto exóticas como propias de la zona se benefician de las aguas, ocurriendo el vertimiento de las mismas en cierta época del año, las cuales van a parar al río Almendares, principal componente hídrico de la cuenca Almendares- Vento.

En 1987 se sembraron 500 alevines de tenca híbrida y 145 de tilapia híbrida. En un estudio ictiológico realizado en el año 1990, se encontró mayoritariamente poblado por tilapia híbrida con 126g de peso promedio, muy inferior a la talla comercial y una pequeña porción de tenca híbrida de talla adecuada para la pesca. En 1992 se realiza en este mismo lago, un análisis de benzo(a) pireno, el cual mostró que la concentración de este indicador de hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPH) era cinco veces mayor a lo permisible en las aguas de reconsumo, pero inferior a las norma de las aguas superficiales.

En el año 1994 se realizó una reparación a la válvula de vaciado del embalse, por lo que este perdió casi toda su agua y una gran cantidad de ejemplares de peces.

En el año 1988 el CENIC realizó una evaluación de la laguna de oxidación que vierte al acuatorio, determinándose que la misma operaba correctamente, con niveles de remoción de carga orgánica adecuados.

Muestreo de la vegetación

Se confeccionaron listas florísticas en las tres áreas definidas. Para garantizar que las listas presentaran la representatividad florística mayor en la menor área posible se determinó el área mínima para cada pastizal según el método área especie, estableciéndose parcelas según las comunidades existentes. Las parcelas del área 1 contaron con las dimensiones de 2 X 2m, en el área 2 de 4 X 4m y en el área 3 de 20 X 5m. La abundancia-dominancia y la cobertura de las especies se estudiaron mediante el método de Braun-Blanquet (1951).

Se analizó el origen de las especies, considerando las especies introducidas de acuerdo con Ricardo *et al.* (1995) y las autóctonas o nativas según la Obra Flora de Cuba (León, 1946; León y Alain, 1951, 1953, 1957; Alain, 1964, 1974). La actualización taxonómica de los taxones específicos e infraespecíficos se realizó según Adams (1972), Correll & Correll (1982), Liogier (1982, 1983, 1985a,b, 1986, 1988, 1989, 1994a,b, 1995a,b, 1996, 1997, 2000), Acevedo-Rodríguez *et al.* (1996) y Nordenstam (2006) y los fascículos de la Obra Flora de la República de Cuba (Arias, 1998; Bäsler, 1998; Rankin, 1998, 2003; Rodríguez, 1998; 2000; Dressler, 2000; Gutiérrez, 2000, 2002; Mai, 2000, 2005; Sánchez, 2000; Saralegui, 2000, 2004; Sierra, 2000; Urquiola & Betancourt, 2000; Urquiola & Cabrera, 2000; Urquiola & Kral, 2000; Urquiola & Novo, 2000; Urquiola *et al.*, 2000a,b,c; Greuter, 2002; Schaarschmidt, 2002; Thiv, 2002; González, 2003; Sánchez & Regalado 2003; González & Sierra, 2004; Albert, 2005; Panfet, 2005; Pérez, 2005).

Determinación de la biomasa aérea y subterránea

La evaluación se realizó en las estaciones de escasas y altas precipitaciones entre 2005 y 2007, siendo este último año el que se ha tomado como referencia para el cálculo de la producción vegetal por ser el más completo.

Los componentes aéreos se tomaron de forma aleatoria en tres subparcelas de 0.5 m². Para estudiar los órganos subterráneos, en el centro de cada subparcela, se colectó una muestra de suelo con un cilindro de 50 mm de diámetro, de 0-5 cm y 5-10 cm de profundidad.

Todo el material fue trasladado al laboratorio en bolsas plásticas para su procesamiento. La parte aérea se separó en componentes vivos y muertos. La subterránea después de lavados en bolsas plásticas con pasos de malla 0.5 mm y pasados por tamiz de 0.1 mm, se clasificaron en raíces, rizomas y detritos. Las raíces de acuerdo a su diámetro se dividieron en: raíces finas (< 0.2 mm), intermedias (0.2-0.5 mm) y gruesas (>5 mm). A su vez las raíces vivas se separaron de las muertas por tinción con una solución de Congo Rojo al 1% y fijando el color en alcohol al 95% (Ward *et al.*, 1978 y Tesarova *et al.*, 1982). El material se secó en estufa durante 48 horas hasta peso constante para la determinación de la fitomasa de los distintos componentes con precisión de 0.0001 g.

Caracterización ecológica de la biota edáfica

En cada área se tomaron 10 muestras de suelo a un solo nivel de profundidad (0-10 cm), en la época de menor pluviosidad (marzo), con un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de profundidad, siguiendo un diseño de muestreo completamente aleatorizado.

Para la extracción de la fauna edáfica se utilizaron los embudos Tullgren durante siete días, sin utilizar ninguna fuente artificial de luz ni calor. Se procedió al conteo y separación de los individuos bajo el microscopio estereoscópico, con ayuda de una aguja enmangada. Los ejemplares así recolectados se conservaron en alcohol 70% y se procedió a la identificarlos hasta la categoría de suborden en el caso de los ácaros, siguiendo la clasificación de Evans (1992) y de orden en los insectos. Con estos datos se obtuvo la densidad (ind/m²) de cada taxón en cada período. La selección de los indicadores biológicos se realizó teniendo en cuenta las características ecológicas de

los organismos presentes y adoptando algunos criterios propuestos por otros investigadores (Hermosilla *et al.*, 1974; van StraaJen, 1998; Behan-Pelletier, 1999 y Bedano *et al.*, 2001).

Los valores de densidad promedio (# ind/m²) obtenidos en este estudio se procesaron mediante un Análisis de Clasificación Simple que contiene un arreglo factorial de los tratamientos cultivo, época y profundidad.

Modelo de herbivoría

Para realizar la simulación del efecto de la herbivoría se tomaron como referencia las tres áreas de pastos enclavadas en la llamada Pradera Euroasiática del Parque Zoológico Nacional.

El modelo simula las propiedades dinámicas de un pastizal y se basa en la Teoría de Dinámica de Sistemas de Forrester, modificada por Aracil (1986) y Martínez y Requena (1986).

Se utiliza como base el modelo conceptual propuesto por Shinozaki (1968). La biomasa viva está contenida en tres compartimentos: F, el follaje activo asimilador de CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis; U, la parte subterránea (raíces y rizomas); M, la biomasa muerta en el suelo. Estos compartimentos se pueden asumir como un sistema cerrado en su conjunto.

La entrada del ecosistema es la fijación fotosintética del CO₂ atmosférico como producción primaria bruta P_g, que es la fuerza motriz del sistema. Se puede calcular el valor diario de P_g (ton/ha/día) usando la fórmula de Kuroiwa (1966), ya que las regiones tropicales tienen pequeñas variaciones en las condiciones ambientales como la luz y la temperatura:

$$P_g(A) = \frac{2Dp_{max}K}{K} \left[\ln \left(1 + \sqrt{1 + \frac{K\beta I_{0,max}}{P_{max}}} \right) - \ln \left(1 + \sqrt{1 + \frac{K\beta I_{0,max} e^{-KA}}{P_{max}}} \right) \right] \quad (1)$$

donde A es el índice de área foliar, D es la duración del día en horas, I_{0,max} es la intensidad de luz máxima (klux), p_{max} es la tasa de fotosíntesis saturada para la luz por unidad de área (mg CO₂/dm²/h), β es la pendiente inicial de la relación luz- fotosíntesis (mg CO₂/dm²/h/klux), K es el coeficiente de atenuación de la luz por el follaje, y κ es la constante de conversión de CO₂ asimilado por la fotosíntesis a materia seca sintetizada (κ=0.6). El valor de p_{max} aumenta en proporción a la concentración de CO₂ en el aire (C_a) de la forma:

$$p_{max}=(C_a/300) \cdot p_0 \quad (2)$$

donde p₀ es la tasa fotosintética de saturación para C_a=300 μl/l.

