


Relación entre factores agronómicos y nivel del daño por ardillas rojas a mazorcas de cacao en la Cordillera de Mérida, Venezuela

Relationship between agronomic factors and level of damage by red squirrels to cocoa pods in the Cordillera de Mérida, Venezuela

Relação entre fatores agronômicos e magnitude de danos por esquilos vermelhos às cascas de cacau na Cordillera de Mérida, Venezuela

Misael Molina^{1*} y Jesús Briceño²

Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, Venezuela. ¹Grupo de Investigaciones en Acuicultura y Zoología Aplicada. Correo electrónico: molinam@unesur.edu.ve, .

²Programa Ingeniería de La Producción Agropecuaria, Núcleo La Victoria, Venezuela. Correo electrónico: jesusb892@gmail.com.

Resumen

El cacao es un cultivo tropical de gran importancia económica y ecológica, con gran potencial en Venezuela, donde su productividad resulta afectada principalmente por enfermedades fúngicas y ardillas. El objetivo del trabajo fue analizar la relación entre el nivel de daño y algunas variables agronómicas y ambientales en 39 unidades de producción del estado Mérida. Los tipos de cacao presentes se clasificaron como criollo, forastero e híbrido. Los porcentajes de daño fueron transformados a arcoseno y se agruparon en categorías subjetivas según las variables; la relación fue analizada estadísticamente utilizando pruebas no paramétricas: Kruskal-Wallis, Kolmogorov-Smirnov y Moses, asumiendo $\alpha = 0,05$. El nivel de daño no resultó estadísticamente diferente ($p > 0,05$) entre los cultivos ubicados a diferentes altitudes. Lo mismo ocurrió con las variables tamaño del lote, densidad de siembra, número de cultivares, nivel de agroquímicos, tipo de vegetación aledaña y distancia al bosque. El nivel de daño resultó estadísticamente diferente ($p < 0,05$) entre las unidades de producción que diferían en el número de cultivos asociados. El nivel de daño también resultó estadísticamente diferente en función de la cantidad de árboles de sombra. ha^{-1} y entre aquellos que diferían

Recibido el 13-05-2020 • Aceptado el 26-08-2020.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: molinam@unesur.edu.ve

con respecto a la presencia/ausencia de frutos alternativos. Se concluye que la complejidad estructural de los cultivos funciona como un elemento integrador en la determinación del nivel de daño causado por las ardillas y define la idoneidad de su hábitat.

Palabras clave: estructura, hábitat, *Notosciurus*, sombra, *Theobroma cacao*.

Abstract

Cocoa is a tropical crop of great economic and ecological importance, with great potential in Venezuela, where fungal diseases and squirrels, affect its productivity. The objective of the work was to analyze the relationship between the level of damage and some agronomic and environmental variables in 39 production of the state of Merida. The types of cocoa present were classified as criollo, forastero and hybrid. The damage percentages were transformed to arcsine and grouped into subjective categories according to the variables; the relationship was statistically analyzed using non-parametric tests: Kruskal-Wallis, Kolmogorov-Smirnov, and Moses, assuming $\alpha = 0.05$. The level of damage was not statistically different ($p > 0.05$) between the crops located at different altitudes. The same occurred with the variables cocoa lot size, planting density, number of cultivars, level of agrochemicals, type of vegetation surrounding the crop, and distance to the forest. But the level of damage was statistically different ($p < 0.05$) between the production units that differed in the number of associated crops. The level of damage was also statistically different according to the number of shade trees. ha^{-1} and among those that differed with respect to the presence/absence of alternative fruits. It is concluded that the structural complexity of the crops functions as an integrating element in determining the level of damage caused by squirrels and defines the suitability of their habitat.

Key words: structure, habitat, *Notosciurus*, shade, *Theobroma cacao*.

Resumo

O cacau é uma cultura tropical de grande importância econômica e ecológica, com grande potencial na Venezuela, onde sua produtividade é afetada principalmente por doenças fúngicas e esquilos. O objetivo do trabalho foi analisar a relação entre o nível de dano e algumas variáveis agrônomicas e ambientais em 39 unidades produtivas do estado de Mérida. Os tipos de cacau presentes foram classificados em crioulos, estrangeiros e híbridos. As porcentagens de dano foram transformadas em arco seno e agrupadas em categorias subjetivas de acordo com as variáveis; a relação foi analisada estatisticamente por meio de testes não paramétricos: Kruskal-Wallis, Kolmogorov-Smirnov e Moses, assumindo $\alpha = 0,05$. O nível de dano não foi estatisticamente diferente ($p > 0,05$) entre as culturas localizadas em altitudes diferentes. O mesmo aconteceu com as variáveis tamanho do lote, densidade de plantio, número de cultivares, nível

de agroquímicos, tipo de vegetação circundante e distância até a floresta. O nível de dano foi estatisticamente diferente ($p < 0,05$) entre as unidades de produção que diferiram no número de safras associadas. O nível de dano também foi estatisticamente diferente em função do número de árvores de sombra.ha⁻¹ e entre aquelas que diferiram quanto à presença/ausência de frutos alternativos. Conclui-se que a complexidade estrutural das culturas funciona como elemento integrador na determinação do nível de danos causados pelos esquilos e define a adequação do seu habitat.

Palavras chave: estrutura, habitat, *Notosciurus*, sombra, *Theobroma cacao*.

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol de origen amazónico (Bartley, 2005) de la familia Malvaceae que se cultiva en áreas tropicales de casi todo el mundo, especialmente en África y América (López *et al.*, 2014). Cuenta entre los cultivos de mayor importancia para la alimentación humana y es una opción productiva real para el campo (Boaitey, 2016). También es valioso para reforestar, enriquecer el suelo, y como refugio para la vida silvestre (Guaricocha *et al.*, 2001; Vereá and Solórzano, 2005).

El cacao tiene gran importancia económica. La producción mundial en grano para el periodo 2016-2017 superó las 4.000.000 t y se cotizó en 2746,23 US \$.t⁻¹ (ICCO, 2018), siendo Costa de Marfil el principal productor con más de 2.000.000 t; pero en la lista de los primeros diez países productores también figuran naciones de centro y Suramérica: Ecuador se ubica en la posición 3 con 280.000 t, Brasil en la casilla 7 con 204.000 t, Perú está de octavo con 139.000 t y República Dominicana se ubica en el puesto 10 con 70.000 t (ICCO, 2020).

Introducción

The cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a tree of Amazonian origin (Bartley, 2005) of the Malvaceae family which is cultivated in tropical areas of almost all the world, especially in Africa and America (López *et al.*, 2014). It is one of the most important crops for human consumption and is a true productive option for the field (Boaitey, 2016). It is also beneficial for reforestation, enriching the soil, and as a refuge for wildlife (Guaricocha *et al.*, 2001; Vereá and Solórzano, 2005).

