



## DISTRIBUCIÓN DE LOS CULTIVOS PIAROA Y SU RELACIÓN CON LAS PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS, EN LOS CONUCOS DE LA ORINOQUIA VENEZOLANA

### PIORA CROP DISTRIBUTION AND ITS RELATIONSHIP WITH SOIL CHARACTERISTICS AND PROPERTIES IN THE CONUCOS OF THE VENEZUELAN ORINOQUIA

Santiago Bonilla-Bedoya<sup>1</sup>; Leonardo Lugo-Salinas<sup>2</sup>; Argenis Mora-Garcés<sup>2</sup>.

Postgrado Cambio Global, Manejo de Recursos y Sostenibilidad. Universidad de Córdoba. Av. Medina Azahara, Núm. 5, Córdoba 14071, España. Correo-e: santiagobb@hotmail.es (<sup>1</sup>Autor para correspondencia).

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de los Andes. Los Chorros de Milla, Mérida 5101, Venezuela.

#### RESUMEN

El sistema de agricultura migratoria, determinante en la soberanía alimentaria de los indígenas Piaroa en la orinoquia venezolana, es una actividad antropocéntrica que ha permitido conservar la dinámica del bosque húmedo tropical. En la actualidad, los cambios ocasionados por los procesos de globalización amenazan la sostenibilidad del sistema. Por tal motivo, el estudio a detalle de su funcionamiento es preponderante para la toma de decisiones referentes al manejo del bosque. Esta investigación planteó determinar la relación existente de las especies cultivadas con algunas propiedades y características físicas y químicas del suelo, en la etapa de siembra. Para ello, 40 unidades de muestreo (suelo y vegetación) se ubicaron en diferentes conucos Piaroa, en dos periodos distintos después de la quema. Con base en los datos de campo, se desarrolló un modelo para explicar la distribución espacial de cada una de las especies cultivadas a partir de las características edáficas. El modelo aplicado presentó distintas respuestas en función de las especies cultivadas por los indígenas. Sin embargo, explica la selección de micrositos para la siembra a través de las propiedades físicas del suelo, la distribución de la hojarasca y la distribución de la biomasa después de la tumba y quema en el conuco.

#### ABSTRACT

Shifting cultivation system, factor in the food sovereignty of the Piaroa indigenous in the Venezuelan Orinoquia, is an anthropocentric activity that has preserved the dynamics of tropical rainforest. Today, the changes caused by globalization processes threaten the sustainability of the system. Therefore, studying in detail the operation of the systems is fundamental for making decisions regarding the management of the tropical forest. This study proposed to determine the relationship between crop species and soil characteristics at the stage of sowing. Therefore, 40 sampling units (soil and vegetation) were placed in 4 Piaroa conucos, in two different periods of time after burning (0 to 2 and 2 to 4 years). Based on the field data, a model was developed to explain the spatial distribution of each grown species according to the soil characteristics. The model used showed different responses depending on the species grown by the Piaroa indigenous. However, this model explains the selection of microsites for sowing through soil physical properties, leaf litter distribution and biomass distribution after the felling and burning stage in the conuco.

Recibido: 23 de noviembre, 2011  
Aceptado: 21 de mayo, 2012  
doi: 10.5154/r.rchscfa.2011.11.084  
<http://www.chapingo.mx/revistas>

**PALABRAS CLAVE:** Sistema de cultivo originario, suelos, especies cultivadas, siembra.

**KEYWORDS:** Native cropping system, soil, crop species, sowing.

#### INTRODUCCIÓN

El entendimiento de la dinámica de los sistemas agroforestales indígenas suministra información relevante y provee herramientas técnicas para generar estrategias de manejo sustentables en la Amazonia (Miller & Nair, 2006). El cúmulo de conocimiento en prácticas agroforestales de los indígenas Piaroa, que habitan la orinoquia venezolana, es la base principal de su sistema de agricultura migratoria (Freire & Zent, 2007).

#### INTRODUCTION

The understanding of the dynamics of indigenous agroforestry systems provides relevant information and technical tools to generate sustainable management strategies in the Amazon (Miller & Nair, 2006). Cluster of knowledge in agroforestry practices conducted by Piaroa people, who inhabit the Orinoco region of Venezuela, is the main base of their shifting cultivation system (Freire & Zent, 2007).

La agricultura migratoria, entendida como un subsistema que forma parte de un sistema agroecológico de mayor complejidad y que responde a un proceso intencional de manejo, ha sido bien documentada y definida (Altieri, 1999; Conklin, 1961; Jordan, 1987; Miller & Nair, 2006; Warner, 1994). El sistema de agricultura migratoria Piaroa depende principalmente de la tumba y el uso del fuego, como herramientas permanentes para su establecimiento. Entre los primeros dos meses y cuatro años después de la tumba y la quema de aproximadamente 1 ha de bosque, se desarrolla el conuco. Este término de origen taino es definido por la Real Academia Española (RAE, 2010) como una porción de tierra destinada por los indios al cultivo.

