

Influencia de los factores edafoclimáticos en la producción de semillas de leguminosas forrajeras y arbóreas en diferentes regiones de Cuba.

Roberto Carmelo Baños Gordillo¹, Gustavo Febles Pérez² Pedro José González Cañizares³, Eduardo Vieito¹.

1. Instituto de Ganadería Tropical. (IGAT). Cuba. E. mail: evieito@cima-minag.cu
2. Instituto de Ciencia Animal. (ICA). Cuba.
3. Instituto nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Cuba

Introducción

En Cuba se ha trabajado en la transformación de las áreas dedicadas a pastoreo, investigaciones relacionadas con la introducción, regionalización y producción de semillas. A partir de 1990, la producción en el país fue deteriorándose paulatinamente. Muchas fueron las causas que motivaron este decrecimiento en la cantidad y en la calidad de un recurso tan importante para nuestra agricultura. Aunque en lo referente a la definición de las mejores localidades para producir semillas aún es necesario un análisis y una investigación más acuciosa de los resultados obtenidos, la preponderancia de factores y de una uniformidad en las metodologías que se deben emplear en la experimentación.

Materiales métodos: Villa Clara: Pluviosidad anual promedio entre 1300 mm y 1400 mm. La temperatura media del mes más cálido oscila entre 27.0 y 28°C. La humedad relativa es de 82%. Presenta un suelo alítico de baja actividad arcillosa amarillento, de textura loam arenoso, con elevada acidez y baja fertilidad natural. El contenido de fósforo y potasio es de 2.9 y 6.12 mg/100 g de suelo, respectivamente, el pH 4.9, la materia orgánica 2.5%, su profundidad efectiva es de 55 cm limitada por abundantes concreciones ferruginosas. Escambray: Precipitación media anual de 1309.6 mm, temperatura máxima es de 30.6°C y mínimas de 21.9°C. La humedad relativa es de 83%, con una media de horas-luz de 8.0 horas por día. El suelo es un pardo grisáceo de textura loam arenoso, fácilmente erosionable y poca retención de humedad. Su profundidad efectiva es de 60 cm y pedregoso. Químicamente se caracteriza por presentar valores de pH muy ácido de 4.0 a 5.0, su contenido de materia orgánica de 2.0-2.9%, los contenidos de fósforo y potasio son bajos y muy bajos, respectivamente con valores de 2.1 y 2.6 para el fósforo y de 8.3 y 8.8 mg/100 g de suelo para el potasio. Sancti Spiritus: Precipitaciones que tienen una media anual de 1408.6 mm distribuidos en el año de forma biomodal; 69.7% para el período lluvioso y un 30.3% en el período seco. La temperatura varía con mínimas de 17.8°C en febrero a máximas de 32.3 en el mes de julio y una media ambiental de 24.4°C. La humedad relativa se comporta como media anual de 83%. El suelo que sustenta dichas especies es un fluvisol diferenciado sobre materiales transportados, carbonatados y no carbonatados, medianamente profundo, poco humificado, de textura loam arenoso, profundidad efectiva de 90 cm, casi llano, moderadamente pedregoso y con drenaje de medio a alto; pH 6.6-7.0, materia orgánica 2.7%, contenido de fósforo y potasio de 1.14 y 22.49 mg/100 g de suelo. Camagüey: Pluviosidad anual promedio de 1200 a 1400 mm. La temperatura media del mes más cálido es entre 27.0-28°C, la media del mes más frío 22.0-23°C, la temperatura mínima media del mes más frío 17.6°C. La humedad relativa es de 79% como media anual. El suelo es un pardo sialítico ócrico, de textura loam-arcilloso, sobre rocas no carbonatadas efusivas, es un suelo saturado, con pH de 6.4, el contenido de materia orgánica es de 2.3%, el fósforo y el potasio están representados por 2.9 y 13.1 mg/100 g de suelo, respectivamente. Su profundidad efectiva es de 40 cm, moderadamente pedregoso, con buen drenaje, de topografía llana. Granma: Precipitación media anual de 995.0 mm con un componente de la lluvia en la estación seca de 255.0 mm. La temperatura varía con mínimos de 19.8°C y máximas de 32°C, presentando una temperatura media de 25.7°C. La humedad relativa es de 76%. Los suelos fueron fluvisol diferenciado para la *Neonotonia wightii*, *Macroptilium atropurpureum*, *Teramnus labialis* y *Stylosanthes guianensis*, mientras que *Pueraria phaseoloides* y *Leucaena leucocephala* se establecieron sobre vertisol pélico. El fluvisol diferenciado presenta un pH de 7.0, su contenido de materia orgánica es 2.72%, los valores de fósforo y potasio asimilables son de 2.40 y 15.50 mg/100 g de suelo, respectivamente, tomando categoría de bajo y medio. Presenta una profundidad efectiva de