The cocoa is of great economic importance. World production for the 2016-2017 period exceeded 4.000.000 t and was priced at 2746, 23 US \$.t⁻¹ (ICCO, 2018), being the Ivory Coast the first producer with more than 2.000.000 t; but the list of the top ten producing countries also includes nations from Central and South America: Ecuador is in position 3 with 280.000 t, Brazil is in box 7 with 204.000 t, Peru is eighth with 139.000 t and the Dominican Republic is located in 10th place with 70.000 t (ICCO, 2020).

Venezuela producía unas 20.000 t de para el período 2017-2018 (ICCO, 2018) y según la lista publicada en el World Population Review (2020), nuestro país produce hoy en día más de 23.000 t, ubicándose en la posición 14. El precio actual del cacao es de 2061,61 US \$ (ICCO, 2020), una disminución aproximada de 25 % con respecto al período 2016-2017; sin embargo, y asumiendo que la producción en el país se mantiene con respecto a los niveles de 2017-2018, nuestra nación debería generar actualmente más de 40 millones de US \$.año⁻¹ (para julio de 2020 - aprox. 43 \$.barril Brent⁻¹) que equivalen aproximadamente a un millón de barriles de petróleo.

Por lo mencionado anteriormente y como consecuencia del aparente direccionamiento del país hacia la reducción de la dependencia de la renta petrolera en los últimos años, es necesario retomar seriamente la producción de cacao como fuente de divisas.

Las mayores pérdidas económicas que sufren los productores de cacao en Venezuela son causadas por enfermedades fungosas, principalmente la moniliasis por *Moniliophthora roreri*, la pudrición negra del fruto por *Phytophthora palmivora*, y el cáncer de tronco y ramas por *Botryodiplodia theobromae* (Parra y Camejo, 2015). Adicionalmente, la ardilla roja común (*Notosciurus granatensis* Humboldt) es señalada como una plaga (Linares, 1988).

Sciuridae es la segunda familia de ardillas más diversa y las especies allí incluidas cumplen un importante

Venezuela produced about 20.000 t of cocoa beans for the period 2017-2018 (ICCO, 2018) and according to the list published in the World Population Review (2020), our country today produces more than 23.000 t, ranking 14th. The current price of cocoa is 2061,61 US \$ (ICCO, 2020), which implies an approximate decrease of 25% with regard to the value reached in the period 2016-1017; however, and assuming that the current production in the country as compared to the levels of 2017-2018 is maintained, at the current price, our nation should generate more than 40 million US \$. year⁻¹ (for July 2020 -approx.43 \$. Brent barrel⁻¹) which is equivalent to approximately one million barrels of oil.

Due to the aforementioned and because of the apparent orientation of the country towards reducing dependence on oil income in recent years, it is necessary to return seriously to cocoa production as a source of foreign exchange.

The greatest economic losses suffered by cocoa producers in Venezuela are due to fungal diseases, mainly the moniliasis by *Moniliophthora roreri*, the black rot of the fruit by *Phytophthora palmivora*, and the trunk and branch cancer caused by *Botryodiplodia theobromae* (Parra and Camejo, 2015). Additionally, the common red squirrel (*Notosciurus granatensis* Humboldt 1811) is reported as a pest (Linares, 1988).

Sciuridae is the second most diverse family of squirrels and the species included there play an

rol ecológico, como dispersoras y depredadoras de semillas y esporas (Mendes *et al.*, 2019). El daño por ardillas de la familia Sciuridae es común en todas las latitudes donde hay cacao y puede tener un impacto económico importante (Wood y Singleton, 2014). En Ghana y Sierra Leona se reportan daños por *Notosciurus gambianus* y *Fanisciurus* sp. (Lee, 1982); en Guinea Ecuatorial por *Paraxerus poensis*, *Potoxerus stangeri*, *Myosciurus pumilio*, *Heliosciurus rufobrachium* y *Funisciurus leucogenis* (Smith y Nott, 1988); en India por *Funambulus tristriatus* y *F. palmarum* (Bhat *et al.*, 1981); en América del Norte y Centroamérica por *Sciurus variegatoides* (Monge e Hilje, 2006); en Trinidad y Tobago, (Emmandie y Warren, 1993; Mollineau *et al.*, 2008), al igual que en Venezuela, Linares (1998), Mollineau *et al.*, (2008) y Molina y Briceño (2018) atribuyen el ataque a la ardilla roja común (*N. granatensis*).

Aunque Linares (1998) señala que las ardillas se alimentan de las mazorcas de cacao en Venezuela, el daño causado por estos roedores en el país, exceptuando un estudio publicado recientemente por Molina y Briceño (2018), no está suficientemente documentado. Sin embargo, para otros países de la América tropical se reportan daños muy significativos; por ejemplo, López *et al.*, (2014) señalan pérdidas entre 26 y 34 % en Nicaragua y Mollineau *et al.*, (2008) reportaron pérdidas superiores al 30 % en Trinidad y Tobago.

important ecological role: on the one hand as seed and spore dispersers and on the other as seed predators (Mendes *et al.*, 2019). Damage from squirrels of the Sciuridae family is common in all latitudes where cocoa is found and could have a significant economic impact (Wood and Singleton, 2014). In Ghana and Sierra Leona damage by *Sciurus gambianus* and *Fanisciurus* sp. (Lee, 1982) is reported; in Equatorial Guinea by *Paraxerus poensis*, *Potoxerus stangeri*, *Myosciurus pumilio*, *Heliosciurus rufobrachium* and *Funisciurus leucogenis* (Smith and Nott, 1988); in India by *Funambulus tristriatus* and *F. palmarum* (Bhat *et al.*, 1981); in North and Central America by *Sciurus variegatoides* (Monge and Hilje, 2006); in Trinidad and Tobago Emamdie and Warren (1993), Chadee and Chadee (1994) and Mollineau *et al.*, (2014), as well as in Venezuela Linares (1998), Mollineau *et al.*, (2008) and Molina and Briceño (2018) attribute the attack to the common red squirrel (*N. granatensis*).

Although Linares (1998) point out that squirrels feed of cocoa pods in Venezuela, the damage caused by these rodents in the country, except for a study recently published by Molina and Briceño (2018), does not is sufficiently detailed. However, for other countries in tropical America, very significant damages are reported; for example, López *et al.*, (2014) indicate losses between 26 and 34 % in Nicaragua and Mollineau *et al.*, (2008) reported losses greater than 30 % in Trinidad and Tobago.