El conuco Piaroa se caracteriza por la introducción de todas las especies cultivadas acompañadas de un manejo intensivo que se extiende alrededor de cuatro años. *Manihot esculenta* es la especie con mayor frecuencia (80 %) en los conucos Piaroa y es cosechada en dos únicas ocasiones en este periodo (Villareal, Arends, & Escalante, 2003; Zent, 1995). En el mismo espacio físico del conuco y con la finalización temporal de manejo, emerge un nuevo proceso conocido como barbecho, caracterizado por el aprovechamiento de diversas especies introducidas en el conuco. Este periodo se inicia desde el cuarto año y puede tener una duración mayor a 25 años. En esta etapa diversos cultivos son aprovechados en diferentes espacios temporales. En los primeros años del barbecho (4-8 años) las leguminosas y los frutales son aprovechados, destacando las especies: *Inga edulis*, *Pouroma cecropifolia*, *Theobroma grandiflorum*, *Ananas comosus*, *Pouteria Caimito*, *Carica papaya*, siendo éstas las que mayor aporte hacen a la dieta. A medida que el tiempo avanza, algunos rubros empiezan a menguar. Sin embargo, otras especies que guardan relación con las palmas empiezan a ser aprovechadas: *Oenocarpus bataua*, *Bactris gassipaes* y *Eutherpe precatória*. Al pasar aproximadamente veinticinco años desde el tiempo de quema, el número de especies de uso alimenticio se reduce y el espacio físico se proyecta como un lugar apto para desarrollar nuevamente otro ciclo (Lugo, 2006; Villareal et al., 2003).

En la orinoquia, las características climáticas, geológicas y geomorfológicas en conjunto con la vegetación conforman un ambiente biogeoquímico. Éste favorece los procesos de hidrólisis y la pedogénesis hacia las etapas evolucionadas. En consecuencia, los suelos donde se desarrolla el sistema de agricultura presentan limitaciones químicas, expresadas en una alta acidez cambiante (alta concentración de  $Al^{+3}$ ), pH de ácido a extremadamente ácido, contenidos bajos de P y N, baja disponibilidad de bases cambiables, y medio o bajo porcentaje de materia orgánica (Hernández, Morales, Sánchez, Lugo, & Arends, 2003; Jordan, 1987). No obstante, esta forma de aprovechamiento tradicional de la tierra ha sido posible gracias al dinamismo espacio-temporal de las áreas utilizadas, la relativamente baja densidad demográfica, el tamaño de

Shifting cultivation, understood as a subsystem which is part of a more complex agro-ecological system and that responds to an intentional management process, has been well documented and defined (Altieri, 1999; Conklin, 1961; Jordan, 1987; Miller & Nair, 2006; Warner, 1994). The Piaroa shifting cultivation systems depends mainly on felling and the use of fire as permanent tools for its establishment. Between the first two months and four years after felling and burning about 1 ha forest, a conuco is formed. This term of Taino origin is defined by the Royal Spanish Academy (RAE, 2010) as a portion of land for cultivation intended by the Indians.

The conuco Piaroa is characterized by the introduction of all crop species accompanied by an intensive management for about four years. *Manihot esculenta* is the most common species in the Piaroa conucos and it is harvested only twice during this period (Villareal, Arends, & Escalante, 2003; Zent, 1995). In the same physical space of the conuco and with the temporary completion of management, emerges a new process known as fallow, characterized by the use of different species introduced into the conuco. This period starts from the fourth year and can last more than 25 years. At this stage various crops are harvested in different temporary areas. In the early years of fallow (4-8 years) legumes and fruit trees are harvested, highlighting the species: *Inga edulis*, *Pouroma cecropifolia*, *Theobroma grandiflorum*, *Ananas comosus*, *Pouteria Caimito*, *Carica papaya*, these species make the best contribution to the diet. As time progresses, some species begin to wane. However, other species relevant to the palms start to be harvested: *Oenocarpus bataua*, *Bactris gassipaes* and *Eutherpe precatória*. After about twenty-five years from the time of burning, the number of species with alimentary purposes is reduced and the physical space is projected as a suitable place to develop another cycle again (Lugo, 2006; Villareal et al., 2003).

Climatic, geological, and geo-morphological characteristics along with the vegetation form a biogeochemical environment in the Orinoquia. This favors hydrolysis processes and pedogenesis towards evolved stages. Consequently, soils (where the agricultural systems develops) show chemical limitations, expressed in a high exchangeable acidity (high concentration of  $Al^{+3}$ ), pH from acid to extremely acid, low contents of P and N, low availability of exchangeable bases, and medium or low percentage of organic matter (Hernández, Morales, Sánchez, Lugo, & Arends, 2003; Jordan, 1987). However, this traditional land use has been made thanks to space-season dynamics of the used areas, relatively low population density, production unit size (< 1 ha) and high spatial mobility of the community (Lugo, 2006).

In this context, the purpose of this research was to establish the relationship between the spatial distribution of species cultivated by the Piaroa with some soil proper-

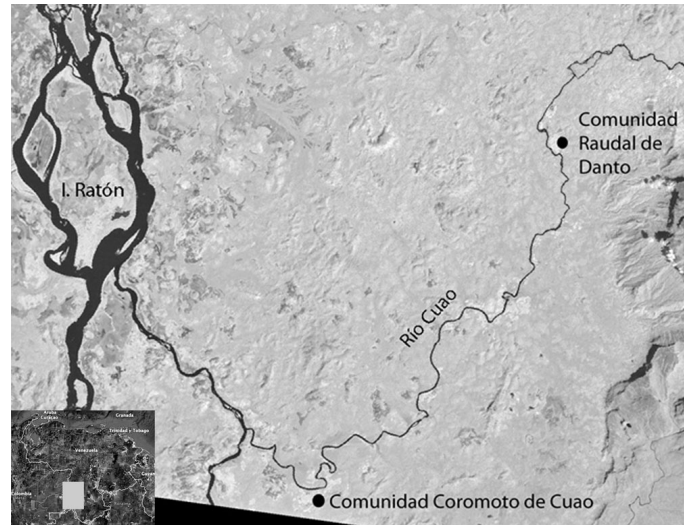
las unidades de producción (< 1 ha) y la alta movilidad espacial de la comunidad (Lugo, 2006).