100 cm, moderadamente pedregoso y de buen drenaje. El suelo vertisol pélico presenta valores de pH de 6.23 ligeramente ácido, el contenido de materia orgánica es bajo 2.72%; los contenidos de fósforo y potasio son alto y bajo con valores de 8.40 y 11.81 mg/100 g de suelo, respectivamente. Es un suelo profundo con 95 cm de profundidad efectiva, moderadamente pedregoso, con un drenaje malo. Guantánamo: Clima que va desde tropical seco hasta clima de región semidesértica con lluvias escasas 801.1 mm y mal distribuidas en el año, alta evaporación y temperatura media todo el año entre 24 y 28°C con máximas que llegan a 36°C, así como humedad relativa del aire entre 70 y 80. Se tomaron los datos que pertenecen a la zona ubicada en las coordenadas 16° 3' N y 66° 8' E, bajo un suelo pardo sialítico cálcico sobre arenisca calcárea, carbonatado y medianamente profundo, medianamente erosionado, humificado, de textura loam-arcilloso, algo pedregoso con cantos rodados, generalmente de topografía ondulada y profundidad efectiva de 35-40 cm, un pH de 5.8-7.0, materia orgánica 4.43%; fósforo 1.40 mg/100 g de suelo y 57.09 mg/100 g de suelo de potasio; presenta un drenaje medio.

Las variables estudiadas fueron: especies (6), regiones (6), años (4) y factores climáticos (temperatura máxima, temperatura mínima y media; precipitación total, precipitación en lluvia y precipitación en seca; humedad relativa y horas-luz). Factores edáficos de cada región: pH, materia orgánica, fósforo y potasio asimilable; profundidad efectiva del suelo, pedregosidad y drenaje.

Las evaluaciones realizadas fueron:

Análisis de suelo. Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0 - 20 cm durante los 4 años en estudio; las determinaciones químicas se realizaron según:

pH – potenciometría relación suelo-agua 1:2.5

Materia orgánica – Walkley y Black

P asimilable – Oniani

K. asimilable – Oniani

Tratamiento y diseño experimental : los tratamientos constituyeron las 6 regiones en estudio con un diseño experimental de bloques al azar completamente aleatorizado con 4 réplicas que fueron los 4 años en estudio.

La estrategia se basó los métodos univariados mediante el análisis de varianza y la prueba de rango múltiple de Duncan (1955), cuyos análisis permitieron conocer el comportamiento de las especies en los distintos ambientes y posteriormente, se utilizaron métodos de análisis multivariado (Componentes principales) mediante el paquete computacional Statistica (1993).

Discusión Leucaena presentó los mayores rendimientos en Guantánamo en un suelo que presentaba el mayor contenido de materia orgánica (4.24%) con un pH adecuado, (6.40). El resto de las localidades presentan un pH aceptable, excepto Villa Clara con 4.47. Granma aunque presenta un pH neutro (6.23), tiene un drenaje deficiente, característica que lo sitúa en desventaja, ya que esta especie no acepta almacenamiento de agua, prefiriendo un buen drenaje. Como se aprecia en la tabla 6 su rendimiento fue de solo 341.9 kg /ha /año en comparación con otras localidades. En nuestras condiciones a pesar de que el fósforo es bajo en todas las localidades, podemos atribuirles el buen comportamiento de la planta a su sistema radicular, el cual dispone de una raíz principal profunda que pudiera extraer nutrientes de las capas más profundas del suelo.

Referente al clima las precipitaciones más bajas aparecen en la provincia Guantánamo, pero se puede decir que la misma se encuentra entre los rangos aceptables para esta planta según la literatura (600-2500 mm/año). Nuestros resultados demuestran que leucaena es una planta con un alto rango de adecuación para las condiciones tanto de clima como de suelo en nuestro país con producciones de semilla aceptables que pudieran abastecer las necesidades de este insumo en cada provincia.

