

Análisis espacial de datos para clasificar musáceas en zonas bananeras del Ecuador.

Patricia Gómez Pérez ⁽¹⁾
Ing. Omar Ruíz Barzola ⁽²⁾
Instituto de Ciencias Matemáticas ^(1,2), CIBE-ESPOL ⁽²⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
rpgomez@espol.edu.ec ⁽¹⁾
oruiz@espol.edu.ec ⁽²⁾

Resumen

Debido a que durante todas las épocas del año se rechaza gran cantidad de frutos de plantas perteneciente al género Musa, entre ellos el banano, en el país se ha empezado a investigar como aprovechar ese rechazo para favorecer la producción de bioetanol a partir de la biomasa del fruto. Como un aporte de la estadística en este tema, se realiza el presente proyecto cuyo objetivo es identificar mediante descriptores fisiológicas de las plantas (altura del pseudotallo, área de la hoja, ancho de márgenes del peciolo, longitud del peciolo, proporción de la hoja) aquellos sectores donde existen las plantas que tengan las mejores características para producir bioetanol. Este análisis se lo realiza utilizando técnicas geoestadísticas, las cuales mediante el ajuste de los semivariogramas a los diferentes modelos de variogramas teóricos, ayudan a obtener mapas de estimaciones (técnica de krigeado) y determinar la probabilidad espacial de hallar variedades de musáceas con las características de interés según sugiere INIBAP, haciendo comparaciones entre los diferentes sectores de estudio. Los datos fueron recopilados entre mayo y julio del año 2009; los sectores de donde se obtuvieron las observaciones son los Cantones Pallatanga, Bucay, Loja y Zaruma. Finalmente se pudo observar que la variedad limeño (musa acuminata x balbisiana) se da en un área aproximada de 10.56 km² cercana al sector de Cascajal. En el caso de la variedad maqueño (musa acuminata x balbisiana), existe un área de 6.25 km² cercana a la localidad de Suropata donde se puede encontrar este tipo de fruto, y la variedad de banano criollo tiene un área de 4 km² en el sector de San Nicolás, todas ellas con las características fisiológicas requeridas para la obtención de biomasa. En Zaruma la variedad guineo común (musa acuminata) se da en un área aproximada de 14.06 km² cercana al sector de Punzara Grande.

Abstract

Because during all seasons rejected many fruits of the genus Musa plants, including bananas in the country has begun to investigate and take the rejection to facilitate the production of bioethanol from biomass the fruit. As a contribution of statistics in this issue, we conducted this project to be identified by plant physiological descriptors (height of the pseudostem, leaf area, width of margins of the petiole, petiole length, leaf ratio) sectors where there are plants that have the best features to produce bioethanol. This analysis is done using geostatistical techniques, which means the adjustment of the semivariograms for the different theoretical variogram models help to obtain maps of estimates (technical Krige) and determine the probability of finding space banana species with the characteristics of INIBAP suggests interest, making comparisons between different fields of study. Data were collected between May and July 2009, the sectors of sampled observations are Pallatanga, Bucay, Loja and Zaruma. Finally it was noted that the variety Limeño (musa acuminata x balbisiana) occurs in an area of approximately 10.56 km² near the Cascajal sector. In the case of the variety maqueño (musa acuminata x balbisiana) there is an area of 6.25 km² near the town of Suropata where you can find this type of fruit, and criollo variety has an area of 4 km² in the area of San Nicolas, all with the physiological characteristics required for obtaining biomass. In Zaruma variety banana común (Musa acuminata) occurs in an area of approximately 14.06 km² sector near to Punzara Grande.

Keywords: bioethanol, variogram, kriging.

1. Introducción

Ecuador es uno de los principales exportadores y productores del género musáceas y actualmente el primer exportador de banano y plátano en el mundo [1]. En todo proceso de producción existen pérdidas de productos que no cumplen con los estándares de calidad requeridos, para el caso de los bananos los que no están aptos para su exportación o consumo en el exterior se lo denomina rechazo. Debido al gran porcentaje de rechazo que se produce [2] y a la necesidad de la elaboración de algún tipo de combustible menos contaminante para el ambiente, se ha desarrollado un combustible natural denominado biocombustible [3].