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue establecer la relación de la distribución espacial de las especies cultivadas por los Piaroa con algunas propiedades y características edáficas, en la etapa de conuco o siembra. De esta manera, se busca obtener información que sirva como base para generar estrategias locales de manejo agroforestal con base en el saber Piaroa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el estado Amazonas, Venezuela, al sur del río Orinoco, entre los paralelos 0°40' y 6°15' de latitud norte y los meridianos 63°20' y 67°50' de longitud oeste. En este lugar habitan los Piaroa, un pueblo amazónico que se distribuye principalmente en zonas boscosas del Orinoco Medio. El territorio ocupa una extensión aproximada de 30,000 km<sup>2</sup>. Es atravesado por las cuencas de los ríos: Sipapo, Autana, Cuao, Guayapo, Samariapo, Cataniapo, Paria, Parguaza, Ventuari y Manapiare, y los ejes carreteros que conectan a Puerto Ayacucho, capital del estado Amazonas, con el puerto de Samariapo al sur, la cuenca media del Cataniapo al este, y el estado de Bolívar al norte. La investigación se llevó a cabo en conucos establecidos por habitantes de las comunidades Piaroa de Raudal de Danto y Coromoto de Cuao, ubicadas en la cuenca baja del río Cuao (Figura 1). El área de estudio pertenece al Reino Neotropical Austroamericano, Sub Reino Neotropical. El bioclima específico es Tropical-Pluviestacional, Infratropical Superior, Subhúmedo Superior. Las precipitaciones registradas en la población de Isla Ratón ubicada en el Río Orinoco, relativamente cerca al área de investigación (Figura 1), oscilan entre 2,600–2,800 mm anuales. El régimen térmico es uniforme con temperaturas medias anuales superiores a los 26 °C (Rivas & Navarro, 2001). La geomorfología de la orinoquia venezolana es una evidencia de la acción de las diferentes fases erosivas, favorecidas por los cambios climáticos y la tectónica de la región. El resultado de estos procesos es una secuencia clara de erosión-sedimentación a diferentes pisos altitudinales, lo que originó una diversidad de formas terrestres contrastantes, características de este territorio (Esteves & Dumith, 1998; Huber, 1995). Los estratos horizontales de cuarcita y arenisca residuales, predominan en las situaciones más altas (más de 1,000 m), mientras que los afloramientos ígneo-metamórficos y sedimentarios se encuentran en las partes más bajas. Se tienen entonces, unidades geomorfológicas perfectamente diferenciadas como son: altiplanicies (Tepuyes), serranías, acantilados, laderas, vertientes, colinas, fondos de valle, penillanuras, llanuras de alteración y llanuras aluviales (Lugo, 2006).

Los conucos de esta investigación fueron ubicados en las llanuras aluviales de orillar. Éstas se formaron a partir del aporte continuo de sedimentos del río Cuao, lo



**FIGURA 1:** Imagen satelital (Banda 4) del área de estudio. Puntos negros indican las comunidades Piaroa de Raudal de Danto y Coromoto de Cuao, ubicadas a orillas de la cuenca del Río Cuao, Amazonas, Venezuela. En un gris más claro, se observan las zonas de conuco a orillas del río Cuao.

**FIGURE 1:** Satellite image (Band 4) of the study area. Black points show the Piaroa communities of Raudal de Danto and Coromoto de Cuao, located on the edge of the basin of the Cuao River, Amazonas, Venezuela. The conuco areas on the edge of the Cuao River are shown in light gray.

ties and characteristics in the stage of conuco or sowing. Thus, we aim to obtain information that serves as a base to generate local strategies of agroforestry management based on Piaroa knowledge.

## MATERIALS AND METHODS

The study area is located in the Amazonas state, Venezuela, south of the Orinoco River, between latitudes 0° 40' and 6 ° 15' N and the meridians 63 ° 20' and 67 ° 50 ' W. Here is where the Piaroa people live, an Amazonian village which is mainly distributed in forested areas of the Orinoco Medio. The territory occupies an approximate area of 30,000 km<sup>2</sup>. It is crossed by the following river basins: Sipapo, Autana, Cuao, Guayapo, Samariapo, Cataniapo, Paria, Parguaza, Ventuari and Manapiare, and highways that connect Puerto Ayacucho, capital of the Amazonas state, with the port of Samariapo to the south, the middle basin of Cataniapo to the east, and the Bolivar state to the north. The study was conducted in conucos established by residents of the Piaroa communities of Raudal de Danto and Coromoto de Cuao, located in the low basin of the Cuao River (Figure 1). The study belongs to the Neotropical-Austroamerican Kingdom and Neotropical Subkingdom. The specific bioclimate is tropical-pluviseasonal, infratropical superior, subhumid superior. The rainfall recorded in Isla Ratón located in the Orinoco River, relatively near to the research area (Figure 1) range from 2,600 to 2,800 mm per year. The thermal regime is uniform with annual

que confiere un carácter fluvéntico a los suelos con una incipiente evolución pedogenética. Estos sedimentos son de textura media y se encuentran formando albardones y terrazas. Cuatro conucos establecidos por familias Piaroa, cercanos a las comunidades de Raudal de Danto y Coromoto de Cuao, se seleccionaron de manera aleatoria. La escala temporal seleccionada fue entre tres meses y cuatro años después de la quema. En los conucos se desarrolló un patrón común caracterizado por una transecta en serpentina, donde se establecieron 10 parcelas circulares de 4 m de radio. En cada una de las parcelas divididas en cuatro cuadrantes se realizó un levantamiento compuesto de los suelos en el horizonte Ap (15 cm de profundidad) y un inventario de vegetación. También se estimó el porcentaje de hojarasca, la cobertura total de la vegetación y la superficie ocupada por la biomasa leñosa en biodegradación. La hojarasca y la superficie ocupada por la biomasa leñosa fueron medidas con base en el porcentaje de la superficie de suelo cubierta por estos elementos. Algunas propiedades físicas y químicas del suelo se determinaron, tales como textura, pH, N, CO, P, Ca<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y Al<sup>+3</sup>. Los análisis se realizaron con base en las metodologías del "Manual de Métodos de Referencias para el Análisis de Suelos para Diagnóstico de Fertilidad" (Gilabert, López, & Pérez, 1990). En esta investigación, dos etapas en función de la cosecha de *Maniot sculenta*, es decir, dos conucos menores a dos años y dos conucos entre dos y cuatro años se caracterizaron con el fin de relacionar la distribución espacial de las especies cultivadas con algunas propiedades y características edáficas.