Pueraria phaseoloides (kudzú) se estableció en las regiones del Escambray, Camagüey, Granma y Villa Clara con rendimientos promedio en los cuatro años en estudio de 60.0, 40.6, 145.3 y 138.8 kg/ha/año, respectivamente. Los mejores rendimientos se encontraron en las regiones de Granma y Villa Clara con diferencias entre las dos regiones restantes.

En las regiones de Villa Clara y Granma las precipitaciones en los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero promediaron durante los 4 años de estudio, respectivamente 355.3 y 486.0 mm siendo las de mayor rendimiento. En el caso del Escambray y Camagüey la lluvia en esos meses promedió 194.0 mm y coincidieron con los rendimientos más bajos. Al relacionarlo con las temperaturas de nuestras regiones podemos decir que las temperaturas máximas están por encima de los 30 °C, las mínimas por encima de los 19 °C y las temperaturas medias por encima de los 24 °C.

El estudio de *Glycine* se realizó en Granma, Camagüey, Sancti Spiritus, Escambray y Guantánamo con rendimientos promedios de 245.5 y 197.5 kg/ha/año de semilla total en Guantánamo y Camaguey respectivamente. No se presentan diferencias entre estas dos localidades y sí con el resto de las regiones. En los suelos de estas dos regiones la profundidad efectiva es de 40 cm (poco profundos), con drenajes de moderado a bueno y bueno, respectivamente. Los valores de pH (6.40 y 6.30), son evaluados como ligeramente ácidos, pero muy cercanos a neutros son cualidades que lo describen como suelos adecuados para este cultivo.

Teramnus se estudió en las regiones de Guantánamo con rendimientos promedio de 398.5 kg/ha/año; en Camagüey alcanzó producciones de 350.0 kg/ha/año, mientras que en Granma y Sancti Spiritus sobre un fluvisol diferenciado en ambos casos, los rendimientos fueron de 98.5 y 45.0 kg/ha/año respectivamente.

Las condiciones de clima en las regiones de estudio son similares a las citadas por los autores antes mencionados. Los menores valores de precipitación total en Guantánamo con 878.3 mm y las mayores en Villa Clara con 1436.8 mm. En el caso de las temperaturas máximas sólo Villa Clara con difiere de las 3 regiones restantes que no son diferentes entre sí. Las temperaturas mínimas más bajas se presentaron en Villa Clara y Granma.

En cuanto a tipo de suelo, pH y drenaje, los suelos en estudio tienen características aceptables para el desarrollo, comportamiento y producción de semilla de dicha especie. Con relación al contenido de fósforo y potasio, podemos inferir que el contenido de fósforo es muy bajo, mientras que el potasio es variado. En Guantánamo, el contenido de potasio es alto lo que coincide con los mayores rendimientos, mientras que en Villa Clara es muy bajo lo que está de acuerdo con los rendimientos más bajos. Los rendimientos en las regiones fueron: Guantánamo (443.7 kg/ha/año) y Camagüey (266.1kg/ha/año).

Para *Stylosanthes guianensis* sólo se tuvieron en cuenta tres localidades que fueron Villa Clara, Escambray y Granma. Se obtuvieron rendimientos promedios de 87.5, 85.0 y 46.1 kg/ha/año para cada uno de ellos sin diferencias. Cabe destacar la diferencia numérica en los rendimientos de la localidad de Villa Clara (87.50 kg/ha/año) con un pH de 4.47 y bajo contenido de fósforo en relación con los rendimientos de la región de Granma (46.12 kg/ha/año) en un suelo aluvial de textura arcillosa fina y con un pH de 7.0.

Independientemente de la relación entre rendimiento y localidad, el factor manejo y la disciplina tecnológica que debe seguirse son elementos que no pueden descartarse y que en determinadas situaciones pudieran llegar a confundir, y a subestimar o a solapar la relación genotipo-ambiente. Es indiscutible que estas especies estudiadas fueron capaces de alcanzar rendimientos de semillas aceptables durante 4 años consecutivos, sin aplicación de fertilizantes y en suelos de mediana fertilidad. La época de cosecha está muy intensamente relacionada con la respuesta al fotoperíodo o longitud del día y otras condiciones de manejo dirigidas por el hombre y, por último, hay que mencionar que el método de cosecha influirá en la cantidad y calidad de la semilla. La producción de semilla de estas especies, en las diferentes localidades estudiadas, se obtuvo siguiendo, los parámetros tecnológicos establecidos para producir semillas en estas plantas. Somos del criterio de que la selección de variedades con un rango amplio de adaptación es también un objetivo práctico, ya que la búsqueda de variedades para cada tipo de ambiente en particular es casi imposible por la influencia que puede ejercer la variación de cualquiera de los indicadores del ambiente.