El problema radica en que la distribución geográfica de las ardillas es similar a la del cacao (Emmandie y Warren, 1993). Las ardillas muerden las mazorcas para extraer las semillas y alimentarse del mucilago que las recubre; algunas mazorcas son devoradas totalmente. Las semillas pueden fermentarse y sufrir cambios en su sabor y aroma (Coulibaly, 1982) y quedan expuestas a hongos y bacterias (Parra y Camejo, 2015) que las dañan por completo. Como consecuencia, se reduce la productividad de los cultivos y por ende los ingresos de los productores (López *et al.*, 2014; Mollineau *et al.*, 2008).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la relación entre el nivel de daño por ardillas rojas (*S. granatensis*) y algunos factores agronómicos y ambientales en cultivos del occidente de la Cordillera de Mérida.

Materiales y métodos

Las 39 unidades de producción (UP) en las que se desarrolló el trabajo están distribuidas como se indica en la Figura 1 y en el Cuadro 1.

El área de estudio es montañosa, con colinas, conos y valles. Las colinas de arcillas y areniscas son pequeñas, con pendientes entre 10° y 30° modeladas por la erosión cuaternaria sobre las formaciones terciarias y algunas acumulaciones del pleistoceno inferior. Los conos contienen también cuarcitas, granitos, gneis y esquistos. Los valles cubren aproximadamente 10 % del piedemonte, están constituido por depósitos sedimentarios de los ríos y tienen pendientes entre 3 y 5 % sobre los conos o formaciones terciarias (La Marca, 1997).

The problem is rooted on the fact that the geographic distribution of squirrels is similar to that of cocoa (Emmandie and Warren, 1993). Squirrels bite the pods to extract the seeds and feed on the mucilage that covers them; some pods are eaten, others are partially eaten. The seeds can ferment changing their flavor and smell (Coulibaly, 1982) and stay exposed to fungi and bacteria (Parra and Camejo, 2015; Quesnel and López, 1975) that damage them completely. Consequently, the productivity of the crops, and therefore the producer's income of the decreases (López *et al.*, 2014; Mollineau *et al.*, 2008).

The objective of this work was to analyze the relationship among the level of damage caused by red squirrels (*N. granatensis*) and some agronomic and environmental factors in cocoa crops of the western Cordillera de Mérida.

Materials and methods

The 39 production units (PU) in which the work was developed are distributed as indicated in Figure 1 and in Table 1.

The study area is mountainous, with hills, cones, and valleys. The hills of clays and sandstones are small, with slopes between 10° and 30° shaped by Quaternary erosion on the Tertiary formations and some accumulations of the Lower Pleistocene. The cones are composed of sandstones, quartzites, granites, gneiss, and schists. The valley sub landscape covers approximately 10 % of the foothills and is constituted

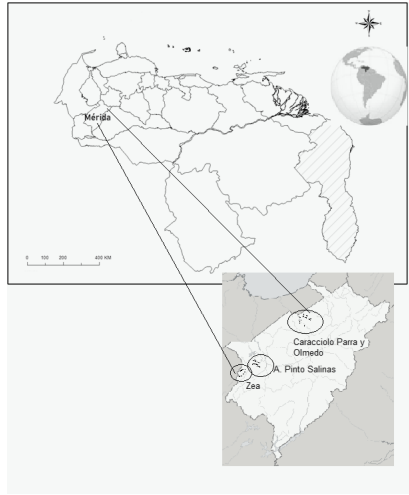


Figura 1. Ubicación relativa de las unidades de producción en el área de estudios.

Figure 1. Relative location of the production units in the study area.

El clima es variable y está determinado principalmente por el relieve y la altitud que condicionan a su vez la magnitud de la temperatura y las precipitaciones. La altitud causa una disminución entre 0,60 a 0,65 °C por cada 100 m. Los meses más calurosos son mayo y junio. La precipitación media anual para Mesa Bolívar, población característica de este piso térmico subtropical ubicada a 1170 msnm es de 1150 mm.

Según Huber y Alarcón (1988), la vegetación original del área de estudio corresponde a bosques ombrófilos basimontanos semidecuidos estacionales, con árboles remanentes de hasta 35 m de altura, con dos estratos arbóreos y densidad variable, hasta los 800 msnm, y bosques ombrófilos submontanos siempreverdes, entre los 800 y 1800-2000 msnm.

of sedimentary deposits from the rivers and has slopes between 3 and 5% on the cones or tertiary formations (La Marca, 1997).

The climate is variable and is mainly regulated by the relief and altitude, which in turn determine the magnitude of temperature and rainfall. The altitude causes a decline in temperature between 0.60 to 0.65 °C for each 100 m of altitude. The hottest months are May and June. The mean annual rainfall for Mesa Bolívar, a characteristic town of this subtropical thermal floor located at 1170 m.a.s.l., is 1150 mm.

According to Huber and Alarcón (1988), the native vegetation of the study area corresponds to seasonal semi-deciduous basimontan ombrophilous forests, with trees

Cuadro 1. Localización y altitud de las unidades de producción muestreadas para el estudio de la relación entre factores agronómicos y nivel del daño por ardillas rojas a mazorcas de cacao en la Cordillera de Mérida, Venezuela.

Table 1. Location and altitude of the production units sampled to study the relationship among agronomic factors and the level of damage by red squirrels to cocoa pods in the Cordillera de Mérida.

Nombre de la UP	Municipio, localidad y altitud (msnm)	Nombre de la UP	Municipio, localidad y altitud (msnm)
	Antonio Pinto Salinas, Mesa Bolívar		Zea, Zea
Santa Lucía I	750		
Santa Lucía II	750		
San Rafael,	800	La Hedionda	770
Mi Refugio	820	La Loma	775
El Porvenir	850	El Milagro	765
La Vega	850	San Isidro	1026
La Escondida	720	Los Labradores	1034
El Silencio	720	El Vegón	1005
Los Manzanos	780	Apure	875
Santísima Trinidad I	362	La Vega	810
Santísima Trinidad II	622	La Plata	611
La Florida	657		
La Trinidad	853		
	Caracciolo Parra y Olmedo	Caracciolo Parra y Olmedo, Río Frío	
	Mesa Julia		
La Esperanza	194		
Las Tres Palmas	194	San Rafael	388
Canaima	221	La Planada	181
San Isidro	290	Los Cedros	196
La Cañada	262	La Esperanza I	216
Los Caraños	309	La Esperanza II	329
La Fontana	365	El Rosal	345
La Candelaria	389	Los Taguanes	464
Mi Herencia	391	La Montaña	538

msnm: metros sobre el nivel del mar.

msnm: meters above sea level.