Esta investigación pretende identificar las localidades en las que se sitúan las variedades de musáceas no comerciales y que sirven como fuente para la obtención de fruto que pueda ser considerado potencial materia prima para la elaboración de bioetanol; esto se lo realiza mediante la recopilación de datos geográficamente identificados. Las variables de interés son los descriptores fisiológicos de la planta según lo establecido por el INIBAP. Para ubicar las zonas donde se tengan las características de interés se aplicaron las técnicas Geoestadísticas; mediante ajustes a variogramas teóricos que indican la distancia en la que están correlacionadas espacialmente dos observaciones y la técnica de estimación espacial kriging se crearon mapas que indiquen las localidades con una determinada característica de interés de una región. El análisis se realizó en los Cantones Pallatanga, Bucay, Loja, Zaruma, los datos fueron recopilados en los meses de mayo y junio del año 2009.

Los frutos pertenecientes al género *Musa* hallados en los cantones (Pallatanga, Bucay, Zaruma, Loja) son de la especie *M. acuminata* (banano, orito), *M. balbisiana* (plátano) [4]. De acuerdo a los análisis geoestadísticos estos frutos están ubicados cerca de las localidades de Cascajal (limeño), Suropata (maqueño), San Nicolás (criollo) y Punzara Grande (guineo común).

2. Materiales y métodos

2.1 Geoestadística

Es una combinación de dos ciencias tales como: la Estadística y Geografía que conjuntamente con el uso de técnicas informáticas (software especializado en posicionamiento geográfico) y sustento estadístico realiza estudios, estimaciones de variables y su comportamiento en el espacio.

2.1.1 Análisis estructural o variograma experimental

El variograma es una técnica de la geoestadística, que analiza el “acentuado” posicionamiento geográfico que tienen los datos respecto a un sector, y la distancia a la que una característica es afectada por otra, estableciendo la correlación entre dos puntos en el espacio, por esta razón exige la estacionariedad. Para esto relaciona a una distancia h (*lag*) y una dirección.

La función que representa el Variograma experimental o Semivariograma, se la denota como $\hat{\gamma}(\mathbf{h})$, esto es una estimación de la varianza respecto a la población, ya que generalmente se analiza la muestra [3].

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [z(x_i) - z(x_i + \mathbf{h})]^2$$

$N(\mathbf{h})$ = Es la cantidad de pares calculados entre los puntos que se encuentran a una distancia h .

X_i = Es la i -ésima observación de las variables geográficas.

h = Es la distancia que se encuentra entre dos puntos que representan una ubicación geográfica.

Componentes del variograma

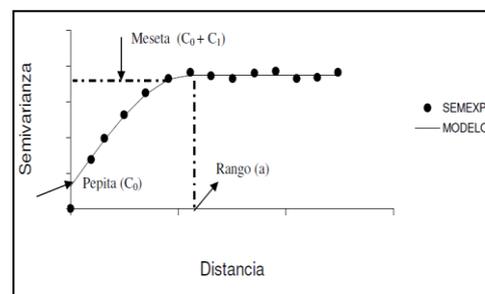


Figura 1. Modelo de la función Variograma y sus componentes.

Sill (C₀+C₁) o Meseta es el valor para el cual el variograma empieza a ser constante para cualquier punto h (distancia). **Rango (a)** es el valor que toma h cuando la función variograma empieza a ser constante. Este valor también indica la distancia a la que las observaciones dejan de estar correlacionadas. La discontinuidad que se presenta en el eje vertical es conocida como **Efecto Nugget ó Pepita (C₀)**. A medida que disminuya la distancia del efecto nugget el modelo será más explicativo. El valor del efecto nugget no debe ser mayor que el 50% del valor de la meseta. El valor que es representado por C_1 , se lo denota como Escala [5].

Anisotropía y tipos de anisotropía

Si en el análisis estructural el comportamiento del conjunto de datos es el mismo para diferentes direcciones espaciales se dice que poseen una característica Isotrópica, si no el variograma tiene característica Anisotrópica.

Existen 3 tipos de anisotropía: **a) Geométrica:** cuando hay variaciones en el rango de la función variograma, pero el sill es el mismo para todas las direcciones; **b) Zonal:** Este tipo de anisotropía es contraria a la de tipo Geométrica, ya que en el variograma experimental para las diferentes direcciones espaciales este tiene el mismo rango, pero diferentes valores del sill; y **c) Híbrida:** cuando para direcciones diferentes tanto el rango como el sill, tienen diferentes valores en el variograma [6].

2.1.2 Modelamiento espacial o tipos de variogramas

Existen 2 tipos de variogramas o modelos: los acotados donde hay presencia de rango y meseta; y los modelos no acotados donde el variograma no se hace constante a una determinada distancia, es decir que no hay presencia de meseta y rango [5].