Para simular el efecto de la herbivoría sobre el pasto se asume la carga animal como una disminución diaria constante de la biomasa aérea.

Monitoreo de la calidad de agua de embalse.

Zooplankton

Se hicieron dos muestreos en la época de seca de 2007. Se muestrearon la zona litoral correspondiente a la orilla norte y la zona central del acuatorio. En ambos casos se hicieron varios arrastres superficiales a lo largo del embalse en el horario comprendido entre las 9: 00 - 11: 00 AM. Se utilizó una red de plancton de 100 μm de abertura de malla. Las muestras se fijaron y conservaron en formol al 5%. Se hizo una evaluación cualitativa de la fauna planctónica, a excepción del phylum Rotifera, así como una evaluación preliminar de la calidad del agua según los criterios de Ramírez (1986 y 1987), Márquez y Guillot (1988) y Conde-Porcuna (2004), utilizando copépodos y cladóceros como indicadores. Se midió la Temperatura superficial del agua: 25° C y la Transparencia: 1.20-1.50 m.

Zoobentos

Se ubicaron 4 estaciones en la zona del psammolitoral: Estación Norte, Sur, Este y Oeste. Para la evaluación de la meiofauna se tomaron al azar 3 réplicas de sedimento con una jeringa de 2.5 cm de diámetro interior según metodología de Fleeger *et al.* (1988). Las muestras de sedimento se fijaron en formol al 5% neutralizado con tetraborato de sodio, siendo posteriormente lavadas sobre una columna de tamices de 0.039; 0.074; 0.1; 0.5 y 1.0 mm de abertura de poro. Se realizó una evaluación cuantitativa de la meiofauna y una cualitativa de la macrofauna. Los valores de densidad de los organismos de la meiofauna se expresan en número de individuos por cm^2 . Los macroinvertebrados se muestrearon con una red de arrastre de 1 mm de abertura de malla y se les aplicó el Índice de Sensibilidad según EPA (1989) y Roldán (2001).

Ictiofauna

Durante el período comprendido entre 1988 y 1990 se realizó un levantamiento de las poblaciones de peces existentes en los tres embalses. El muestreo ictiológico se realizó con una batería de redes de diferentes tallas, así como con jamos para la captura de las especies pequeñas.

Fitoplancton.

Las muestras se tomaron en tres estaciones del lago 1 del PZN en el mes de julio (período lluvioso) y noviembre (período seco) del año 2007. El agua se tomó en la superficie, en los márgenes del lago y centro, se mezclaron en un cubo plástico de 9 litros del cual se tomaron 250 ml que fueron fijados en lugol acidificado para su posterior análisis cuantitativo y cualitativo. Dada la poca extensión del lago y la baja variabilidad de especies se determinó como un punto único las tres muestras tomadas en el mismo.

Para la identificación taxonómica del fitoplancton se siguieron los siguientes trabajos: clase *Cyanophyceae* (Komarek 1989a, b), *Conjugatophyceae* (Martínez, 1989), *Bacillariophyceae* (Toledo 1992a, b), *Cryptophyceae* (Menezes, 1994), orden *Chlorococcales* (Comas, 1996).

La clasificación sapróbica se basa fundamentalmente en Sladeczek (1976). Las observaciones sobre la autoecología de las especies se basa en Comas (1996) y Pinilla (1998), además de la experiencia acumulada en trabajos anteriores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La introducción prevista de ungulados en el área en el transcurso del proyecto no fue realizada por razones ajenas al colectivo del proyecto, esto llevó a una propuesta de cambios en los resultados y tareas que fueron aprobados por el financista. Por esta razón la determinación de la carga de herbivoría en el sistema (resultado 1), que se previó realizarse a partir de datos experimentales, se realizó finalmente utilizando el modelo matemático previsto en el resultado 4, el cual fue validado utilizando los valores experimentales de la biomasa aérea y subterránea. Por esa razón los resultados 1 y 4 se exponen unificados.

1. Determinar la capacidad de carga en la pradera de acuerdo a la productividad del pasto existente utilizando la modelación matemática como herramienta de gestión ambiental.

Dinámica de la fitomasa aérea

En el área 1, dominada por *Dichanthium annulatum*, la fitomasa aérea total presentó valores desde 193 a 346 g m⁻² en la estación seca desde 2005 a 2007, siendo de 281 g m⁻² en el 2007. La fitomasa de los componentes aéreos vivos en esta estación, varió entre 10 y 43 g m⁻². Estos valores se incrementaron de 5 a 17 veces (171 a 181 g m⁻²) en la estación de lluvia.

En el área 2, los valores de la fitomasa aérea total de *Urochloa maxima* estuvieron entre 958 y 1517 g m⁻². En esta área, los valores más bajos de los componentes vivos se registraron en la estación seca del año 2006 con 144 g m⁻². En el año 2007, los componentes vivos aumentaron con las precipitaciones de 202 a 1039 g m⁻², lo que representó que la fitomasa viva fue 5.1 veces mayor que en el período poco lluvioso. Los componentes muertos en esta área constituyeron entre el 65 al 95% de la fitomasa aérea total en la estación seca y en el año 2007 estos disminuyeron durante la estación de lluvia hasta el 39% (Tabla 1 a).

La fitomasa aérea total en el área 3 presentó valores entre 649 a 983 g m⁻² para la estación seca y de lluvia, respectivamente. En el año 2007 el incremento estacional fue sólo de 73 g m⁻². Por lo visto, la influencia de los árboles provoca condiciones ambientales que la diferencian del resto de las áreas, conservan mayor humedad del suelo incluso en la estación seca.

Las Áreas 2 y 3 con predominio de *Urochloa maxima*, presentaron los valores más altos de fitomasa aérea viva, lo que demostró que esta especie presenta mayor disponibilidad de alimento para los animales en ambas estaciones climáticas, mientras *D. annulatum*, es un pasto baja productividad que depende más de las precipitaciones para sostener e incrementar su producción vegetal.

Tabla 1. Valores promedio (gm⁻²) de los componentes aéreos y subterráneos. a) Fitomasa aérea

Áreas	Fitomasa gm ⁻²	Seca 2005		Lluvia 2005		Seca 2006		Seca 2007		Lluvia 2007	
		X	%	X	%	X	%	X	%	X	%
1	Vivos	35.20	18	180.70	40	42.78	12	10	5	171	61
	Muertos	157.98	82	274.00	60	302.91	88	184	95	110	39
	Total	193.18	100	454.70	100	345.69	100	194	100	281	100
2	Vivos	528.88	35	-	-	143.47	15	202	21	1039	61
	Muertos	988.40	65	-	-	814.68	85	780	79	666	39
	Total	1517.28	100	-	-	958.15	100	982	100	1705	100
3	Vivos	237.36	25	-	-	293.11	30	146	23	422	59
	Muertos	710.16	75	-	-	689.65	70	503	77	300	41
	Total	947.52	100	-	-	982.6	100	649	100	722	100

b) Fitomasa subterránea

Áreas	Fitomasa g m ⁻²	Seca 2005		Lluvia 2005		Seca 2006		Seca 2007		Lluvia 2007	
		X	%	X	%	X	%	X	%	X	%
1	Vivos	624.78	36	185.05	27	278.57	28	305.0	18	419.0	26
	Muertos	1107.71	64	503.98	73	702.30	72	1352.0	82	1206.0	74
	Total	1732.49	100	689.03	100	980.87	100	1657.0	100	1625.0	100
2	Vivos	3360.04	75	-	-	526.27	16	2837.0	79	2344.0	64
	Muertos	1109.74	25	-	-	2755.31	84	741.0	21	1322.0	36
	Total	4469.78	100	-	-	3281.58	100	3578.0	100	3666.0	100
3	Vivos	609.64	50	-	-	476.78	51	791.0	61	144.0	21
	Muertos	599.93	50	-	-	455.77	49	524.0	39	559.0	79
	Total	1209.57	100	-	-	932.55	100	1315.0	100	704.0	100