Los suelos son arcillosos, débilmente ácidos, bastante meteorizados y tienen buen drenaje. Todos son aluviones recientes y por eso son fértiles (Vivas, 1992).

up to 35 m high, with two arboreal strata and variable density, up to 800 m.a.s.l., and evergreen submontane ombrophilous forests, between 800 and 1800-2000 m.a.s.l.

El levantamiento de la información resumida en el Cuadro 2 fue desarrollado entre octubre de 2017 y marzo de 2018. En cada UP se seleccionaron 12 plantas al azar, indistintamente de si contenían o no árboles frutales. Para aleatorizar la selección, cada UP se dividió en cuatro sectores; con la ayuda de una tabla de números aleatorios se escogió uno de esos sectores y se delimitó con cinta plástica de color un área de un $\frac{1}{4}$ ha del centro del sector y se numeraron todas las plantas de cacao presentes; luego se escogieron las 12 plantas utilizando la tabla; en cada planta se contó el número de mazorcas y se verificó la cantidad de mazorcas mordidas por las ardillas.

Según Molina y Briceño (2018), las mazorcas de cacao son dañadas por ardillas y pájaros carpinteros de varias especies, pero no se han encontrado evidencias de ataque por otras especies de mamíferos. Según estos autores, el daño por ardillas se distingue fácilmente del causado por pájaros carpinteros pues éstos perforan las mazorcas dejando orificios circulares de diámetro no mayor de 2 cm, mientras que las ardillas hacen cavidades de forma irregular que pueden abarcar casi todo el fruto; además; en las mazorcas mordidas por las ardillas se pueden apreciar los surcos que dejan los dientes incisivos con los que las roen (Figura 2).

Los tipos de cacao se clasificaron como criollo, forastero e híbrido. La ubicación de las UP (altitud y coordenadas geográficas) fue definida con un GPS Garmin E-trex₂₀.

The soils are clayey, weakly acidic, quite weathered, and well-drained. All are recent alluviums and therefore are fertile (Vivas, 1992).

The information summarized in Table 2 was collected between October 2017 and March 2018. In each PU, 12 plants were randomly selected, regardless of whether or not they contained fruit trees. To randomize the selection, each PU was divided into four sectors; with the help of a table of random numbers, one of these sectors was chosen and an area of $\frac{1}{4}$ ha from the center of the sector was delimited with colored plastic tape and all the cocoa plants present were numbered; then the 12 plants were chosen using the table; in each plant, the number of pods was counted and the number of pods bitten by the squirrels was verified.

According to Molina and Briceño (2018), cocoa pods are damaged by red squirrels and various species of woodpeckers, but they found no evidence of attack by other species of mammals. These authors indicate that damage by squirrels is easily distinguished from that caused by woodpeckers because they pierce the pods leaving circular cavities whose diameter usually does not exceed 2 cm, while squirrels leave much larger and irregularly shaped apertures that can cover almost all the fruit; furthermore, on the pods bitten by the squirrels, the grooves left by the incisor teeth with which they gnaw on them can be seen (Figure 2).

The varieties of cocoa were classified as criollo, forastero and hybrid. The location of the PU

Cuadro 2. Variables incluidas en el análisis de la relación entre factores agronómicos y ambientales y el nivel de daño por ardillas a mazorcas de cacao.

Table 2. Variables included in the analysis of the relationship among the agronomic and environmental factors and the level of damage by red squirrels to cocoa pods.

Variable	Categorías	Prueba estadística usada
Altitud	I: hasta 500 msnm II: > 500 msnm	
Tamaño del lote	I: < 4 ha II: de 5 a 10 ha III: de 11 a 15 ha IV: > 15 ha	
Tipo de vegetación aledaña	I: Otras plantaciones de cacao II: Rastrojos III: Bosques secundarios IV: Pastizales	Kruskal-Wallis para muestras independientes $\alpha = 0,05$
Densidad de siembra	I: cuadros de 2m x 2m II: cuadros de 3m x 3m III: cuadros de 4m x 4m IV: > 4m x 4m	
Nivel de uso de agroquímicos	I: No usa agroquímicos II: Usa agroquímicos	
Distancia cultivo-bosque	I: De 1 a 100 m II: > 100 m	
Número de cultivares	I: 1 cultivar II: 2 o más cultivares	Kolmogorov-Smirnov para dos muestras independientes $\alpha = 0,05$
Número de cultivos asociados	I: De 0 a 2 II: > 2 cultivos asociados	
Número de árboles de sombra.ha ⁻¹	I: De 0 a 20 II: > 20	
Presencia de frutos alternativos	I: Con frutales alternativos II: Sin frutales alternativos	Prueba de Moses $\alpha = 0,05$

El porcentaje de daño fue calculado como el cociente entre el número de mazorcas mordidas y el número de mazorcas total x 100. Para las pruebas estadísticas el porcentaje

(altitude and geographic coordinates) was defined using a GPS Garmin E-trex₂₀.

The percentage of damage was calculated as the quotient between the

de daño fue transformado a arcoseno (Ahrens *et al.*, 1990; Warton y Hui, 2011).

number of pods bitten and the number of total pods x 100. For statistical tests, the percentage of damage was



Figura 2. Detalles del daño causado por las mordidas de las ardillas rojas (*N. granatensis*) a una mazorca madura de cacao criollo.

Figure 2. Details of the damage caused by the red squirrel (*N. granatensis*) bites to a mature pod of criollo cocoa.

El resto de las variables fueron tipificadas para reducir las diferencias debidas a las distintas escalas (Sokal y Rolph, 1995), es decir, se calculó el promedio y la desviación estándar; el valor tipificado se calculó restando el valor original del promedio de la variable y el valor resultante fue dividido por la desviación estándar.

Los datos fueron procesados estadísticamente usando el programa SPSS versión 20 (IBM, 2011). Para

transformed to arcsine (Ahrens *et al.*, 1990; Warton and Hui, 2011).

The remaining variables were typified to reduce the differences due to the diverse scales in which they are expressed (Sokal and Rolph, 1995), that is, the average and standard deviation were calculated; the typified value was determined by subtracting the original value of the average of the variable and the resulting value was divided by the standard deviation.

estudiar la relación entre el nivel de daño y el resto de las variables, los datos se agruparon en categorías subjetivas (Cuadro 2) buscando uniformidad en el tamaño de los grupos y se procesaron estadísticamente siguiendo los criterios de Siegel y Castellán (2007).

Se consideran como frutos alternativos para las ardillas aquellos nativos o cultivados, que son consumidos de forma ocasional por estos roedores; los principales son: guama (*Inga* spp. Mill), aguacate (*Persea americana* Mill), jobo (*Spondias mombin* L.) y pomarrosa (*Syzygium jambos* L.).