Modelos Acotados

Dentro de los modelos acotados se tienen los siguientes:

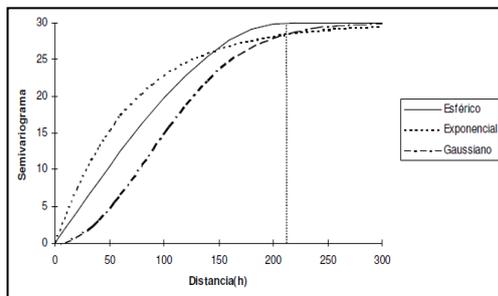


Figura 2. Modelos de Variograma acotados.

Esférico

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 \left(\frac{3}{2} \left(\frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right) & h \leq a \\ C_0 + C_1 & h > a \end{cases}$$

El tipo de modelo esférico, empieza hacerse constante en un punto aproximado de h, en donde ya no presenta ningún incremento, inicialmente crece de manera constante entre todos los puntos de la distancia o los valores que toma h.

Exponencial

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left(1 - \exp\left(-\frac{3h}{a}\right) \right)$$

Este tipo de modelo acotado tiene un rápido incremento hasta llegar al punto donde existe la presencia de una meseta, cuyo comportamiento empieza hacerse constante. A medida que la distancia h incrementa la curva empieza a “suavizarse”. C1 representa el valor de la meseta, a el rango, y h la distancia.

Gaussiano

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left(1 - \text{Gauss}\left(\frac{-h^2}{a^2}\right) \right)$$

La curva de la función tiene una estabilización infinita, es decir que tiene un incremento de manera más tardía en todos los puntos de (h). Este comportamiento es similar al del variograma exponencial.

Modelos no acotados

En los modelos no acotados se tienen los siguientes:

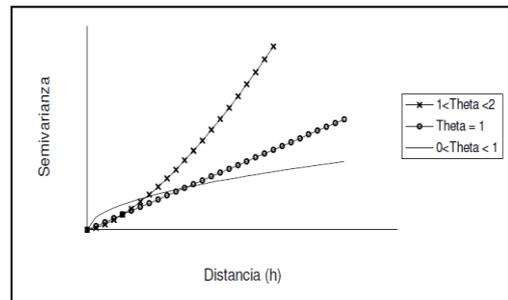


Figura 3. Modelos de Variograma no acotados.

Modelo Potencial y Modelo Lineal

Cuando en la función el valor de $\theta = 1$, el variograma es de tipo lineal. Debido al comportamiento de la función que tiene tendencia al infinito, este tipo de variograma no presenta meseta o sill, este variograma nos indica que el fenómeno es no estacionario.

$$\gamma(h) = kh^\theta \quad 0 < \theta < 2$$

El exponente θ puede variar entre 0 (variograma péptico) y 2 (variograma parabólico).

2.1.3 Predicciones espaciales

Existen varios tipos de estimadores espaciales, tales como la distancia inversa, el vecino cercano, y los diferentes tipos de kriging. El uso de cada uno de los tipos lineales que contiene el Kriging exige la normalidad de las variables de estudio para obtener predicciones óptimas, y son los mejores predictores linealmente inesgados [5].

Kriging: El kriging es un método de la estadística espacial que permite establecer predicciones, mediante

interpolaciones de tipo lineal, a partir de un conjunto de puntos, que han sido seleccionados con una característica en común. **Kriging simple:** Considera el supuesto de media constante y conocida (m), además que el valor de la media poblacional sea igual a la media muestral y la variable debe ser estacionaria. **Kriging universal:** Existe el caso en que la variable que tiene la característica de interés no cumple con el supuesto de ser una variable estacionaria.

2.2 Software y Captura de datos

El análisis estructural se lo realizó mediante el software: SADA4 para mapa de estimaciones y probabilidades; Variowin para los semivariogramas; y la identificación de los puntos geográficos donde se encuentran variedades de interés se la realizó con Google earth.

Los datos georeferenciados pertenecen a las regiones de Pallatanga-Bucay y Zaruma-Loja, los mismos que fueron recopilados en mayo y julio de 2009; donde las variables de estudio son altura del pseudotallo, área de la hoja, proporción de la hoja, longitud del peciolo, ancho del margen del peciolo.