Productividad Primaria Neta (PPN)

El año 2007 fue tomado como referencia para la estimación de la PPN, como el incremento de la fitomasa aérea total durante la estación de lluvia, en relación con la seca. En las áreas 1, 2 y 3 fue de 87, 723 y 73 gm⁻², respectivamente. El área 2 mostró los incrementos más altos, 8.3 y 8.9 veces más productiva que 1 y 3, respectivamente y es la que potencialmente puede ser más aprovechable para la alimentación de animales. Al considerar sólo los componentes vivos, la producción de materia verde en la estación lluviosa, la fitomasa aérea tuvo incrementos de 161, 837 y 276 gm⁻² para las áreas 1, 2 y 3, respectivamente.

Fitomasa subterránea

La fitomasa subterránea, como la aérea, varía entre las estaciones climáticas y entre las áreas de estudio (Tabla 1b); sin embargo en el año 2007, la fitomasa subterránea total fue semejante entre las estaciones en las áreas 1 y 2, pero fue 1.9 veces mayor en el área 3 en la estación seca con respecto a la de lluvia. En esta última los componentes subterráneos vivos son mayores, excepto en el área 3, en que este componente decreció 647 g m^{-2} , este fenómeno puede haber sido provocado por una mayor descomposición de la materia muerta favorecida por la humedad.

La fitomasa subterránea total fue semejante en ambas estaciones climáticas en las áreas 1 y 2, pero en el área 3, en la estación seca lluviosa fue esta dos veces mayor que en la de lluvia durante el año 2007. En general, el porcentaje de componentes vivos varió del 18 al 61% en ambas estaciones. En el año 2007, con excepción del área 1 donde existió incremento del 18 al 26 %, los componentes vivos decrecieron de un 15 a un 40 % para el resto de las áreas entre los períodos de seca y lluvia (Tabla 1b).

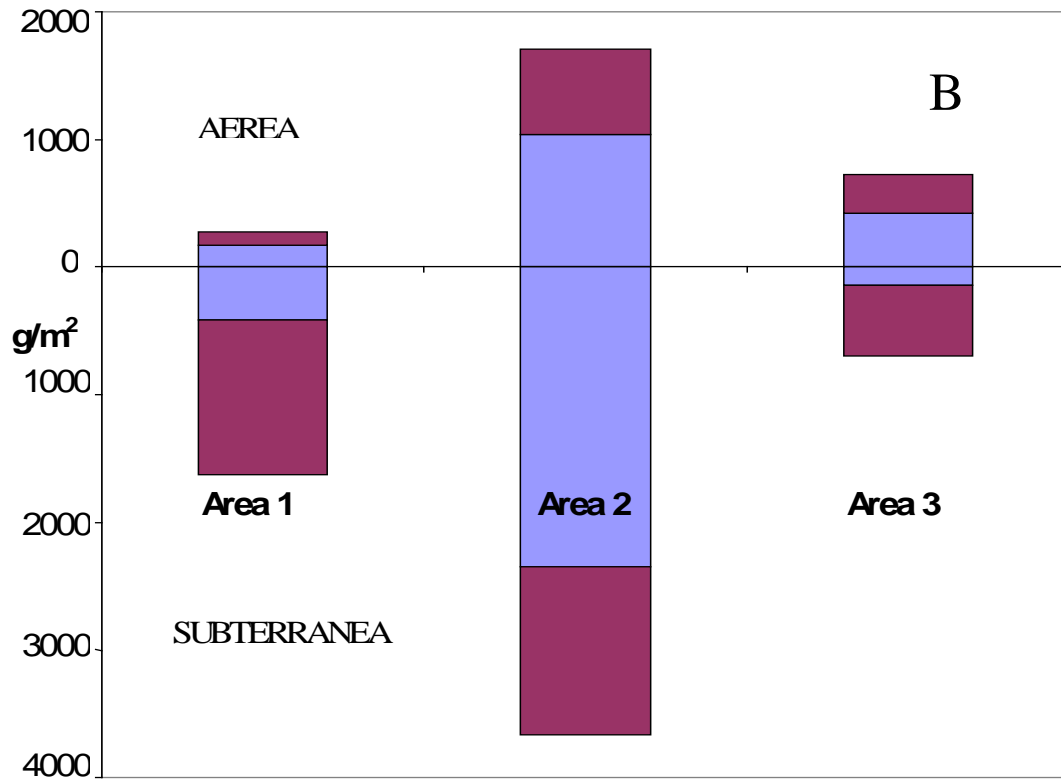
Fitomasa Total

La fitomasa total de la planta en las tres áreas de estudio se diferencian notablemente. En el año 2007, se observaron diferencias en el comportamiento estacional entre los sistemas 1 y 2. Ambos presentaron mayor fitomasa total en la estación de lluvia, con incrementos de 55 y 838 g m^{-2} , respectivamente; mientras que en la 3, ocurrió un decremento de 538 g m^{-2} . Esto se debió al bajo incremento de la fitomasa aérea y al notable descenso (611 g m^{-2}) de la fitomasa subterránea en ese período (Tablas 1 a y b). En el área 2, se observaron los valores más altos en la fitomasa de la planta y la diferencia estacional más alta. En la estación de lluvia, fue donde se observaron las diferencias más notables entre las áreas. La fitomasa total fue 2.6 y 2.9 veces mayor que en las áreas en 1 y 3, respectivamente.

Relación entre la fitomasa subterránea y la aérea

Las relaciones entre los componentes subterráneos y aéreos de la planta son variables entre las áreas de estudio así como entre las estaciones climáticas (Fig. 2). La relación entre los componentes subterráneos y aéreos vivos, en todas las áreas de estudio fue mayor en la estación seca y varía según las áreas de estudio: 30.5 y 5.4 para las áreas 1 y 3 respectivamente. En la estación de lluvia, estas relaciones son muy bajas (entre 0.3 y 2.5). Para los componentes muertos en la estación lluviosa, esta relación se comportó de forma inversa a la seca y osciló entre 1 y 11. La fitomasa total, excepto en el área 1, mostró valores altos en ambas estaciones.,

En el año 2007, los valores de la fitomasa subterránea total son 8.9 y 3.6 veces mayores que la biomasa aérea para las áreas 1 y 2, respectivamente, y aproximadamente el doble para el área 3 durante la estación de seca. Este patrón cambia en la estación de lluvia: la biomasa subterránea total es el doble de la aérea en el área 2, mientras que es aproximadamente 6 veces mayor en la 1 y casi igual en la 3, lo que demuestra las diferencias en el funcionamiento de estos sistemas.