Resultados y discusión

El nivel de daño varió entre cero y 44 %, siendo (en promedio) 12 % para las UP ubicadas en Mesa Bolívar, 10 % para las de Zea, 13 % para las de Mesa Julia y 3 % para las de Río Frío. Estos resultados contrastan con los de López *et al.* (2014) quienes encontraron pérdidas entre 26 y 34 % para Nicaragua y con los de Mollineau *et al.* (2008) quienes reportaron pérdidas superiores al 30 % para Trinidad y Tobago. Si bien el nivel de daño encontrado es inferior al reportado por estos autores, no es de poca importancia para los productores merideños, pues ellos están enfrentando una grave crisis. Al nivel de campo esto se expresa principalmente a través de la escases y los costos elevados de los agroinsumos y la mano de obra. Además, las pérdidas causadas por ardillas deben sumarse a las generadas por hongos,

The data were statistically processed using the SPSS IBM® version 20 program (IBM, 2011). To study the relationship among the level of damage and the rest of the variables, these were grouped into subjective categories (Table 1) to homogenize the group size, and statistically processed following the Siegel and Castellán's (2007) criteria.

The alternative fruits for squirrels are those native or cultivated, other than cocoa, which are occasionally consumed by these rodents; the main ones are: guama (*Inga* spp. Mill), avocado (*Persea americana* Mill), jobo (*Spondias mombin* Mill), and pomarosa (*Syzygium jambos* L.).

Results y discussion

The level of damage varied between zero and 44 %, being (on average) 12 % for the PU's located in Mesa Bolívar, 10 % for those located in Zea, 13 % for those belonging to Mesa Julia, and 3 % for the PU's in Río Frio. These results contrast with those of López *et al.*, (2014) who found losses between 26 and 34% for Siuna, Nicaragua, and with those of Mollineau *et al.*, (2008) who reported losses greater than 30% for Trinidad and Tobago. Although the level of damage found is lower than that reported by these authors, it is not of little importance for Mérida producers, since they are facing a severe crisis. At the field level, this is expressed mainly through the scarcity and high costs of agro-inputs and labor. Also, the losses caused by squirrels must be added to those generated by fungi,

cuya magnitud en algunas regiones del neotrópico es de aproximadamente 40 % (Correa *et al.*, 2014); de hecho, ambos problemas están relacionados ya que, en muchos casos, las mazorcas de cacao que no son dañadas por completo por las ardillas, son atacadas por hongos y bacterias que las inutilizan por completo (Molina y Briceño, 2018).

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) para el nivel de daño entre las categorías de altitud de las UP. Esto se debe probablemente a que las ardillas rojas tienen un amplio rango de distribución geográfica, tanto en sentido longitudinal como altitudinal (Linares, 1998), igual que ocurre con el cacao (López *et al.*, 2014); además se trata de roedores que, por ser estrategas r, están adaptados para explotar al máximo los recursos disponibles y así garantizar una progenie numerosa (Krebs, 1985). Este resultado contrasta con el de López *et al.*, (2014) quienes encontraron que el daño es mayor en cultivos ubicados entre 200 y 300 msnm.

No se encontraron diferencias ($p > 0,05$) en el nivel de daño entre las categorías de tamaño de los lotes de cacao. Ello puede deberse a que el tamaño de las UP tiende a ser pequeño y a que las ardillas tienen una alta movilidad (Zollner, 2000). En el Sector Mesa Bolívar-El Bordo, en Río Frío y en Zea, aproximadamente dos tercios tienen menos de 2 ha de superficie, mientras que en Santo Tomás y Mesa Julia, dos tercios de las UP tienen entre 3 y 5 ha.

No se encontraron diferencias ($p > 0,05$) en el nivel de daño entre las categorías de distancia al bosque. Sin

whose magnitude in some neotropical regions is approximately 40% (Correa *et al.*, 2014); in fact, both problems are related since, in many cases, the cocoa pods that are not completely damaged by squirrels are attacked by fungi and bacteria that render them completely useless (Molina and Briceño, 2018).

No statistically significant differences ($p > 0.05$) were found for the level of damage between the altitude categories of the PU's. This is probably because red squirrels have a wide range of geographic distribution, both longitudinally and altitudinally (Linares, 1998), as is the case with cocoa (López *et al.*, 2014); besides, they are rodents that, being r-selected species, are adapted to exploit the available resources to the maximum, regardless of whether they are in a variable range of climates, to guarantee a large progeny (Krebs, 1985). This result contrasts with that of López *et al.*, (2014) who found that damage by squirrels varies according to the altitudinal range in which the PU's included in their study were located, and concluded that the damage is greater in crops located between 200 and 300 m.a.s.l.

No differences ($p > 0.05$) were found for the level of damage between the size categories of the cocoa plots. This may be because PU size tends to be small and that squirrels have high mobility (Zollner, 2000). In fact, in the Mesa Bolívar-El Bordo area, in Río Frío and in Zea, approximately two-thirds of them have less than 2 ha of surface, meanwhile in Santo Tomás and Mesa Julia, two-thirds of the UP have between 3 and 5 ha.

embargo, Lee (1997) encontró que ardillas del género *Callosciurus* causan mayor daño a las mazorcas localizadas cerca de los bosques en India. Las ardillas de la familia Sciuridae exhiben diferentes rangos perceptuales (distancia máxima desde la que un animal puede detectar la presencia de un parche de hábitat); por ejemplo las ardillas grises (*Sciurus carolinensis*) tienen un rango perceptual de 300 m y las ardillas zorro (*Sciurus niger*) de 400 m (Zollner, 2000).

Tampoco se encontraron diferencias en el nivel de daño entre las cuatro categorías de vegetación aledaña. Sin embargo, las observaciones de campo (Figura 3) indican que no existe daño cuando los cultivos de cacao están rodeados por pastos, mientras que el daño es evidentemente mayor cuando están rodeados por bosques secundarios.

El menor daño observado en los cultivos rodeados por pastos puede deberse a que el movimiento de las ardillas allí es limitado porque las ardillas son presas de varias especies de aves, mamíferos y reptiles, y suelen evadir los lugares donde el riesgo de depredación es alto (Krijger *et al.*, 2017; Potash *et al.*, 2019).

El mayor nivel de daño encontrado en los cultivos rodeados por bosques es razonable cuando en los cultivos hay abundantes árboles de sombra que mejoran la conectividad con la vegetación montañosa (Mäkeläinen *et al.*, 2016).