3. Resultados obtenidos

Previo a la aplicación de las técnicas de estimación espacial se determinó la existencia de normalidad de las variables mediante la prueba K-S (Kolmogorv-Smirnov) [7]. Se realizó el análisis exploratorio y estructural, luego se usó la técnica de modelamiento espacial (krigeado), para obtener los mapas de estimaciones presentados a continuación:

3.1. Variable altura del pseudotallo Pallatanga – Bucay.

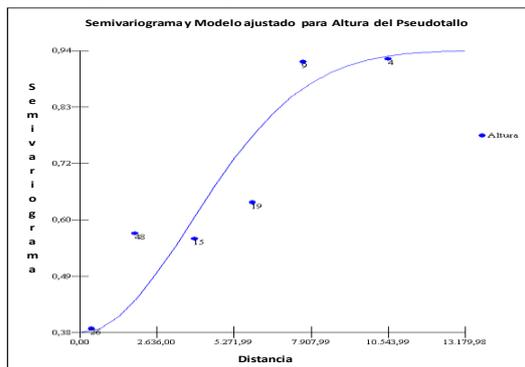


Figura 4. Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable altura del pseudotallo.

El semivariograma se ajusta al modelo teórico Esférico, con una distancia entre lags de 2000 m, cuya dirección y tolerancia es de 89.25° y 70° ,

respectivamente. La función estimada para el modelo teórico, se la determina de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(h) = 0,38 + 0,56(1 - \text{gauss}(\frac{-h}{5400})^2)$$

Este variograma de tipo Esférico contiene un sill y un rango de 0,56 y 5400, respectivamente; además el efecto pepita es de 0,38; es decir que la explicación del modelo estudiado es de aproximadamente el 60%. El variograma obtenido indica que en las regiones Pallatanga – Bucay hasta los 5400 m las distintas medidas para la altura del pseudotallo están correlacionadas o tienen dependencia espacial.

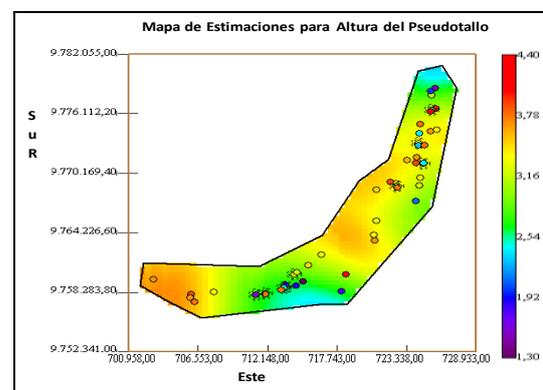


Figura 5. Mapa de estimaciones para altura del pseudotallo.

El primer sector con coordenadas (704780, 9759045), el segundo con coordenadas (720169, 9767021) alcanzan alturas del pseudotallo de 3,40 metros aproximadamente. En el resto de las localidades investigadas se hallan pseudotallos cuyas alturas son inferiores a 3,40 centímetros.

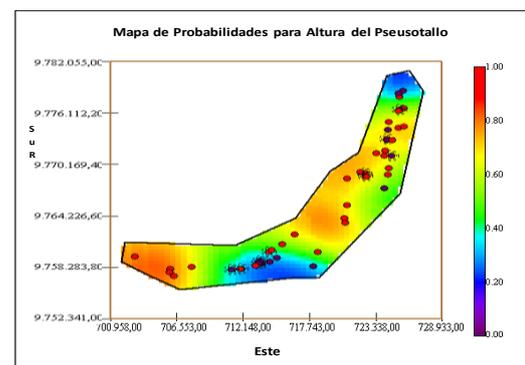


Figura 6. Mapa de Probabilidades para altura del pseudotallo.

Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuya altura del pseudotallo sean superiores a 3 metros, se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra **Fig. 6.**

Se observa que existe alta probabilidad (0.60 y 0.70) de encontrar plantas con alturas superiores a 3 metros en gran parte de la región estudiada; este comportamiento se da en las zonas Suroeste y en la noreste, y las localidades con menos posibilidad de encontrar plantas con alturas superiores a 3 metros, están en las zonas Sureste y Noreste.

3.2. Variable área de la hoja Pallatanga – Bucay.

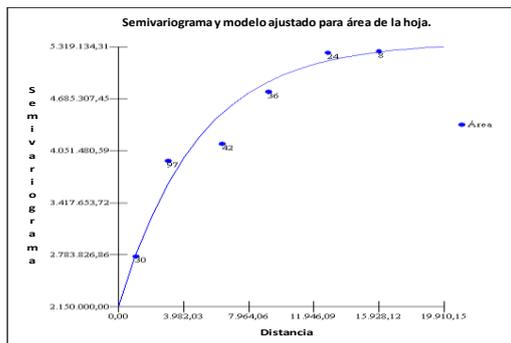


Figura 7. Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable área de la hoja.