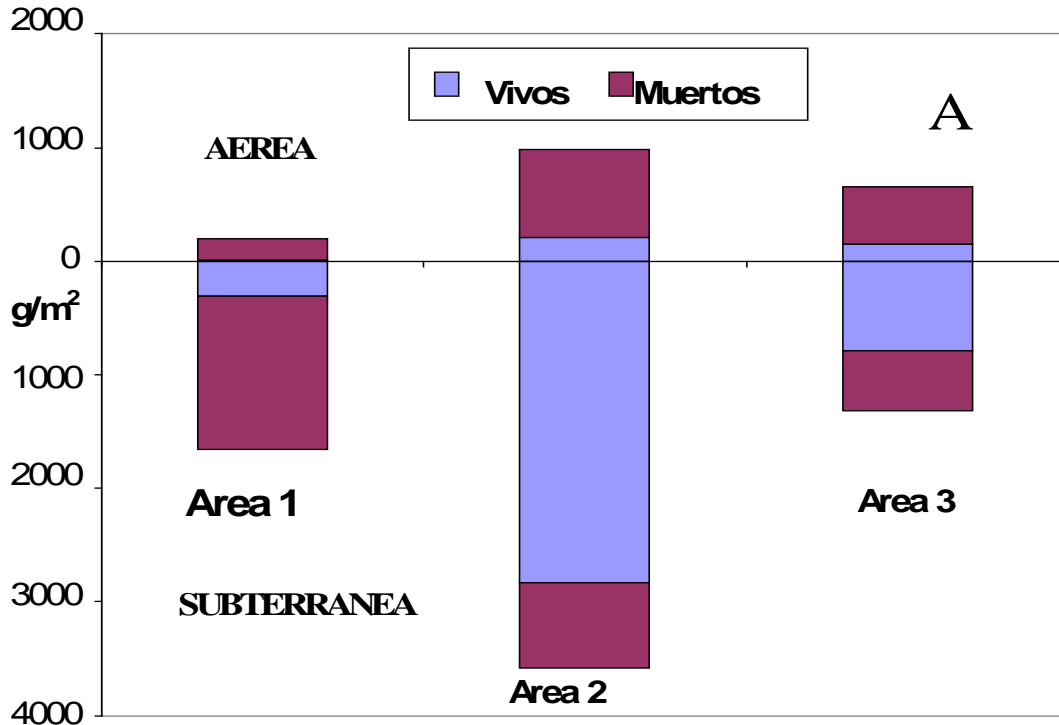


Fig. 2 Relaciones entre los componentes subterráneos y aéreos (Vivos, Muertos y Totales) en las estaciones de seca (A) y lluvia (B), durante el año 2007 en áreas de la Pradera Euroasiática del Zoológico Nacional.

Tasa de renovación

La tasa de renovación (Tr) de los componentes aéreos vivos en todas las áreas de estudio (Fig. 3) fue más alta que en los muertos con valores entre 0.97 (área 3) y 1.78 (área 1). Para la biomasa aérea total, esta variable fluctúa entre 0.11 y 0.54. Para los componentes subterráneos vivos (Fig. 4) Tr también es mayor que para los muertos. Los valores más altos se hallaron en las áreas 1 y 2. Fiala y Hernández (1992) encontraron valores altos de renovación de la biomasa subterránea, especialmente de raíces finas, como las que forman el componente mayoritario la fitomasa subterránea del área 1. En los componentes muertos subterráneos la menor Tr se presentó en el área 2 (0.07). La fitomasa total (aérea y subterránea) en los ecosistemas herbáceos 1 y 2, presentó mayor tasa de renovación que el área 3 (Fig. 4).

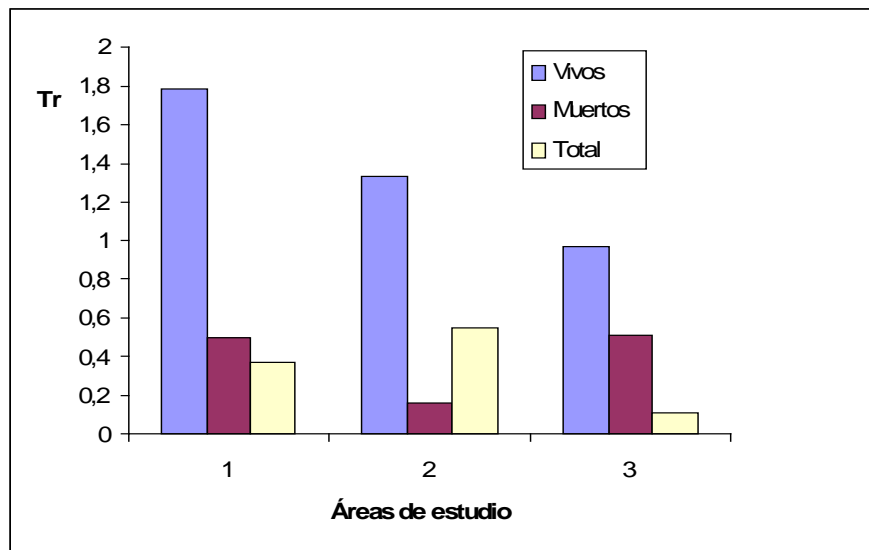


Fig. 3 Tasa de renovación (Tr) de los componentes aéreos en áreas de la Pradera Euroasiática del Zoológico Nacional de Cuba.

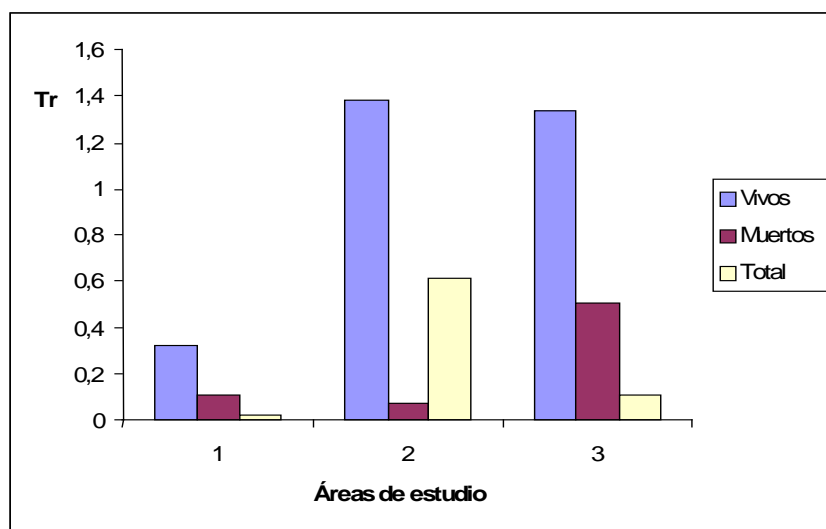


Fig. 4 Tasa de renovación (Tr) de los componentes subterráneos en áreas de la Pradera Euroasiática del Zoológico Nacional de Cuba.

Utilización de un modelo de herbivoría para la estimación de la capacidad de carga del ecosistema

Se obtuvo un modelo para la simulación de la dinámica de la biomasa en un pastizal, cuyo esquema dinámico aparece en la Fig. 5. El modelo está formado por tres compartimentos funcionales o variables de estado: el follaje o biomasa fotosintetizadora (F), las partes subterráneas (U) y la necromasa (M). Se asume que toda la biomasa aérea es fotosintetizadora y no existe componente leñoso. Dentro de la biomasa subterránea se consideran no sólo de las raíces, sino también los tallos subterráneos (rizomas). Estos componentes están relacionados funcionalmente con los procesos de fotosíntesis, respiración y descomposición de la hojarasca.