Ahora bien, independientemente del relativo grado de precisión a que hemos llegado en el desarrollo de esta tesis que nos permitió arribar a determinadas conclusiones, recomendaciones y sugerencias, es indiscutible que no conocemos aún aquellos elementos

del clima o del suelo que pudieran tener un mayor o menor grado de preponderancia en los resultados alcanzados. Para poder llegar a una mayor aproximación a esta verdad nos valimos de ciertos mecanismos del análisis multivariado que vamos a discutir.

La prueba de esfericidad de Bartlett (1950) se usó para probar la hipótesis de que la matriz de correlación fuera unitaria. Esto significa que entre los caracteres que se incluyeron en el análisis no hubo correlación. Dicha hipótesis fue rechazada para $P < 0.0001$, y asegura que existió alta correlación, lo que constituye un principio fundamental para la aplicación de este método. Se tomaron en consideración solo tres factores ya que en el cuarto no hubo ninguna variable con un porcentaje de preponderancia mayor al 70 %. Las variables de mayor preponderancia fueron la temperatura media, la materia orgánica, el contenido de potasio y el drenaje del suelo, que explican el 39.6% de la variabilidad. A estas variables se añaden la precipitación total y la profundidad efectiva que se corresponden con el segundo y tercer factor respectivamente y que en su conjunto explican el 72% de la variabilidad.

Las variables de mayor preponderancia para el kudzú fueron el drenaje del suelo, el contenido de fósforo y potasio, el % de materia orgánica, el pH y la humedad relativa que explican el 42.9% de variabilidad. Añadiéndose a esto, la profundidad efectiva del suelo y las horas luz en el segundo factor y la precipitación en época de seca en el tercer factor, que en conjunto explican el 77.8% de la variabilidad. En teramnus las variables de mayor preponderancia fueron la precipitación en época de lluvia, la temperatura mínima y media, el contenido de potasio y la profundidad efectiva del suelo que explican el 35.8 % de la variabilidad. Añadiéndose el contenido de fósforo y el drenaje del suelo para el segundo factor, no presentado ninguna variable de preponderancia para el tercer factor. En su conjunto explican los dos primeros el 57.4% de la variabilidad.

Las variables de mayor preponderancia en el kudzú fueron el contenido de potasio, la materia orgánica y el drenaje del suelo, que explican el 29% de la variabilidad. Añadiéndose la temperatura mínima y media en el segundo factor, que en su conjunto explican el 51.4 % de la variabilidad. No presentándose ninguna variable de preponderancia en el tercer factor. Las variables de mayor preponderancia en el Stylo fueron el contenido de potasio, el pH, la profundidad efectiva del suelo, la precipitación total, la temperatura máxima y el drenaje que explican el 38.2% de la variabilidad. Añadiéndose a ellas las variables pedregosidad y temperatura mínima, para el segundo factor y la precipitación en lluvia para el tercer factor, que en su conjunto explican el 71% de la variabilidad. Para leucaena, las variables de mayor preponderancia fueron la materia orgánica, el drenaje, pH, la temperatura media y la precipitación total que explican el 38.8 % de la variabilidad. A estas variables se añaden la profundidad efectiva del suelo y su contenido de fósforo para el segundo factor, que en su conjunto explican el 62.3% de la variabilidad. No presentándose ninguna variable de preponderancia en el tercer factor.

Estos son prácticamente los primeros resultados en Cuba donde se analiza la producción de semillas con un enfoque donde intervienen el análisis univariado y el multivariado. En todos los casos fueron discriminados aquellos valores de las variables por debajo de .69. Se encontró relevancia en mayor o menor grado de todos los factores edafoclimáticos en el comportamiento del rendimiento de las leguminosas.

Un análisis más particular muestra, dentro de las variables climáticas, que la temperatura máxima y las horas luz que ocurrieron durante el período estudiado son las menos representadas, así como la precipitación en seca y la humedad relativa.

Esto pudiera expresar que para algunas leguminosas como la glycine, el siratro, el teramnus y la leucaena principalmente, estas componentes del clima no son esenciales y podrían ser indicativo de una probable plasticidad o mayor adaptabilidad de las especies citadas en las regiones donde fueron sembradas.