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para conocer las diferencias estadísticas ( $P = 0.05$ ) de algunas de las propiedades y características físicas y químicas de los suelos entre cada periodo estudiado. De igual manera, en cada etapa se aplicó un análisis de factores a las propiedades y características edáficas por estadio o momento de la secuencia. El análisis agrupó a las propiedades y características edáficas en factores basados en la variabilidad de cada atributo. El número de factores en el análisis se determinó con la prueba  $X^2$  al 5 % de significancia. En cada periodo se obtuvo un número de cinco factores que explicaron la variación de las propiedades y características edáficas en cada momento de la secuencia. Para cada estadio se ajustó un modelo de regresión lineal; un método matemático que modela la relación entre una variable independiente  $Y$ , las variables dependientes  $X_i$  y un término aleatorio  $\epsilon$ . El modelo explicó el efecto que tuvieron cada una de las propiedades físicas y químicas de los suelos sobre la proporción de las especies vegetales cultivadas con  $P = 0.1$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales, las propiedades químicas del suelo resultaron similares cuando se comparan con los valores obtenidos en suelos tropicales (Fassbender &

average temperatures above 26 °C (Rivas & Navarro, 2001). The geomorphology of the Venezuelan Orinoquia is evidence of the action of different erosive phases, favored by climate and tectonic changes in the region. The result of these processes is a clear sequence of erosion-sedimentation at different altitude levels, giving rise to a variety of contrasting landforms (Esteves & Dumith, 1998; Huber, 1995). Horizontal layers of quartzite and residual sandstone predominate in high areas (more than 1,000 m), while igneous-metamorphic and sedimentary outcrops are found in lower parts. These are then perfectly distinct geomorphological units as: uplands (Tepuyes), hills, cliffs, hillsides, slopes, hills, valley bottoms, peneplain, alteration plains and floodplains (Lugo, 2006).

The conucos of this study were located on the edge of alluvial plains. These were formed from the continuous inflow of the Cuao River, giving a fluvientic character to soils with an incipient pedogenetic evolution. These sediments are medium textured and are used for levees and terraces. Four conucos established by the Piaroa families, near the communities of Raudal de Danto and Coromoto de Cuao, were randomly selected. The selected temporal scale was between three and four years after burning. A common pattern characterized by a wavy transect was developed, where 10 circular plots (4 m radius) were established. In each plot, divided into four quadrants, a survey comprised of soils in the Ap horizon (15 cm depth) and a vegetation inventory were carried out. Leaf litter percentage, total vegetation cover and surface occupied by woody biomass in biodegradation were estimated. Leaf litter and surface occupied by woody biomass were measured based on the percentage of soil surface covered by these elements. Some physical and chemical soil properties, such as texture, pH, N, CO, P, Ca<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Al<sup>+3</sup> were determined. Analyses were performed base on the methodologies of "Manual de Métodos de Referencias para el Análisis de Suelos para Diagnóstico de Fertilidad" (Gilabert, López, & Pérez, 1990). In this study, two stages depending on the crop *Maniot sculenta*, that is, two conucos (with less than two years) and two conucos (between two and four years) were characterized in order to relate the spatial distribution of the cultivated species with some soil characteristics and properties.

An analysis of variance (ANOVA) was performed to know the statistical differences ( $P = 0.05$ ) of some properties and physical and chemical characteristics of soil between each period. Likewise, at each stage a factor analysis was applied to soil properties and characteristics per stage or point in the sequence. The analysis grouped soil characteristics and properties into factors based on the variability of each attribute. The number of factors in the analysis was determined with the  $X^2$  test at 5 % significance. A total of 5 factors were obtained at each stage, which explained the variation of soil characteristics and properties at each point in the sequence. A linear regression model was adjusted for each stage; a mathematical method that models the

Bornemisza, 1987; Hernández et al., 2003; Jordan, 1987; Lugo, 2006; Sánchez, 2008). Es decir, los suelos mostraron valores bajos de pH (ácidos a extremadamente ácidos), déficit de cationes básicos ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), acumulación de cationes ácidos ( $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{H}^+$ ) y contenidos medios de materia orgánica.