La descripción detallada del modelo se presenta en publicación anexa.

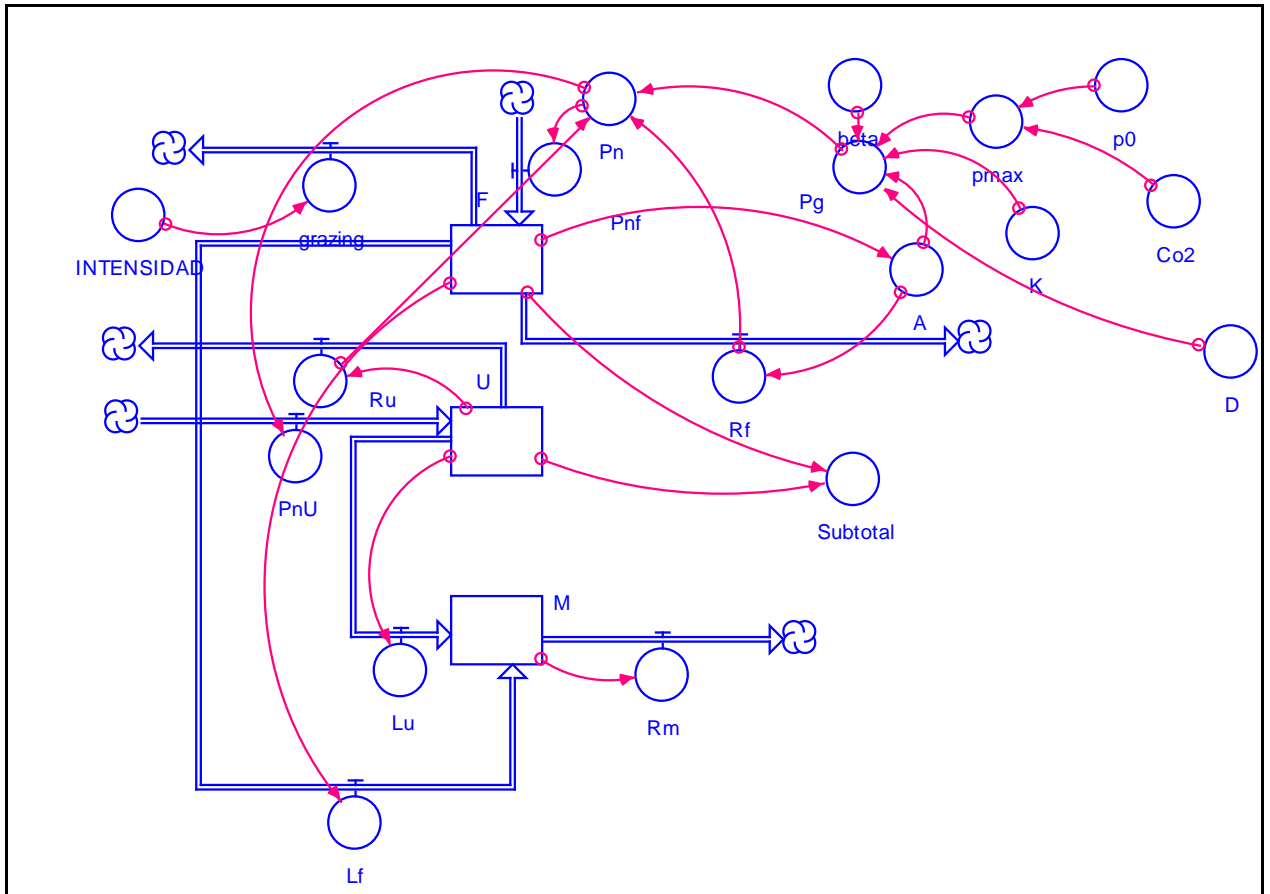


Fig. 5. Esquema dinámico del modelo utilizado. F- Biomasa fotosintetizadora, U- Biomasa subterránea, M- Necromasa, CO₂- Concentración de CO₂ en el aire, p_{max} - Tasa de fotosíntesis de una hoja bajo saturación de luz, K- Coeficiente de atenuación de la luz, A- Índice de área foliar, D- Duración del día, P_g- Producción primaria bruta, P_n- Producción primaria neta, P_{nf}- Incremento del follaje, P_{nU}- Incremento de la biomasa subterránea. R_f- Respiración del follaje, R_u- Respiración de las partes subterráneas, R_m- Descomposición de la necromasa, L_f- Muerte de follaje, L_u- Muerte de raíces y rizomas, Subtotal- Biomasa viva total, Grazing- Herbivoría, Intensidad – Tasa diaria de herbivoría.

La dinámica del carbono del ecosistema se reprodujo exitosamente en este modelo. Para obtener dicha dinámica se ejecutaron simulaciones entre 500 y 1000 días. Los parámetros utilizados en la simulación fueron tomados de Oikawa, 1993 y Bijele *et al.*, 1980. Para calibrar el modelo se utilizaron además los valores de la biomasa aérea y subterránea vivas y necromasa determinados experimentalmente por Hernández y Hernández (inédito)

La Fig. 6 muestra la variación de la fitomasa de cada compartimiento y los flujos de carbono entre estos, para uno de los casos de estudio: el área 2 durante la estación de lluvias. La simulación en todos casos reproduce con bastante fidelidad, no solo las tendencias cualitativas, sino los resultados cuantitativos. Los resultados de la

simulación para las tres áreas en la estaciones de lluvia y seca se presentan en la Tabla 2.