No se encontraron diferencias ($p > 0,05$) en el nivel de daño entre las categorías de densidad de siembra entre las UP. Ello puede deberse a

No differences were found ($p > 0.05$) for the level of damage between the categories of distance to the forest. However, Lee (1997) found that various squirrels of the genus *Callosciurus* cause a higher level of damage to the pods of crops located near forests in India. This is because squirrels of the Sciuridae family exhibit different perceptual ranges (maximum distance from which an animal can detect the presence of a patch of habitat); for example, gray squirrels (*Sciurus carolinensis*) have a perceptual range of 300 m and fox squirrels (*Sciurus niger*) have a perceptual range of 400 m (Zollner, 2000).

Nor were found differences for the level of damage between the four categories of neighboring vegetation. However field observations (Figure 2) indicate that there is no damage when cocoa crops are surrounded by grasses and that damage is visibly less when surrounded by other PU's of cocoa, while the damage is visibly greater when they are surrounded by stubble or secondary forests.

The lower damage observed in crops surrounded by grasses may be because the movement of squirrels there is limited due to they can be exposed to predators. Since rodents play the role of prey for many species of birds, mammals and reptiles, they avoid frequenting places where the risk of predation is high (Krijger *et al.*, 2017; Potash *et al.*, 2019).

The highest level of damage found in crops surrounded by forests is reasonable when there are abundant shade trees in the crops that improve

que la mayoría de los cultivos fueron establecidos en diseños de 3 x 3 ó 3 x 4 m, de manera que existe una alta conectividad entre las plantas y por ende, la movilidad de las ardillas en su búsqueda de mazorcas de cacao se ve facilitada (Daghela *et al.*, 2013).

connectivity to the mountainous vegetation (Mäkeläinen *et al.*, 2016).

No differences were found ($p > 0.05$) for the level of damage between the categories of planting density among the PU's. This may be because most of the crops in the study area were

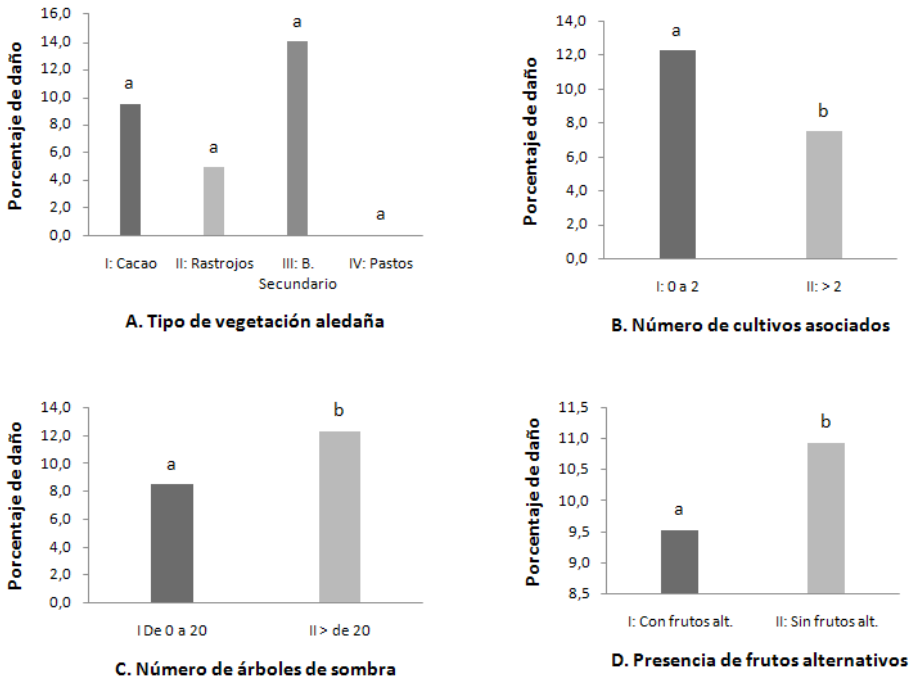


Figura 3. Relación entre el nivel de daño y el tipo de vegetación aledaña (3A), el número de cultivos asociados (3B), el número de árboles de sombra (3C) y la presencia de frutos alternativos (3D). Barras con letras distintas muestran diferencias significativas ($p < 0.05$).

Figure 3. Relationship among the level of damage and the kind of neighboring vegetation (3A), the number of associated crops (3B), and the presence of alternative fruits (3D). Bars with different letters show significant differences ($p < 0.05$).

No se detectaron diferencias ($p > 0,05$) en el nivel de daño entre los cultivos con dos variedades y aquellos con tres variedades de cacao. Los productores, al momento de establecer sus cultivos compran las plantas en viveros o construyen sus propios viveros con semillas de la zona, sin que haya un experto que haga selección genética. Como consecuencia, los cultivos tienen diferentes proporciones de cacao criollo, forastero e híbrido, lo que ya es característico de toda la región (Chacón *et al.*, 2007, Salazar, 2016).

El nivel de daño difiere ($p < 0,05$) entre los dos grupos de cultivos asociados. En la Figura 3 se puede apreciar que el nivel de daño se reduce en la medida en que aumenta el número de cultivos asociados. Ello puede ser producto de que, por un lado, una mayor cantidad de cultivos mejora la complejidad estructural de la vegetación (Flaherty *et al.*, 2012; Garcés-Restrepo *et al.*, 2013; Gregory *et al.*, 2017; Holloway *et al.*, 2012) creando un hábitat más favorable para las ardillas, y por el otro, entre los cultivos asociados hay frutos alternativos (Reher *et al.*, 2016) como es el aguacate.

No se detectaron diferencias ($p > 0,05$) en el nivel de daño entre las categorías de uso de agroquímicos para el control de las arvenses. Las ardillas son animales arborícolas (Linares, 1998) de modo que la estructura del estrato herbáceo no es un factor determinante.

El nivel de daño fue diferente ($p < 0,05$) entre las categorías de árboles de sombra. En la Figura 3

established in 3 x 3 or 3 x 4 m designs, both among plants and among rows, so that there is high connectivity between plants and therefore, the mobility of squirrels in their search for cocoa pods is facilitated (Daghela *et al.*, 2013).

No differences ($p > 0.05$) were detected for the level of damage between crops with two varieties and those with three cocoa varieties. This is for the reason that in the study area, the producers, to establish their crops, buy the plants in nurseries or build their own nurseries with seeds from the area, without an expert selecting the seeds according to their genetics. Consequently, in either case, the crops will have different proportions of criollo, forastero and hybrid cocoa, as is common throughout the region (Chacón *et al.*, 2007, Salazar, 2016).

The level of damage differs ($p < 0.05$) between the two groups of associated crops compared. In Figure 3 it can be seen that the level of damage is reduced as the number of associated crops increases. This may be due, on the one hand, to the fact that a greater number of crops improves the structural complexity of the vegetation (Flaherty *et al.*, 2012; Garcés-Restrepo *et al.*, 2013; Gregory *et al.*, 2017; Holloway *et al.*, 2012) creating a more favorable habitat for squirrels, and on the other because among the associated crops there are alternative fruits (Reher *et al.*, 2016) such as the avocado.