El semivariograma se ajusta modelo teórico Exponencial, con una distancia entre lags de 3200 m, cuya dirección y tolerancia es de 25.5° y 5°, respectivamente. La función es de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(h) = 2150000 + 3220000(1 - \exp(-\frac{3h}{4800}))$$

Este variograma de tipo Exponencial contiene un sill de 3220000 y un rango de 4800, el efecto pepita es de 2150000, la explicación del modelo estudiado es aproximadamente el 60%. El variograma obtenido indica que en las regiones Pallatanga – Bucay hasta los 4800m las distintas medidas del área que tienen las hojas están correlacionadas o tienen dependencia espacial.

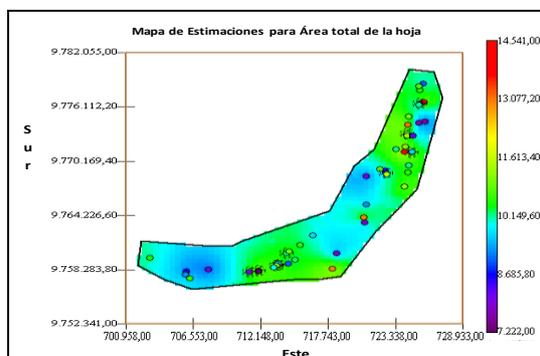


Figura 8. Mapa de estimaciones para área total de la hoja.

En la mayoría de las localidades estudiadas pertenecientes a Pallatanga-Bucay hay plantas que contienen un área de la hoja superior a 11000 cm²; excepto en tres sectores que se da con menor incidencia, cuyas coordenadas son (706545, 9758621), (720099, 9768927), (726311, 9774081), alcanzando a hoja un área de 9000 cm².

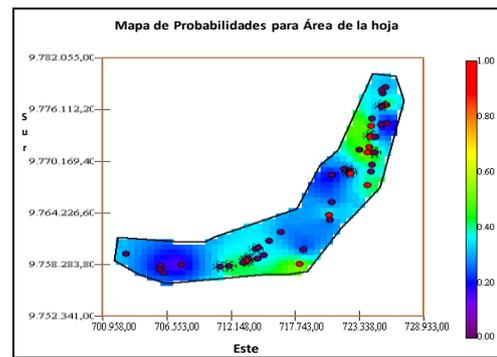


Figura 9. Mapa de Probabilidades para área total de la hoja

Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuya área de las hojas sean superiores a 11000 centímetros cuadrados, se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra Fig.9. Se observa que en la mayoría de las localidades existe una probabilidad baja (0.25) de hallar plantas con áreas superiores a 11000 cm² y en pocas localidades la probabilidad de ocurrencia es 0.40.

3.3. Clasificación y localización espacial de musáceas en Pallatanga – Bucay.

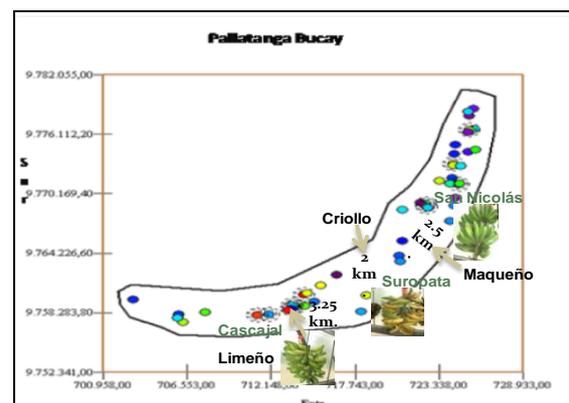


Figura 10. Mapa de localidades de variedades de interés.

Se puede observar que la variedad limeño (musa acuminata x balbisiana) se da en un área aproximada de 10.56 km² cercana al sector de Cascajal. En el caso

de la variedad maqueño (musa acuminata x balbisiana), existe un área de 6.25 km² cercana a la localidad de Suropata donde se puede encontrar este tipo de fruto, y la variedad de banano criollo tiene un área de 4 km² en el sector de San Nicolás, todas ellas con las características fisiológicas requeridas para la obtención de biomasa.