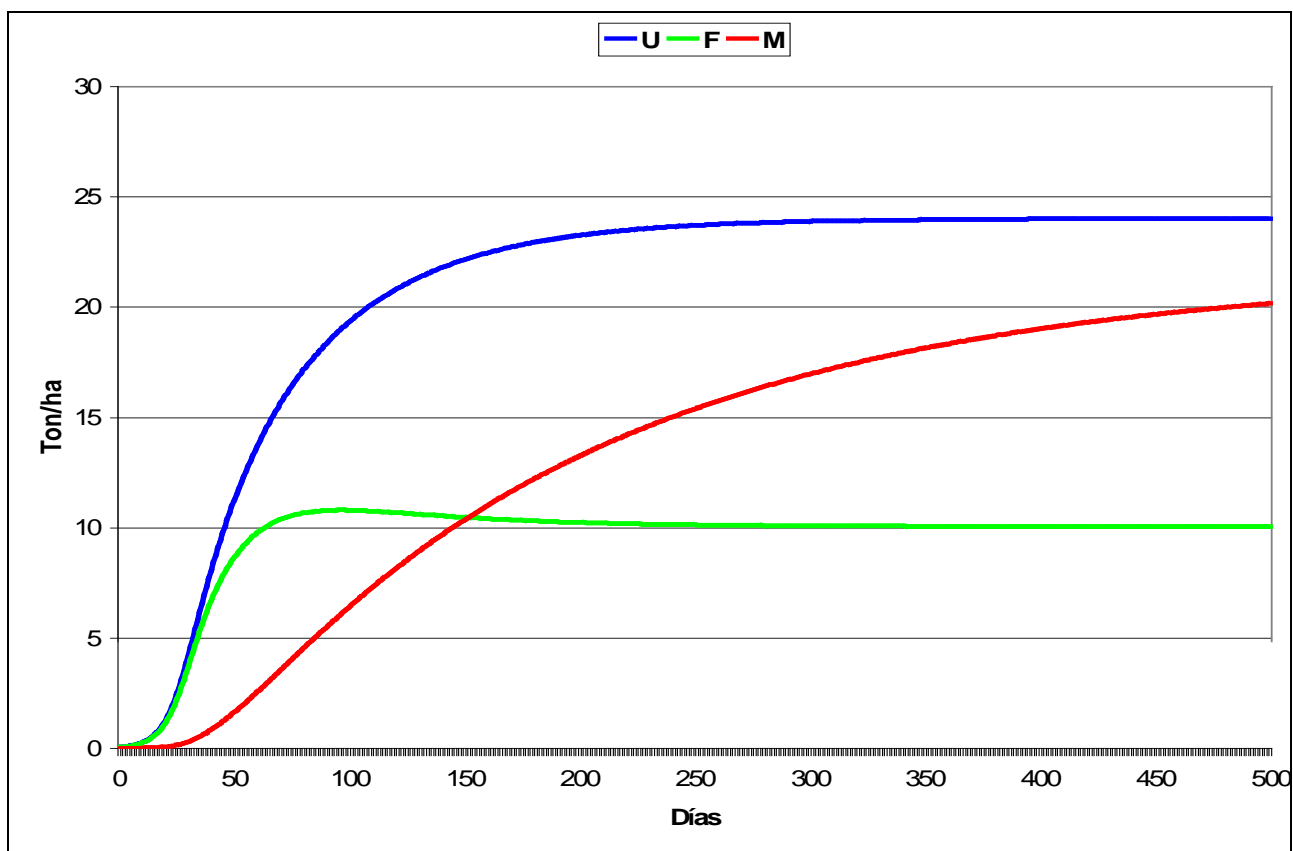


Fig. 6. Dinámica de los diferentes componentes de la biomasa del sistema. U- Biomasa subterránea, F- Biomasa del follaje M- Necromasa.

Tabla 2. Resultados de la simulación obtenidos para el pastizal. U- Biomasa subterránea viva, F- Biomasa aérea viva, M- Necromasa.

		U (Ton/ha)	F (Ton/ha)	M (Ton/ha)
Área 1	Lluvia	3	1.68	9.85
	Seca	0.81	0.4	8.85
Área 2	Lluvia	24.01	10.06	20.17
	Seca	28	2.93	23.28
Área 3	Lluvia	1.59	4.23	8.49

	Seca	6.31	2.25	11.9
--	------	------	------	------

Para determinar en cada caso que valores de carga de herbivoría soportan los diferentes sistemas, se realizaron estudios de sensibilidad del modelo a la intensidad de pastoreo, definida como la cantidad de biomasa removida por los herbívoros por unidad de área en un día. Este parámetro se identifica en el modelo como **INTENSIDAD**.

La simulación de la dinámica de la biomasa aérea del área 1 en la estación de lluvia muestra que para una carga de herbivoría de 0.005 ton/ha/día el sistema es capaz de recuperarse, pero para valores de 0.007 ton/ha/día o mayores el sistema colapsa (Fig.7).

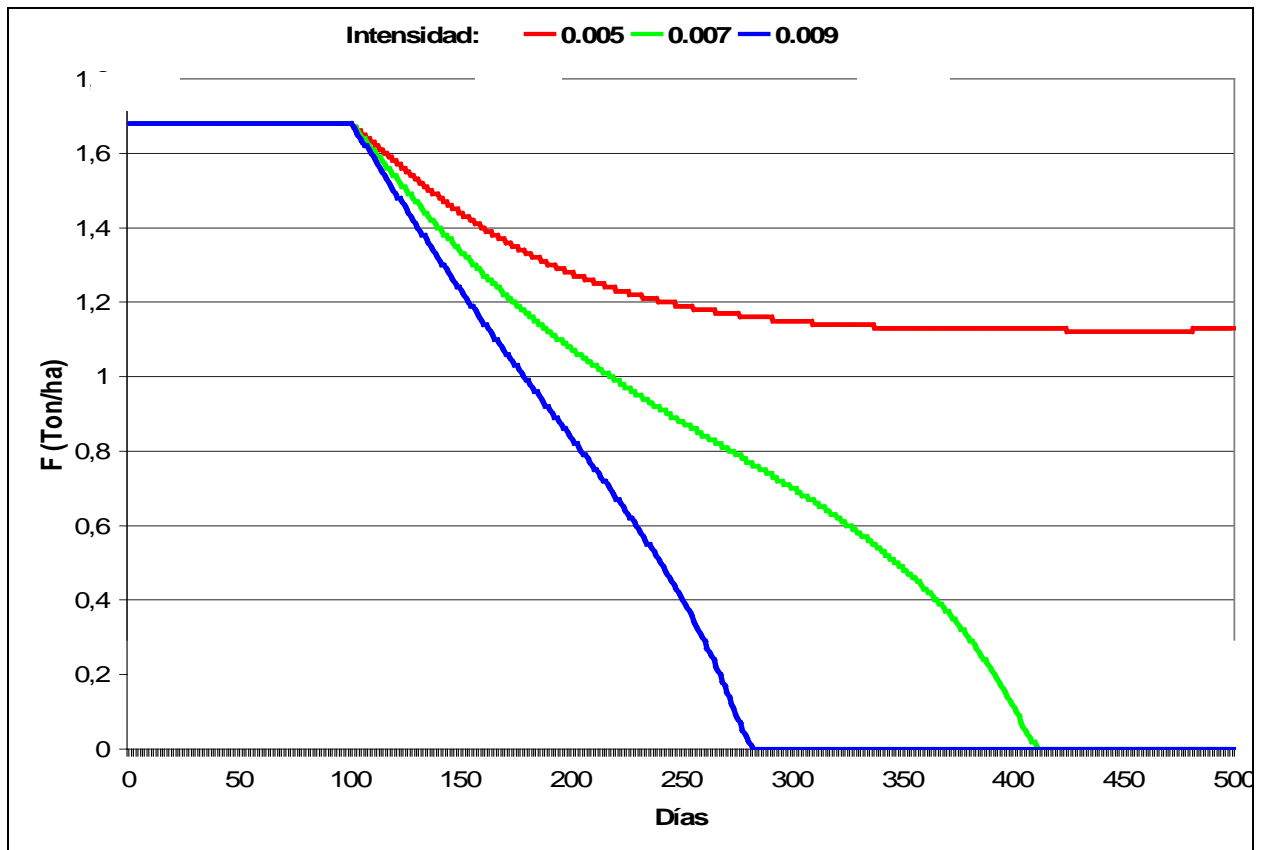


Fig. 7. Sensibilidad de la variable F (biomasa aérea) con relación al parámetro INTENSIDAD, en el área 1 durante la estación lluviosa.

Durante la estación seca, para una carga de herbivoría de 0.0003 ton/ha/día en el área 1, el sistema es capaz de recuperarse, no así para valores mayores (Fig. 8). Para valores entre 0.0004 y 0.0008 ton/ha/día, si bien la biomasa aérea tiende a disminuir, esta aún tiene valores mayores a la mitad del valor inicial (0,4 ton/ha), 180 días después del inicio del pastoreo (aproximadamente la duración de la estación seca). Después de ese tiempo, esta calibración del modelo debe sustituirse nuevamente por la de la estación de lluvia. Por ello consideramos que para el área 1 en la estación de seca la capacidad de carga es de 0.0008 ton/ha/día.