El análisis de varianza determinó ligeros cambios en algunas propiedades y características del suelo en la cronosecuencia de discusión. Sin embargo, sólo el N,  $\text{K}^+$  y los valores estimados de la cobertura de hojarasca y cobertura total, presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P = 0.05$ ) entre la primera y segunda etapa del conuco. El porcentaje de N varió de  $0.081 \pm 0.01 \%$  a  $0.094 \pm 0.02 \%$ . Este resultado sugiere la volatilización del N ocasionada por la quema en el primer momento y un aumento ligero debido a la fijación de los microorganismos desarrollados en el segundo estadio. El  $\text{K}^+$  presentó un descenso en su concentración de  $58.05 \pm 19.99$  ppm a  $46.75 \pm 4.96$  ppm. Sánchez, Villachica, y Bandy (1983) sostienen que el potasio tiende a dar cambios más intensos y rápidos que el  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ , más aún, después de un momento de quema o de intensas temperaturas en el suelo mineral. De igual forma, este mismo autor asegura que el potasio suele disminuir rápidamente hasta alcanzar niveles menores a los de un bosque maduro o secundario. En general, la pérdida de bases cambiables en esta etapa del sistema puede tener relación con la absorción de los cultivos y las altas precipitaciones y temperaturas que estimulan la lixiviación de los materiales (Bertsch, 1998). El aumento significativo en el porcentaje de hojarasca ( $13.55 \pm 11.74 \%$  a  $31.30 \pm 20.33 \%$ ) y cobertura total estimada ( $15.75 \pm 13.69 \%$  a  $44.40 \pm 18.80 \%$ ), responde a la regeneración del sistema y a la dinámica del bosque húmedo tropical.

Cinco factores edáficos para la primera y segunda etapa del conuco se obtuvieron a partir de los datos derivados de las propiedades y características del suelo. Los factores explicaron en un alto porcentaje (primera etapa: 75 %, segunda etapa: 73 %) la variación de las propiedades y características edáficas. Estas se agruparon en distintos factores y mostraron altas correlaciones positivas y negativas con relación al factor que los agrupó. Las propiedades y características del suelo variaron entre las dos etapas del conuco, indicando la dinámica de la sucesión y la variación con el tiempo.

En la primera etapa del conuco (0-2 años), los factores explicaron la distribución espacial del 44 % de las especies inventariadas y cultivadas por los Piaroa. Mientras que en la segunda etapa (2-4 años), los factores explicaron la distribución espacial del 54 % de las especies (Cuadro 1). Este resultado se explica por la homogeneidad en la reserva de nutrientes del horizonte Ap provocado por la quema, y la incorporación de ceniza al suelo en el primer momento del conuco. Esta afirmación coincide con Sánchez (2008), quien a través de métodos geoestadísticos, demostró la

relationship between an independent variable Y, dependent variables Xi and a random term  $\epsilon$ . The model explained the effect that each physical and chemical properties of soil had on the proportion of plant species cultured with  $P = 0.1$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

In general terms, soil chemical properties were similar compared with values obtained in tropical soils (Fassbender & Bornemisza, 1987; Hernández et al., 2003; Jordan, 1987; Lugo, 2006; Sánchez, 2008). Soils showed low pH (acid to extremely acid), lack of basic cations ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), acid cation accumulations ( $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{H}^+$ ) and organic matter average content.

The analysis of variance determined slight changes in some soil characteristics and properties in the chronosequence of discussion. However, only N,  $\text{K}^+$  and the estimated values of leaf litter cover and total cover were statistically significant ( $P = 0.05$ ) between the first and second stage of the conuco. The percentage of N ranged from  $0.081 \pm 0.01 \%$  to  $0.094 \pm 0.02 \%$ . This result suggests the volatilization of N caused by burning at the first moment and a slight increase due to fixation of microorganisms developed in the second stage.  $\text{K}^+$  showed a decline in its concentration from  $58.05 \pm 19.99$  to  $46.75 \pm 4.96$  ppm. Sánchez, Villachica, and Bandy (1983) argue that potassium tends to give more strong and rapid changes than  $\text{Ca}^{+2}$  and  $\text{Mg}^{+2}$  after a moment of intense burning or severe temperatures in mineral soil. Similarly, the same author says that potassium usually decrease rapidly to levels below those of a mature or secondary forest. In general, loss of exchangeable bases in this stage of the system may be related to the absorption of crops and high temperatures and rainfall that stimulates the lixiviation process of materials (Bertsch, 1998). The significant increase in the percentage of leaf litter ( $13.55 \pm 11.74 \%$  a  $31.30 \pm 20.33 \%$ ) and estimated total cover ( $15.75 \pm 13.69 \%$  a  $44.40 \pm 18.80 \%$ ) respond to the regeneration of the system and the dynamics of tropical rainforest.

A total of five soil factors for the first and second conuco stage were obtained from data obtained from soil properties and characteristics. Factors explained a high percentage (first stage: 75 %, second stage: 73 %) in the variation of soil characteristics and properties. These were grouped into different factors and showed high positive and negative correlations with respect to the factor that grouped them. Soil characteristics and properties varied between the two stages of the conuco, indicating the succession dynamics and the variation with time.

In the first stage of the conuco (0-2 years), the factors explained the spatial distribution of 44 % of the species recorded and cultivated by the Piaroa people. While in the second stage (2-4 years), the factors explained the spatial distribution of 54 % of species (Table 1). This re-

**CUADRO 1. Distribución explicada de las especies cultivadas en dos etapas del conuco Piaroa, de acuerdo con el modelo establecido a partir del análisis factorial de las propiedades y características del suelo.**

**TABLE 1. Distribution of the species grown in two stages of the Piaroa conuco, according to the model established from the factor analysis of soil characteristics and properties.**