3.4. Variable altura del pseudotallo Zaruma – Loja.

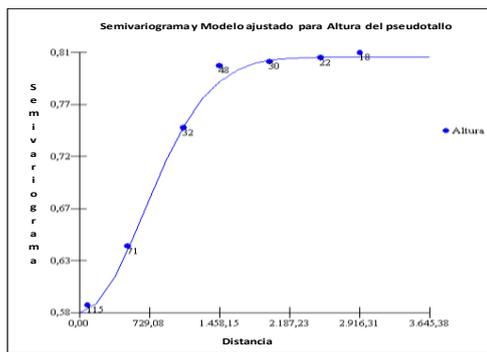


Figura 11. Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable altura del pseudotallo.

El semivariograma se ajusta al modelo teórico Gaussiano, con una distancia entre lags de 500 m, cuya dirección y tolerancia es de 171° y 53.85°, respectivamente. La función estimada para el modelo teórico se la determina de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = 0,58 + 0,23(1 - \text{gauss}(\frac{-h}{950})^2)$$

Este variograma de tipo Gaussiano contiene un sill de 0,23 y un rango de 950 m, el efecto pepita es de 0,58.

El variograma obtenido indica que en las regiones Loja-Zaruma hasta los 950 metros las diferentes alturas del pseudotallo de las plantas están correlacionadas o tiene dependencia espacial.

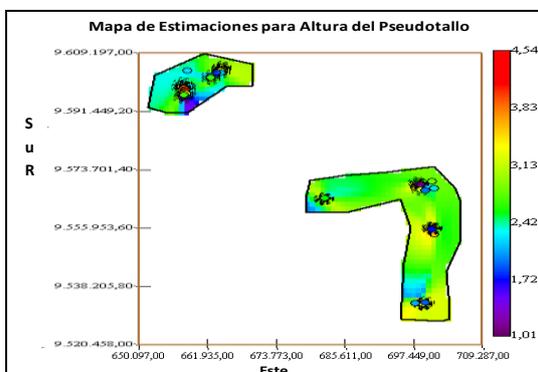


Figura 12. Mapa de estimaciones para altura del pseudotallo.

El primer sector con coordenadas (700553, 9530533), alcanza alturas del pseudotallo cercanas a 3,20 metros. En el resto de las localidades investigadas se hallan pseudotallos cuyas alturas son inferiores a 3,20 centímetros aproximadamente, y en la localidad con coordenadas (658164, 9586607), existen longitudes que tienen valores inferiores a 3 metros, aunque esto se da con menor incidencia.

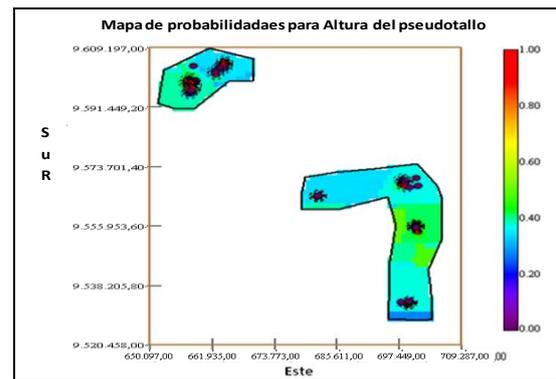


Figura 13. Mapa de Probabilidades para altura del pseudotallo.

En la Fig. 13 se observa que la mayor probabilidad (0.5) se da en la zona sureste con coordenadas (697469, 9555953), en el resto del sector prevalece la probabilidad de obtener valores mayores o iguales a 3 metros de altura.

3.5. Variable proporción de la hoja Zaruma - Loja.

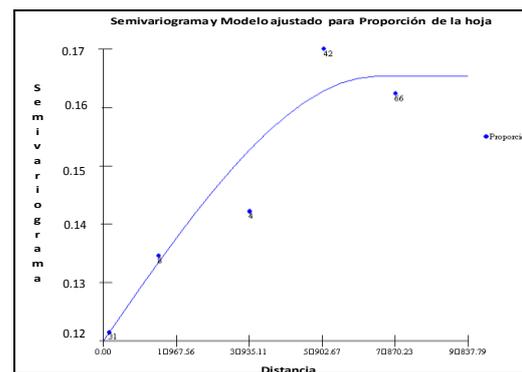


Figura 14. Semivariograma ajustado al modelo teórico para la variable proporción de la hoja.