No differences were found ($p > 0.05$) for the level of damage between the categories of use of agrochemicals for weed control. Because squirrels are

puede observarse que el nivel de daño aumenta en la medida en que aumenta la cantidad de árboles.ha⁻¹. La vegetación de sombra contribuye a conformar una mayor complejidad estructural que favorece la presencia y la movilidad de las ardillas a través de las ramas (Alvarenga y Talamoni, 2006; Flaherty *et al.*, 2012; Garcés-Restrepo *et al.*, 2013; Gregory *et al.*, 2017; Holloway *et al.*, 2012; Reunanen, 2001), así como la construcción de nidos (Holloway y Malcolm, 2007). Smith y Nott (1988) encontraron que las ardillas encuentran protección en los cultivos con mayor cobertura de sombra. Monge e Hilje (2006) explicaron que la ardilla *Notosciurus variegatoides* varía su dieta en función de la arquitectura de los árboles, lo que a su vez determina su protección y el acceso a los alimentos. Cuautle (2007) señala que las ardillas requieren ciertas condiciones de macrohábitat y microhábitat para su establecimiento. Por otro lado, Wilson (2008) asoció la complejidad multidimensional en la vegetación boscosa con la abundancia de la ardilla *Glaucomys sabrinus*.

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para el nivel de daño entre las UP con frutos alternativos y aquellas sin ellos. En la Figura 3 se observa que el nivel de daño es mayor en los cultivos que tienen frutos alternativos. Las semillas de cacao por sí solas no parecen representar una dieta completa para los roedores por lo que el nivel de daño está relacionado con la presencia de árboles con frutos alternativos (Monge e Hilje, 2006; Singleton, 2015). En este sentido, Reher *et al.* (2016) señalan

arboreal animals (Linares, 1998), the structure of the herbaceous stratum is not a determining factor.

The level of damage was different ($p < 0.05$) between the shade tree categories. In Figure 3 it can be observed that it increases as the number of trees.ha⁻¹ increases. The shade vegetation contribute conforming a greater structural complexity that favors the presence and mobility of squirrels through the branches (Flaherty *et al.*, 2012; Garcés-Restrepo *et al.*, 2013; Gregory *et al.*, 2017; Holloway *et al.*, 2012; Reunanen, 2001), as well as the construction of nests (Holloway and Malcolm, 2007). Smith and Nott (1988) found that squirrels find protection in cocoa crops with greater shade coverage. Monge and Hilje (2006) explained that the squirrel *Sciurus variegatoides* varies its diet depending on the architecture of the trees, which in turn determines its protection and access to food. Cuautle (2007) points out that squirrels require certain macrohabitat and microhabitat conditions for their establishment. On the other hand, Wilson (2008) found that forests that support greater multidimensional complexity in vegetation exhibit greater abundances of the squirrel *Glaucomys sabrinus*.

Statistically significant differences ($p < 0.05$) were found for the level of damage between PU with alternative fruits for squirrels and those without them. In Figure 3 it is observed that the level of damage is higher in crops with alternative fruits. Cocoa beans by themselves do not seem to represent a complete diet for these

que la abundancia de las ardillas rojas de Eurasia (*Sciurus vulgaris*) guarda relación con la existencia de fuentes mayores de alimentos.

Es razonable esperar que la presencia de frutos alternativos contribuya a reducir el nivel de daño, especialmente si se considera que los frutos alternativos pueden conformar casi la totalidad de la dieta de las ardillas del género *Sciurus*. Por ejemplo, en Panamá, los frutos de jobo (*Spondias mombin*) y de guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) representaron más del 90 % de la dieta de *Sciurus variegatoides* (Monge e Hilje, 2006). Sin embargo, en este estudio el mayor nivel de daño se encontró en cultivos con frutos alternativos, lo que puede deberse a que durante el trabajo de campo los árboles no tenían frutos o estos no estaban suficientemente maduros y por ende no estaban siendo consumidos por las ardillas, y a que una mayor densidad de árboles frutales puede favorecer la abundancia de ardillas al mejorar la complejidad estructural de paisaje, aumentando el nivel de daño sobre las mazorcas de cacao.

Conclusiones

De los resultados expuestos previamente se deduce que el nivel de daño es inferior al reportado para otras regiones del trópico americano, pero tiene un impacto significativo en la economía de los productores.

El nivel de daño difiere según la cantidad de cultivos asociados, según la cantidad de árboles de sombra y de acuerdo con la presencia de frutos

rodents, so the level of damage is related to the presence of trees with alternative fruits (Monge and Hilje, 2006; Singleton, 2015). In this sense, Reher *et al.* (2016) point out that the abundance of Eurasian red squirrel (*Sciurus vulgaris*) is closely related to the existence of greater sources of food.

It is reasonable to expect that the presence of alternative fruits will contribute to reducing the level of damage to cocoa pods, especially considering that alternative fruits can constitute almost the entire diet of squirrels of the genus *Sciurus*. For example, in Panamá, the fruits of jobo (*Spondias mombin*) and guácimo (*Guazuma ulmifolia*) represented more than 90 % of the diet of *Sciurus variegatoides* (Monge and Hilje, 2006). However, in the present study the highest level of damage was found in crops with alternative fruits, which may be due in part to the fact that during the fieldwork the availability of alternative fruits was low, that is, the trees had no fruits or these were not mature enough and therefore were not being consumed by squirrels, and on the other hand, the presence of a higher density of fruit trees may be favoring the abundance of rodents by improving the structural complexity of the landscape, increasing the level damage on cocoa pods.

Conclusions

From the results previously exposed, it can be deduced that the level of damage is lower than that reported for other regions of the American

alternativos. En conjunto, estos factores conforman la complejidad estructural de los cultivos, que figura como un elemento integrador en la determinación del nivel de daño causado por las ardillas ya que define la idoneidad de su hábitat.

Cabe destacar que el menor daño de las ardillas ocurre en las plantaciones separadas con respecto a lotes boscosos por pastizales. Con base en este descubrimiento, y sabiendo de que las ardillas son sensibles a la modificación del hábitat, es evidente la importancia que tiene el manejo agronómico de la vegetación asociada al cultivo así como la participación activa de la comunidad de productores para el control de las ardillas.