Especies (0-2 años) Species (0-2 years old)	<i>P</i> > <i>f</i>	R <sup>2</sup>	Especies (2-4 años) Species (2-4 years old)	<i>P</i> > <i>f</i>	R <sup>2</sup>
<i>Manihot sculenta</i>	0.31	0.39	<i>Manihot sculenta</i>	0.80	0.11
<i>Zea mays</i>	0.36	0.33	<i>Ananas comosus</i> *	0.09	0.46
<i>Dioscorea rigida</i> *	0.03	0.60	<i>Dioscorea rigida</i>	0.08	0.47
<i>Pouteria caimito</i>	0.54	0.26	<i>Bactris gassipaes</i>	0.33	0.31
<i>Solanum sessiflorum</i> *	0.08	0.51	<i>Pouteria caimito</i> *	0.10	0.44
<i>Theobroma grandiflorum</i> *	0.09	0.50	<i>Theobroma grandiflorum</i> *	0.02	0.56
<i>Capsicum sp</i> *	0.03	0.58	<i>Dioscorea sp</i>	0.98	0.05
<i>Inga edulis</i>	0.77	0.17	<i>Carica papaya</i>	0.47	0.26
<i>Zingiber officinale</i>	0.35	0.33	<i>Anacardium occidentale</i> *	0.01	0.58
			<i>Oenocarpus bataua</i>	0.12	0.43
			<i>Pouroma cecropifolia</i> *	0.03	0.55
			<i>Inga edulis</i> *	0.06	0.49
			<i>Platonia insignes</i>	0.30	0.32

\*Especies cultivadas cuya distribución es explicada de manera significativa ( $P < 0.1$ ).

\*Cultivated species whose distribution is explained significantly ( $P < 0.1$ ).

homogeneidad en el espacio de algunas propiedades químicas de los suelos inmediatamente después de la quema. Sin embargo, y a pesar de esta homogeneidad, el modelo explicó de manera significativa la distribución de *Dioscorea rigida* ( $P = 0.03$ ,  $R^2 = 0.6$ ), *Solanum sessiflorum* ( $P = 0.1$ ,  $R^2 = 0.5$ ), *T. grandiflorum* ( $P = 0.08$ ,  $R^2 = 0.51$ ) y *Capsicum sp.* ( $P = 0.03$ ,  $R^2 = 0.58$ ), para la primera etapa en discusión. Para *D. rigida* y *T. grandiflorum*, el porcentaje de hojarasca tuvo una relación significativa ( $P = 0.1$ ) en la distribución de la especie dentro del conuco. La hojarasca favorece la retención de humedad en los suelos arenosos característicos de la zona y aporta nutrientes a las reservas del suelo. De la misma manera, los lugares sembrados con *T. grandiflorum* coinciden con zonas de, relativamente, niveles altos de nitrógeno. La distribución de *Capsicum sp.* mostró relación con mayores cantidades de arcilla en los micrositios, favoreciendo igualmente la retención de humedad. Con relación a *S. sessiflorum*, los factores determinados por el análisis factorial no presentan relaciones estadísticamente significativas con la distribución de la especie.

En la segunda etapa del conuco, las propiedades y características edáficas se encuentran en un escenario diferente comparado con los dos primeros años. Esto se debe principalmente al papel que han jugado las altas y constantes precipitaciones en la zona. Las mismas han provocado la pérdida en la homogeneidad de las propie-

sult is explained by the homogeneity in the reserve of Ap horizon nutrients caused by burning, and the incorporation of ash into soil at the first moment of the conuco. This statement coincides with Sánchez (2008), who through geostatistical methods, demonstrated the homogeneity in the space of some chemical properties of soils immediately after burning. However, despite this homogeneity, the model explained the distribution of *Dioscorea rigida* ( $P = 0.03$ ,  $R^2 = 0.6$ ), *Solanum sessiflorum* ( $P = 0.1$ ,  $R^2 = 0.5$ ), *T. grandiflorum* ( $P = 0.08$ ,  $R^2 = 0.51$ ) and *Capsicum sp.* ( $P = 0.03$ ,  $R^2 = 0.58$ ), for the first stage in discussion. For *D. rigida* and *T. grandiflorum* the percentage of leaf litter had a significant relationship ( $P = 0.1$ ) in the distribution of the species within the conuco. Leaf litter promotes moisture retention in sandy soils typical of the area and provides nutrients to soil reserves. Similarly, the locations planted with *T. grandiflorum* coincide with areas of relatively high levels of nitrogen. The distribution *Capsicum sp.* was associated with greater amounts of clay in microsites, also favoring moisture retention. In the case of *S. sessiflorum*, the factors obtained by the factor analysis showed statistically significant relationships with the distribution of the species.

In the second stage of the conuco, soil properties and characteristics are at a different stage compared with the first two years. This is mainly due to the role played by

dades químicas del suelo en el conuco. En consecuencia, se forman islas de nutrientes o microhábitats relacionados con las fases de erosión-sedimentación que responden al microrelieve del conuco, coincidiendo con lo reportado por Sánchez (2008) y Lugo (2006). Así, un mayor porcentaje de las especies cultivadas por los Piaroa en esta etapa del conuco, coinciden con zonas favorables para su desarrollo. El modelo explicó la distribución espacial de *A. comosus* ( $P = 0.09$ ,  $R^2 = 0.46$ ), *D. rigida* ( $P = 0.08$ ,  $R^2 = 0.47$ ), *P. caimito* ( $P = 0.10$ ,  $R^2 = 0.44$ ), *T. grandiflorum* ( $P = 0.02$ ,  $R^2 = 0.56$ ), *Anacardium occidentale* ( $P = 0.01$ ,  $R^2 = 0.58$ ), *P. cecropifolia* ( $P = 0.03$ ,  $R^2 = 0.55$ ) e *I. edulis* ( $P = 0.06$ ,  $R^2 = 0.49$ ). La distribución espacial de *A. comosus* en los conucos estuvo relacionada de manera significativa con el factor asociado de la acidez. Esta especie fue inventariada en las parcelas que presentaron niveles de pH más bajos. Esto indica el alto grado de tolerancia a los suelos ácidos e indica el uso eficiente de ésta en el conuco, por parte de los Piaroa. La distribución de *I. edulis* tiene relación estadísticamente significativa con niveles altos de bases cambiables, cantidad mayor de hojarasca y cantidades mayores de arcilla; es decir, micrositos con mejores condiciones edáficas para la agricultura. Esto no sólo debería responder a la selección de sitio, sino que podría tener relación con el aporte de la especie al sistema, tal como lo han demostrado Nichols y Carpenter (2006) en parcelas agroforestales. Con relación a la distribución espacial de *D. rigida*, *P. Caimito*, *T. grandiflorum*, *A. Occidentale* y *P. cecropifolia*, los factores que mostraron estadísticas significativas se relacionaron con la distribución de la biomasa leñosa en descomposición, porcentaje de hojarasca, porcentaje de arcilla en el suelo y niveles en la cantidad de nutrientes ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^+$ ,  $P$ ). A pesar de las características muy particulares de los suelos, entre las cuales destaca su extrema pobreza química; la relación existente entre la materia orgánica y la distribución de algunas especies cultivadas, guarda relación con el frágil y cerrado ciclo de los nutrientes. En ecosistemas oligotróficos, como San Carlos de Río Negro, con características edáficas similares a las del área de estudio y la Altiplanicie de la Gran Sabana; la cantidad de nutrientes depende principalmente de las reservas acumuladas en la biomasa viva de las hojas, tallos y raíces (Chacón & Dezzeo, 2007; Dezzeo, Chacon, Sanoja, & Picon, 2004; Fölster & Dezzeo, 1994; Lugo, 2006; Saldarriaga, 1987).