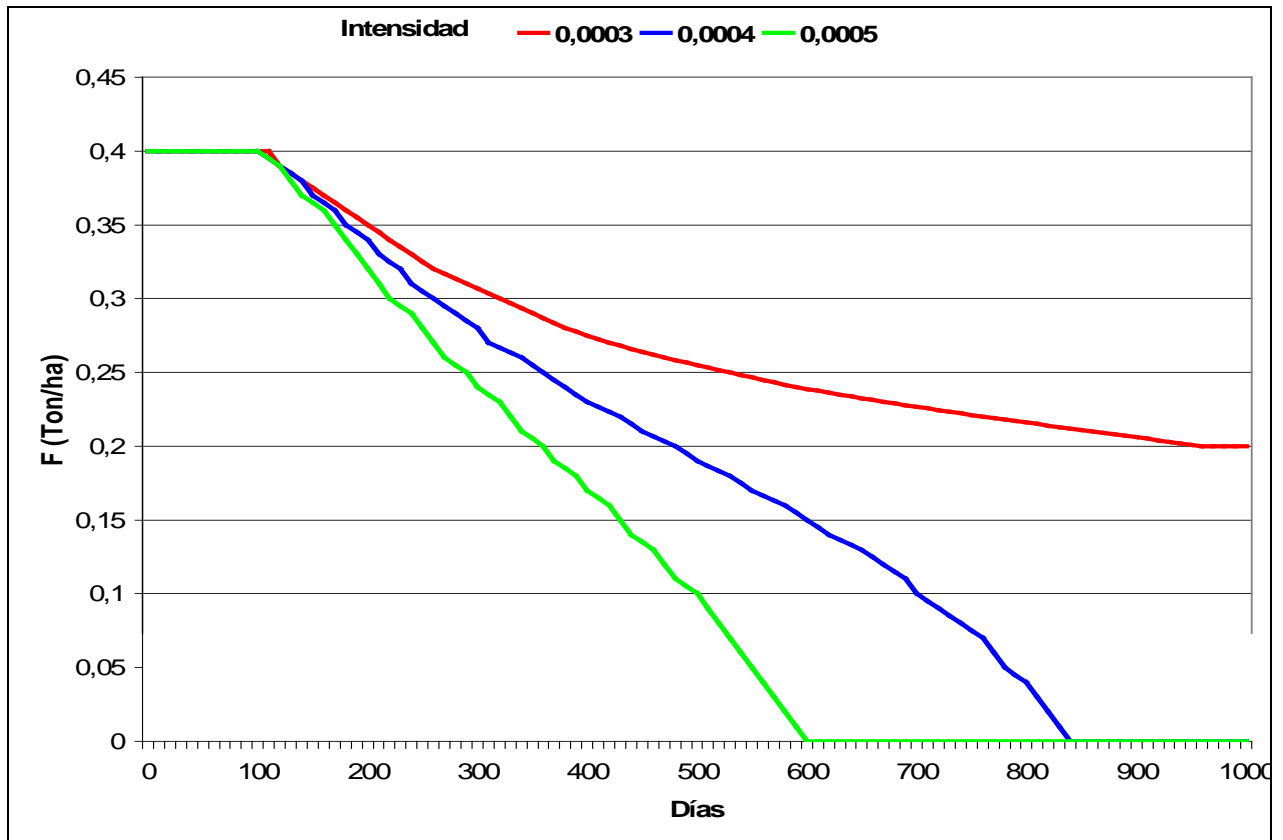


Fig. 8. Sensibilidad de la variable F (biomasa aérea) con relación al parámetro INTENSIDAD, para el caso de la estación seca. Al aumentar este último al valor de 0.0004 ton/ha/día el sistema no es capaz de recuperarse del efecto de la carga de herbivoría.

Durante la estación seca los valores de carga de herbivoría resultan mucho menores, pues el sistema ya se encuentra bajo un estrés ambiental fuerte, ocasionado por el déficit de humedad, que incide sobre el aparato fotosintético, provocando una disminución de la productividad primaria bruta Pg. Esta situación es compensada parcialmente por la disminución de las tasas de respiración, que también es afectada por la deficiencia de humedad. Por otra parte, el déficit hídrico también provoca el aumento de la senescencia de las partes vivas de la planta. La conjunción de estos factores ocasiona que durante la estación seca disminuya significativamente la biomasa viva, sobre todo la aérea, que se encuentra más expuesta y se acumule una cantidad significativa de necromasa, tanto en pie como hojarasca (Bijele *et al.*, 1980).

De manera similar a la arriba expuesta se determinaron las cargas máximas para las áreas 2 y 3, resultados que se muestran en la Tabla 3. La capacidad de carga máxima varía significativamente de un área a otra, siendo la mayor la del área 2, con 0.2 ton/ha/día en la época de lluvia y 0.015 ton/ha/día en la seca y la menor la del área 1, con 0.005 y 0.0008 ton/ha/día respectivamente. El área 3 alcanza valores intermedios de 0.05 y 0.01 ton/ha/día respectivamente. Los valores porcentuales también tienen diferencias significativas. El área 3 presenta las menores diferencias entre estaciones, tanto en la biomasa aérea como en la capacidad de carga. Esto puede ser consecuencia del efecto atenuador de los árboles, que produciría un estrés hídrico menor que en los otros casos en la época de seca.

Tabla 3. Valores de capacidad de carga máxima para las 3 áreas de estudio en las estaciones de lluvia y seca. Los resultados están presentado tanto en valores absolutos como en porcentajes.

	F (ton/ha)		Cap. de carga (kg/ha/día)		Cap. de Carga/F (%)	
	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Seca
Area 1	1,68	0,4	5	0,8	0,3	0,2
Area 2	10,06	2,93	200	15	2	0,41
Area 3	4,23	2,25	50	10	1,2	0.44

ANEXO 1. Lista florística de la Pradera Euroasiática del Parque Zoológico Nacional, Ciudad de La Habana, Cuba.

Familia	Genero	Especie	Autor	
Acanthaceae	Blechnum	pyramidatum	(Lam.) Urban	
	Ruellia	nudiflora	(Engelm. y Gray) Urban	
Amaranthaceae	Achyranthes	aspera	L.	
	Alternanthera	sessilis	(L.) R. Br. ex DC.	
	Amaranthus	sp.		
Apiaceae	Cyclospermum	leptophyllum	(Pers.) F. Muell.	
Arecaceae	Roystonea	regia	(Kunth) O.F.Cook	
Aristolochiaceae	Aristolochia	sp.		
Asclepiadaceae	Asclepias	nivea	L.	
Asteraceae	Ageratum	houstonianum	Mill.	
	Aster	sp.		
	Bidens	alba var radiata	(L.) DC.	
	Calyptocarpus	vialis	Less.	
	Chromolaena	odorata	(L.) King et Robins.	
	Cyanthillium	cinereum	(L.) Robins.	
	Eclipta	prostrata	(L.) L.	
	Emilia	fosbergii	Nicolson	
	Lagascea	mollis	Cav.	
	Mikania	cordifolia	(L. Fil.) Willd.	
	Parthenium	Hysterophorus	L.	
	Pluchea	carolinensis	(Jacq.) G. Don	
	Pseudoelephantopus	spicatus	(B. Juss. ex Aubl.) C.F. Baker	
	Synedrella	nodiflora	(L.) Gaertner	
	Tridax	procumbens	L.	
	Vernonanthura	mentifolia	(Poepp. ex Spreng.) Less.	
	Wedelia	caracasana	L.C.Rich.	
	Wedelia	rugosa	Greenm.	
	Bignoniaceae	Jacaranda	mimosifolia	D. Don
		Spathodea	campanulata	P. Beauv.
		Tabebuia	angustata	Britton.
Tabebuia		rosea	(Bertol.) DC.	
Boraginaceae	Cordia	collococa	L.	
	Cordia	gerascanthus	L.	
	Cordia	globosa var humilis	(Jacq.) Kunth	
	Ehretia	tinifolia	L.	
	Heliotropium	angiospermum	Murr.	
	Tournefortia	hirsutissima	L.	
	Brassicaceae	Lepidium	virginicum	L.
Bromeliaceae	Tillandsia	recurvata	(L.) L.	
Burseraceae	Bursera	simaruba	(L.) Sarg.	
		variegata var candida	L.	
Caesalpiniaceae	Bauhinia			
	Delonix	regia	(Boj. ex Hooker) Raf.	