El semivariograma se ajusta al modelo teórico Esférico, con una distancia entre lags de 2000 m, cuya dirección y tolerancia es de 55° y 10°, respectivamente. La función estimada para el modelo teórico queda de la siguiente manera:

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = 0,12 + 0,048(\frac{3}{2}(\frac{h}{7400}) - \frac{1}{2}(\frac{h}{7400})^3)$$

Este variograma de tipo Esférico contiene un sill de 0.048 y un rango de 7400, el efecto pepita es de 0,12; éste indica que en las regiones Zaruma-Loja hasta los 7400 m. las distintas medidas de las hojas están correlacionadas o tienen dependencia espacial.

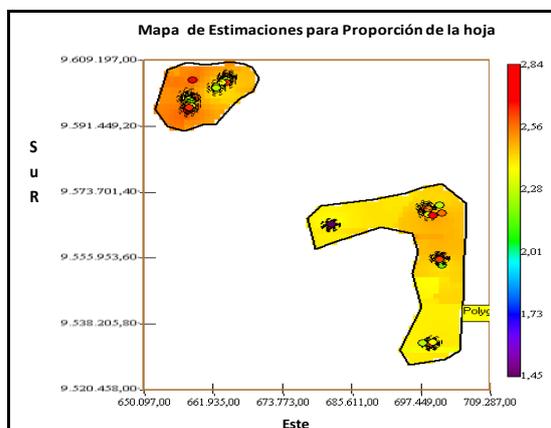


Figura 15. Mapa de estimaciones para proporción la hoja.

El sector con coordenadas (658164, 9592281), el largo de las hojas son dos veces el ancho de ellas; el resto tienen proporciones de 2 (altura con el doble del ancho de la hoja) o más.

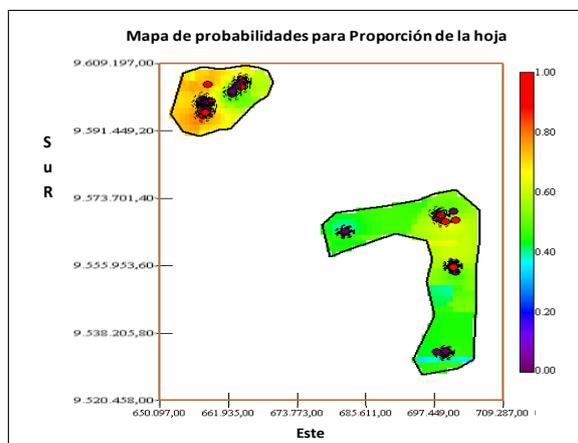


Figura 16. Mapa de Probabilidades para proporción la hoja.

Debido a que es de interés conocer las ubicaciones de las variedades cuya proporción de las hojas sean superiores a 2 (la longitud es el doble del ancho), se realiza el mapa que indica la probabilidad de que este suceso ocurra Fig. 16.

Se observa que en la mayoría de las localidades la probabilidad de encontrar plantas con proporciones

superiores a 2 es del 0.50. En el sector Noroeste es más probable encontrar plantas que tengan el doble de largo de la hoja, respecto al ancho, con una probabilidad de 0.75.

3.6. Clasificación y localización espacial de musáceas en Zaruma – Loja.

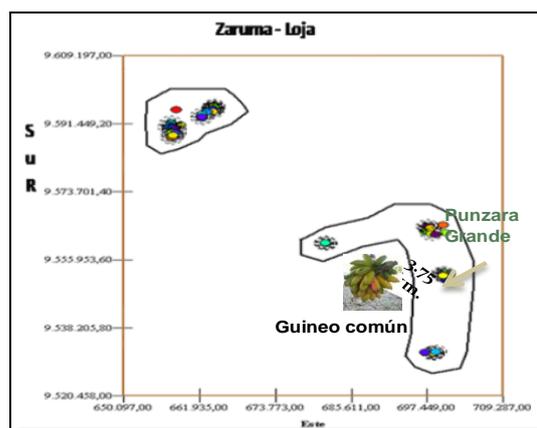


Figura 17. Mapa de localidades de variedades de interés.

Se puede observar que la variedad *guineo común* (musa acuminata) se da en un área aproximada de 14.06 km² cercana al sector de Punzara Grande.

4. Discusión

La mayoría de las variedades de musa en la región de Pallatanga-Bucay tienen valores mayores a 3 m en la altura del pseudotallo, mayores a 1 cm en la márgenes del peciolo, entre 51 y 70 cm en la longitud del peciolo, menores o iguales a 2 cm para proporción de la hoja y 9051.40 y 10881.20 cm² en área de la hoja. Estas características fisiológicas descritas para esta zona de estudio permiten crear un rango para categorizar e identificar aquellas plantas que con mayor incidencia se dan en estos cantones y determinar si son o no de interés.