Lo anterior no se observa, de la misma manera, para el resto de las variables principalmente la temperatura media aunque sin descartar la temperatura mínima y la precipitación total.

Este análisis quiere decir, que dentro del conjunto de variables climáticas de mayor preponderancia aquellas que hay que monitorear con más precisión se relacionan con la temperatura media y mínima y la precipitación total. Es bueno hacer una valoración particular de cada especie cuando se mida la producción de semilla. Igualmente, es

probable que signifique que las especies aquí señaladas puedan producir semillas satisfactoriamente, y sin riesgo de mayor importancia cuando las variables climáticas estudiadas están dentro del promedio informado para las distintas regiones.

Con relación a las variables físicas del suelo, no cabe la menor duda la importancia relevante del drenaje y la profundidad efectiva de los suelos, ambas variables físicas deben ser monitoreadas y deben ser contempladas de manera especial cuando se va a seleccionar una región particular para producir semillas de leguminosas. Es conocido la influencia que tiene el drenaje en los períodos de establecimiento de las especies de leguminosas.

Por otro lado, cuando analizamos las variables químicas se observa la importancia del potasio y de la materia orgánica sin descartar el fósforo y el pH. Esto muestra de manera clara la necesidad de conocer la fertilidad del suelo cuando se van a seleccionar áreas para producir semillas de estas especies.

Otro hecho de importancia, es la presencia de un grupo importante de indicadores con valores positivos y negativos, lo que muestra las relaciones en algunos casos inversa entre los factores edafoclimáticos y las especies. Esto se aprecia con mayor relevancia en los factores relacionados con las variables climáticas como son la temperatura media y la temperatura mínima.

Se pudo inferir relaciones positivas y negativas entre las variables, no obstante una precisión mayor se podría lograr a través de análisis complementarios, como son los análisis de regresión que permiten definir hasta que punto estas relaciones son determinantes o no. Es decir, con los indicadores de mayor preponderancia se pueden hacer correlaciones lineales obteniéndose, de esta forma su grado de significación estadística.

No obstante si hacemos una valoración de las especies que están mas influidas por las variables edafoclimáticas no discriminadas pudiéramos asumir que el kudzú y el *Stylosanthes* fundamentalmente caen dentro de este grupo, lo que ocurre en menor grado para la *Glycine*, el siratro, el *Teramnus* y la leucena.

Los resultados también ilustran y corroboran la existencia de una interacción genotipo-ambiente que es más o menos intensa según la especie.

Independientemente de las valoraciones que hemos hecho hasta este momento somos del criterio de monitorear las variables seleccionadas en su conjunto cuando vayamos a elegir áreas para producir semillas de leguminosas pratenses. En todas las regiones estudiadas, existen posibilidades para producir semillas de leguminosas, lo que demuestra la existencia de una relación genotipo – ambiente. *L. leucocephala* y *M. atropurpureum* tuvieron un mejor comportamiento en Guantánamo, *N. wightii* y *T. labialis* mostraron su mejor comportamiento en las regiones de Guantánamo y Camagüey, *S. guianensis* mostró igual comportamiento para todas las regiones, *P. phaseoloides* tuvo mejor comportamiento en las regiones de Granma y Villa Clara. Una valoración del clima muestra que ninguno de sus componentes limita la producción de semilla de leguminosas, independientemente de las diferencias significativas en el comportamiento de alguno de ellos. La temperatura máxima y las horas luz, junto a la precipitación en seca y la humedad relativa fueron los que menos influyeron en las distintas especies y la temperatura media, la temperatura mínima y la precipitación total son las variables climáticas más representadas en las especies en estudio. Parece que el suelo muestra ciertas limitaciones para una u otra especie en las diferentes regiones. Dentro de las variables físicas del suelo, el drenaje y la profundidad efectiva son de relevante importancia. Dentro de las variables químicas del suelo, el potasio, la materia orgánica y el fósforo son de relevancia y muestran la importancia de la fertilidad del suelo. Independientemente de los resultados estadísticos univariados hay que destacar, desde el punto de vista biológico, la superioridad de las regiones de Guantánamo y Camagüey con respecto al resto de las regiones. Los factores edafoclimáticos valorados en su conjunto mostraron la necesidad de ser tenidos en cuenta cuando se va a monitorear la producción de semilla de leguminosas forrajeras y arbóreas La producción de semilla de *P.* y *S. guianensis* demuestran una relación genotipo-ambiente superior al resto de las especies.