	Peltophorum	ptero carpum	(DC.) Bakh. ex K. Heyne
Cecropiaceae	Cecropia	schreberiana	Miq.
Clusiaceae	Calophyllum	calaba	Jacq., non L.
	Clusia	rosea	Jacq.
Commelinaceae	Commelina	erecta	L.
Convolvulaceae	Ipomoea	acuminata	(Vahl) Roemer y Schultes
	Ipomoea	tiliacea	(Willd.) Choisy
	Ipomoea	sp.	
	Merremia	sp.	
	Merremia	umbellata	(L.) Hall.Fil.
	Turbina	corymbosa	(L.) Raf.
Cucurbitaceae	Melotria	pendula	L.
Cuscutaceae	Cuscuta	sp.	
Cyperaceae	Cyperus	iria	L.
	Cyperus	alternifolius	L.
	Cyperus	esculentus	L.
	Cyperus	sphacelatus	Rottb.
	Cyperus	surinamensis	Rottb.
	Cyperus	sp.	
	Cyperus	sp.	
	Cyperus	sp.	
Elaeocarpaceae	Muntingia	calabura	L.
Erythroxylaceae	Erythroxylum	havanense	Jacq.
Euphorbiaceae	Acalypha	alopecuroidea	Jacq.
	Chamaesyce	hypericifolia	Millsp.
	Chamaesyce	berteroana	(Balbis ex Spreng.) Millsp.
	Chamaesyce	hirta	(L.) Millsp.
	Drypetes	lateriflora	(Sw.) Krug & Urban
	Euphorbia	lactea	Haw.
	Jatropha	gossypiifolia	L.
Flacourtiaceae	Casearia	aculeata	Jacq.
Goetzeaceae	Espadaea	amoena	A. Rich.
Lauraceae	Nectandra	coriacea	(Sw.) Griseb.
Malvaceae	Malvastrum	coromandelianum	(L.) Garcke
	Sida	cordifolia	L.
	Sida	hombifolia	L.
	Sida	pyramidata	Desportes ex Cav.
	Sida	repens	Dombey ex Cav.
	Sidastrum	sp.	
	Talipariti	elatum	(Sw.) Fryxell
Meliaceae	Guarea	guidonia	(L.) Sleumer
	Swietenia	macrophylla	G. King
	Trichilia	havanensis	Jacq.
	Trichilia	hirta	L.
Mimosaceae	Acacia	farnesiana	(L.) Willd.
	Albizia	lebbeck	(L.) Bentham
	Calliandra	haematocephala	Hassk.
	Desmanthus	virgatus	(L.) Willd.

	Dichrostachys	cinerea	(L.) Wight y Arn.
	Leucaena	leucocephala	(Lam.)De Wit
	Mimosa	pellita	Humb. & Bonpl. ex Willd.
	Mimosa	pudica	L.
	Mimosa	sp.	
	Pithecellobium	dulce	(Roxb.)Benth.
	Samanea	saman	(Jacq.) Merrill
Moraceae	Brosimum	alicastrum	Sw.
	Castilla	elastica	Cerv.
	Ficus	aurea	Nutt.
	Ficus	sp.	
	Maclura	tinctorea	(L.)D.Don ex Steudel
Myrtaceae	Eugenia	foetida	Pers.
	Syzygium	cumini	(L.) Skeels
Nyctaginaceae	Pisonia	aculeata	L.
Onagraceae	Ludwigia	sp.	
	Ludwigia	octovalvis	(Jacq.) Raven
	Ludwigia	leptocarpa	(Nutt.) Hara
Oxalidaceae	Oxalis	corniculata	L.
Papaveraceae	Argemone	mexicana	L.
Papilionaceae	Calopogonium	coeruleum	(Benth.) Sauv.
	Centrosema	plumieri	(Turp. ex Pers.) Bentham
	Centrosema	virginianum	(L.) Bentham
	Centrosema	sp.	
	Crotalaria	retusa	L.
	Desmodium	incanum	DC.
	Desmodium	triflorum	(L.) Dc.
	Galactia	sp	
	Galactia	sp	
	Galactia	striata	(Jacq.) Urban
	Indigofera	miniata	Ortega
	Macroptilium	atropurpureum	(Mocino y Sesse) Urban
	Macroptilium	lathyroides	(L.) Urban
	Rhynchosia	minima	(L.) Dc.
	Teramnus	labialis	(L. Fil.) Spreng.
	Vigna	adenantha	(G.F.W. Meyer) Marechal et al.
Passifloraceae	Passiflora	foetida L. var. gossypiifolia	(Desv.) Mart.
	Passiflora	suberosa	L.
Phytolaccaceae	Petiveria	alliacea	L.
	Trichostigma	octandrum	(L.) H. Walt.
Piperaceae	Piper	ossanum	Trelease
	Piper	sp.	
Plumbaginaceae	Plumbago	scandens	L.
Poaceae	Chloris	barbata	Sw.
	Cynodon	dactylon	(L.) Pers.
	Dichanthium	annulatum	(Forsk.) Stapf
	Eleusine	indica	(L.) Gaertner

	Paspalum	sp.	
	Pennisetum	sp.	
	Sporobolus	indicus	(L.) R. Br.
	Urochloa	maxima	(Jacq.) R. D. Webster
Polygonaceae	Polygonum	sp	
	Polygonum	sp	
	Triplaris	americana	L.
Polypodiaceae	Macrothelypteris	torresiana	(Gaud.) Ching
Pontederiaceae	Eichhornia	crassipes	(Mart.) Solms
	Etheranthera	sp.	
Portulacaceae	Portulaca	oleracea	L.
Pteridaceae	Pteris	longifolia	L.
Rutaceae	Citrus	aurantifolia	(Christm.) Swing.
	Citrus	paradisi	Macf.
Sapindaceae	Melicoccus	bijugatus	Jacq.
	Sapindus	saponaria	L.
	Serjania	diversifolia	(Jacq) Radlk.
Sapotaceae	Chrysophyllum	oliviforme	L.
	Mimusops	sp.	
Simaroubaceae	Picramnia	pentandra	Sw.
Solanaceae	Cestrum	diurnum	L.
	Solanum	campechiense	L.
	Solanum	erianthum	D.
	Solanum	sp.	
	Solanum	torvum	Sw.
Sterculiaceae	Guazuma	ulmifolia	Lam.
	Melochia	nodiflora	Sw.
	Sterculia	apetala	(Jacq.) Karst.
	Waltheria	indica	L.
Tiliaceae	Corchorus	siliquosus	L.
	Triumfetta	semitriloba	Jacq.
Verbenaceae	Citharexylum	elipticum	Sesse y Mocino
	Lantana	camara	L.
	Phyla	strigulosa	(Mart. & Gal.) Moldenke
Vitaceae	Leea	sambucina	Willd.
	Cissus	verticillata	(L.) Nicolson et Jarvis
	Heteranthera	sp.	