### CONCLUSIONES

Los datos y el modelo planteado sugieren que existe una adecuada selección de microsito, para algunas especies cultivadas (*D. rigida*, *S. sessiflorum*, *T. grandiflorum*, *Capsicum* sp., *A. comosus*, *P. Caimito*, *T. grandiflorum*, *A. Occidentale*, *P. cecropifolia* e *I. edulis*) por las comunidades Piaroa. Todo esto en función de las propiedades físicas del suelo, la distribución de la hojarasca y la distribución de la biomasa después de la tumba y quema. En ese sentido, la dinámica de la materia orgánica constituye una de las variables determinantes para la sostenibilidad del sistema.

high and constant rainfall in the area, which have caused the loss of homogeneity of the chemical properties of soil in the conuco. Consequently, nutrient islands or microhabitats are formed related with the erosion-sedimentation stage responding to microrelief of the conuco, coinciding with that reported by Sánchez (2008) and Lugo (2006). Thus, a greater percentage of the species cultivated by the Piaroa people at this stage of the conuco coincide with areas favorable for its development. The model showed the spatial distribution of *A. comosus* ( $P = 0.09$ ,  $R^2 = 0.46$ ), *D. rigida* ( $P = 0.08$ ,  $R^2 = 0.47$ ), *P. caimito* ( $P = 0.10$ ,  $R^2 = 0.44$ ), *T. grandiflorum* ( $P = 0.02$ ,  $R^2 = 0.56$ ), *Anacardium occidentale* ( $P = 0.01$ ,  $R^2 = 0.58$ ), *P. cecropifolia* ( $P = 0.03$ ,  $R^2 = 0.55$ ) and *I. edulis* ( $P = 0.06$ ,  $R^2 = 0.49$ ). The spatial distribution of *A. comosus* in conucos was related significantly to the factor associated to acidity. This species was inventoried in plots that had lower pH levels. This indicates the high degree of tolerance of this species to acid soils and indicates the efficiency of this species in the conuco. The distribution of *I. edulis* has statistically significant relationship with high levels of exchangeable bases, larger amount of leaf litter and larger amounts of clay; namely microsites with better soil conditions for agriculture. This should not only respond to the selection of the site but could be related to the contribution of species to the system, as demonstrated by Nichols and Carpenter (2006) in agroforestry plots. Regarding the spatial distribution of *D. rigida*, *P. Caimito*, *T. grandiflorum*, *A. Occidentale* and *P. cecropifolia*, factors that showed significant statistics were related to the distribution of decaying woody biomass, percentage of leaf litter, percentage of clay in soil and levels in the amount of nutrients ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^+$ ,  $P$ ). Despite the very particular characteristics of soils, among which stands out its extreme chemical poverty; the relationship between organic matter and distribution of some cultivated species, is related to the fragile and closed nutrient cycle. In oligotrophic ecosystems, such as San Carlos de Río Negro with soil characteristics similar to the study area and the plateau of the Gran Sabana; the amount of nutrients depends primarily on the reserves accumulated in living biomass of leaves, stems and roots (Chacón & Dezzeo, 2007; Dezzeo, Chacon, Sanoja, & Picon, 2004; Fölster & Dezzeo, 1994; Lugo, 2006; Saldarriaga, 1987).

### CONCLUSIONS

Data and the proposed model suggest that there is an adequate selection of microsite for some species (*D. rigida*, *S. sessiflorum*, *T. grandiflorum*, *Capsicum* sp., *A. comosus*, *P. Caimito*, *T. grandiflorum*, *A. Occidentale*, *P. cecropifolia* and *I. edulis*) cultivated by the Piaroa communities, depending on the physical properties of soil, the distribution of leaf litter and the distribution of biomass after felling and burning. In that sense, the dynamics of organic matter is one of the key variables for the sustainability of the system.

The conuco and the species cultivated are part of the Piaroa diet. The maintenance of these species, taking into

El conuco y las especies vegetales que en él se cultivan son parte fundamental de la dieta Piaroa. El mantenimiento de éstas, tomando en cuenta sus principios fundamentales, garantiza la soberanía alimentaria de este pueblo. Además, dicho mantenimiento podría representar una oportunidad de ingresos adicionales si deciden incorporar técnicas de manejo agroforestal al conocimiento tradicional. Éstas permitirían mantener y mejorar el sistema conservando su agrobiodiversidad.

account its fundamental principles, guarantees the food sovereignty of this people. Furthermore, this maintenance may represent an additional revenue opportunity if they decide to incorporate agroforestry techniques to the traditional knowledge. These techniques would maintain and improve the system preserving its agrobiodiversity.