La mayoría de las variedades de musa en la región de Zaruma-Loja tienen valores mayores a 3 m en la altura del pseudotallo, menores a 51 cm en la longitud del peciolo, y para la proporción de la hoja el porcentaje de plantas que tienen valores menores o iguales a 2(doble) es similar al de las plantas que tienen valores mayores a 2(doble) cm. Aunque resulta más complicado definir una variedad solamente con estas descripciones, ya que se puede incluir a otra que no necesariamente sea la que sirva para la producción de bioetanol.

En promedio la altura del pseudotallo, longitud del peciolo y proporción de la hoja es superior en la

región de Zaruma-Loja a diferencia de Pallatanga-Bucay, aunque existe mayor variabilidad en el primer sector. Esto se debe a la diferencia entre variedades que existe en las regiones, esta característica se debe a las condiciones climáticas y distancia respecto al nivel del mar. Los estudios realizados indican que las principales variedades que mayor biomasa han producido son las musas acuminatas x balbisianas (AAB).

5. Conclusiones

- Las musas acuminatas x balbisianas (AAB) (limeño, y maqueño), criollo se localizan en el sector de Pallatanga-Bucay, con esto se concluye que mediante la identificación de características somáticas de las plantas, dichas variedades están presentes en zonas cercanas a Cascajal y Suropata, donde la clasificación de intervalos y los descriptores de las plantas usados para discriminar variedades es aplicada por el INIBAP.
- En la localidad de Zaruma - Loja la variedad de interés es musa acuminata (AAA) (guineo común) y esta se encuentra cercano a la localidad Punzara Grande.
- Es más complicado identificar variedades en la zona de Zaruma-Loja, debido a que los mapas de estimaciones para todas las variables pertenecientes a esta localidad son homogéneos en la mayoría de los sectores, lo que se da porque existen menores cantidades de variedades de banano identificados en la zona de estudio, y que de los hallados, la mayoría tienen características similares. Además puede tratarse de otra variedad que no necesariamente sea la de interés, ya que se tiene menos cantidad de variables que sirvan para identificar el fruto.

6. Recomendaciones

- Para los cantones Pallatanga-Bucay buscar en los sectores georeferenciados cercanos a Cascajal, Suropata, San Nicolás, donde se indica la existencia de las variedades que producen mayor cantidad de biomasa.
- Para los cantones Zaruma - Loja buscar en el sector georeferenciado cercano a Punzara Grande, donde se indica la existencia de las variedades, en donde la biomasa puede ser usada para producir biocombustible.

- Realizar comparaciones de producción, tales como, cantidad de rechazo anual, cantidad de fruto cosechado y el tiempo de cosecha, entre las variedades que son de interés en la producción de bioetanol.

- En las localidades detectadas, donde se encuentran las variedades de interés realizar un estudio de los costos y beneficios que involucran extraer el fruto de esos sectores, para determinar la potencial materia prima para obtener biocombustible.

7. Bibliografía

- [1] SICA (Servicio de información y censo agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería). Visitado 14 de junio de 2009. Disponible en: http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles_productos/banano.pdf
- [2] Ministerio de Agricultura y ganadería del Ecuador. Proyecto SICA-BIRF/MAG-Ecuador. Visitado el 10 Febrero. www.sica.gov.ec.
- [3] Grupo del Banco Mundial. (2008). Biocombustible una promesa y algunos riesgos. Informe sobre el desarrollo mundial 2008: Agricultura para el desarrollo. Visitado el 4 de Marzo de 2009 de <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL>
- [4] Tazan L, El cultivo de plátanos en Ecuador. Editorial raíces 2003, edición 1.
- [5] Introducción a la Geoestadística. Teoría y Aplicación. Universidad de Nacional de Colombia, Departamento de Estadística.
- [6] Díaz- Francés (1993), E. Introducción a Conceptos Básicos de Geoestadística. Estadística y Medio Ambiente. Centro de Investigación en Matemáticas, CIMAT. Guanajuato, México.
- [7] Zurita G. (2007), Probabilidad y Estadística-fundamentos y aplicaciones. Instituto de Ciencias Matemáticas. ESPOL 2007.

Ing. Omar Ruiz Barzola
Director de Proyecto
Noviembre 17 de 2009