End of English Version

## REFERENCIAS

- Altieri, M. (1999). *Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable* (1a ed.). New York: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Bertsch, F. (1998). *La fertilidad de los suelos y su manejo* (1ª. ed.). San José: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.
- Chacón, N., & Dezzee, N. (2007). Litter decomposition in primary forest and adjacent fire-disturbed forests in the Gran Sabana, southern Venezuela. *Biology and Fertility of Soils*, 43(8), 15–21. doi: 10.1007/s00374-007-0180-3
- Conklin, H. (1961). The Study of Shifting Cultivation. *Current Anthropology*, 2(1), 27–61. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2739597>
- Dezzee, N., Chacón, N., Sanoja, E., & Picón, G. (2004). Changes in soil properties and vegetation characteristics along a forest-savanna gradient in southern Venezuela. *Forest Ecology and Management*, 200, 183–193. doi: 10.1016/j.foreco.2004.06.016
- Esteves, J. & Dumith, D. (1998). *Diversidad biológica en Amazonas. Bases para una estrategia de gestión* (1ª. ed.). Caracas: Fundación Polar/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/SADA-Amazonas.
- Fassbender, H., & Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina* (1ª. ed.). San José: IICA.
- Fölster, H., & Dezzee, N. (1994). La degradación de la vegetación. In N. Dezzee (Ed.), *Ecología de la altiplanicie de la Gran Sabana (Guayana Venezolana)* (pp. 145–186). Caracas: Scientia Guaianae.
- Freire, G., & Zent, S. (2007). Los Piaroa (Huottuja/De' aruhua). In G. Freire & A. Tillett. (Eds.), *El estado de la salud indígena en Venezuela* (pp. 137–198). República Bolivariana de Venezuela: Coordinación Intercultural de Salud de los Pueblos Indígenas (CISPI)-Ministerio de Salud y Desarrollo Social.
- Gilbert, J., López, I., & Pérez, R. (1990). *Manual de métodos y procedimientos de referencia (Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad)* (1ª. ed.). Maracay: FONAIAP-CENIAP.
- Hernández, A., Morales, A., Sánchez, J., Lugo, L., & Arends, E. (2003). Variabilidad espacial edáfica en el sistema tradicional de conucos en el Amazonas de Venezuela. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*, 12(2), 43–54. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=654336>
- Huber, O. (1995). Conservation of the Venezuelan Guayana. In P. Berry, B. Holst, & K. Yatskievych (Eds.), *Flora of the Venezuelan Guayana* (pp.193–218). St. Louis: Missouri Botanical Garden.
- Jordan, C. (1987). Shifting cultivation: Slash and burn agriculture near San Carlos de Río Negro Venezuela. In C. Jordan (Ed.), *Amazonia rain forest: Ecosystem disturbance and recovery* (pp. 9–23). New York: Ecological Studies-Springer Verlag.
- Lugo, L. (2006). *La Fisiografía, los suelos, la vegetación y su relación con el sistema de agricultura migratoria, en el sector norte de la Reserva Forestal Sipapo, Estado Amazonas Venezuela*. Tesis doctoral, Universidad de Valencia, España.
- Miller, R., & Nair, P. (2006). Indigenous agroforestry systems in Amazonia: From prehistory to today. *Agroforestry Systems*, 66, 151–164. doi: 10.1007/s10457-005-6074-1
- Nichols, J. D., & Carpenter F. L. (2006). Interplanting *Inga edulis* yield nitrogen benefits to *Terminalia amazonia*. *Science Direct Forest and Management*, 23, 344–351. doi: 10.1016/j.foreco.2006.05.031
- Real Academia Española (RAE). (2010). *Diccionario de la Lengua Española* (22ª. ed.). Madrid: Centro de Estudios de la Real Academia Española.
- Rivas, M. S., & Navarro, G. (2001). *Mapa bioclimático de Sudamérica*. España: Servicio Cartográfico Universidad de León.
- Saldarriaga, J. G. (1987). Recovery following shifting cultivation. A century of succession in the upper Río Negro. In C. Jordan (Ed.), *Amazonian rain forests: Ecosystem disturbance and recovery* (pp. 24–33). New York: Ecological Studies-Springer Verlag.
- Sánchez, A. (2008). *Variabilidad espacio-temporal de algunos atributos del suelo en la secuencia tumba-quema-cultivo del sistema de agricultura migratoria, comunidad Raudal de Danto, Reserva Forestal Sipapo, Amazonas-Venezuela*. Tesis, Universidad de los Andes, Mérida.
- Sánchez, P. A., Villachica, J. & Bandy, D. E. (1983). Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Science Society of America*, 47(6), 1171–1178. Obtenido de <https://www.soils.org/publications/sssaj/pdfs/47/6/SS0470061171>
- Villareal, A., Arends, E. & Escalante, E. (2003). Caracterización estructural y florística de sistemas tradicionales conuco-barbecho de la etnia Piaroa, Amazonas, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 47(2), 115–124. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24324/2/articulo12.pdf>
- Warner, K. (1994). *La agricultura migratoria* (1ª. ed.). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.



Zent, S. (1995). Clasificación, explotación y composición de bosques secundarios en el Alto Río Cuao, Estado Amazonas, Venezuela. In H. D. Heinen, J. J. San

José, & H. Caballero (Eds.), *Naturaleza y Ecología Humana en el Neotrópico* (pp. 79–113). Caracas, Venezuela.