Literatura citada

- Ahrens, W.H., D.J. Cox y G. Budhwar. 1990. Use of the arcsine and square root transformations for subjectively determined percentage data. *Weed Sci.* 38(4):452-458.
- Alvarenga, C.A., y S.A. Talamoni. 2006. Foraging behaviour of the Brazilian squirrel *Sciurus aestuans* (Rodentia, Sciuridae). *Act. Ther.* 51(1):69-74.
- Bartley, B.G. 2005. The genetic diversity of cacao and its utilization. Cabi Publishing. United States of America.
- Bhat, S.K., C.P. Nair y D.N. Mathew. 1981. Mammalian pests of cocoa in South India. *Int. J. Pest Managmt.* 27:297-302.
- Boaitey, A. 2016. Quantifying spatial indicators of ecological quality in a cocoa landscape in Goaso Forest District, Ghana. M.Sc. Thesis. University of Twente. Holanda. 57 p. Disponible en: https://webapps.itc.utwente.nl/librarywww/papers_2016/msc/nrm/boaitey.pdf. Fecha de consulta: 24 de agosto de 2020.
- tropics but has a significant impact on the economy of the producers.
- The level of damage differs according to the number of associated crops, the number of shade trees, and according to the presence of alternative fruits. Together, these factors make up the structural complexity of the crops, which appears as an integrating element in determining the level of damage caused by squirrels since it defines the suitability of their habitat.
- It should be noted that the least damage by squirrels occurs in plantations separated from wooded lots by grasslands. Based on this discovery, and knowing that squirrels are sensitive to habitat modification, it is evident the importance of agronomic management of the vegetation associated with the crop, as well as the active participation of the producer community for the control of the squirrels.

End of English Version

- Chacón, I., C. Gómez y V. Márquez. 2007. Caracterización morfológica de frutos y almendras de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región suroccidental de Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 24:2020-207.
- Correa, J., S. Castro y J. Coy. 2014. Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta Agron.* 63(4):388-399.
- Coulibaly, N. 1982. Le probleme des rongeurs nuisibles a la cococulture en Cote d'Ivoire. In: Proceedings of the 8th International Cacao Research Conference, 18-23 October, 1981. Edited by J. De Lafforest, 353-355. London, England: Transla-Inter Limited.

- Cuautle, G. 2007. Diversidad de roedores en la Reserva de Biosfera La Michilía en relación con la heterogeneidad ambiental a nivel macrohábitat y microhábitat. Tesis M.Sc. Instituto de Ecología A. C. México. 84 p. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/265684923>. Fecha de consulta: 24 de julio de 2020.
- Daghela, H.B., D. Fotio, M. Yede y S. Vidal S. 2013. Shade Tree Diversity, Cocoa Pest Damage, Yield Compensating Inputs and Farmers' Net Returns in West Africa. PLoS ONE. 8(3):1-9.
- Emmandie, D. y J. Warren. 1993. Varietal taste preference for cacao *Theobroma cacao* L. by the neotropical red squirrel *Sciurus granatensis* (Humboldt). Biotropica. 25(3): 365-368.
- Flaherty, S., G. Patenaude, A. Close y P.W. Lurz. 2012. The impact of forest stand structure on red squirrel habitat use. Forestry. Pp. 437-444. Disponible en: <https://academic.oup.com/forestry/article-abstract/85/3/437/2756056>. Fecha de consulta: 27 de marzo de 2018.
- Garcés-Restrepo, M.F., y C.A. Saavedra-Rodríguez. 2013. Densidad de ardilla roja (*Sciurus granatensis*) en hábitats con diferentes coberturas vegetales en los Andes de Colombia. Mast. Neotrop. 20(2):381-386.
- Gregory, T., F. Carrasco-Rueda, A. Alonso, J. Kolowski y J.L. Deichmann. 2017. Natural canopy bridges effectively mitigate tropical forest fragmentation for arboreal mammals. Scient. Rep. 7:1-11.
- Guaricocha, G., C. Harvey, E. Somarriba, U. Krauss y E. Carrillo. 2001. Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica. Agroforest. en Las Amer. 8:7-11.
- Holloway, G.L., W.P. Smith, C.B. Halpern, R.A. Gitzen, C.G. Maguire y S.D. West. 2012. Influence of forest structure and experimental green-tree retention on northern flying squirrel (*Glaucomys sabrinus*) abundance. Forest Ecol. and Managmt. 285:187-194.
- Holloway, G.L. y J.R. Malcolm. 2007. Northern and southern flying squirrel use of space within home ranges in central Ontario. Forest Ecol. and Managmt. 242:747-755.
- Huber, O., y Alarcón. 1988. Mapa de vegetación de Venezuela. Bioma-MARNR. Escala 1:200.000.
- IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- International Cocoa Organization (ICCO). 2018. Production of cocoa beans. Disponible en: <https://www.icco.org>. Fecha de consulta: 2 de mayo de 2018.
- International Cocoa Organization (ICCO). 2020. Production of cocoa beans. Disponible en: <https://www.icco.org>. Fecha de consulta: 22 de julio de 2020.
- Krebs, C.J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. Harla. México. 753 p.
- Krijger, I.M., S.R. Belmain, G.R. Singleton, P.W. Groot y P.G. Meerburg. 2017. The need to implement the landscape of fear within rodent pest management strategies. Pest Manag Sci. 73(12):2397-2402.
- La Marca, E. 1997. Origen y Evolución Geológica de la Cordillera de Mérida, Andes de Venezuela. Cuadernos de la Escuela de Geografía, Nueva Época. 1:1- 110.
- Lee, C.H. 1982. Rodent pests species and bait preferences in cocoa-coconut plantings. Mardi Res. Bull. 10:290-295.
- Lee, C.H. 1997. Field rodent population abundance and cocoa crop loss. J. trop. Agric. And Fd. Sc. 25(1):25-41.
- Linares, O. 1998. Mamíferos de Venezuela. Sociedad Conservacionista Audubón de Venezuela (Editorial). Caracas. 691 p.
- López, N., E. Flores, J. Castillo, y O. Montalvan. 2014. Plagas en Cacaotales. Municipio Siuna. Ciencia e Interculturalidad. 14:106-114.
- Mäkeläinen, S., H.J. de Knegt, O. Ovasainen e I.K. Hainsken. 2016. Home-range use patterns

- and movements of Siberian Flying squirrel in urban forests: Effects on habitat composition and connectivity. *Mov. Ecol.* 4:1-14.
- Mendes, C.P., J.L. Koprowski y M. Galetti. 2019. Neosquirrel: a data set of ecological knowledge on neotropical squirrels. *Mammal Review.* 49(3):210-225.
- Molina, M. y J. Briceño. 2018. Magnitud del daño por ardillas (*Sciurus granatensis*) en función de la longitud, color y madurez de mazorcas de Cacao de la Cordillera de Mérida, Venezuela. *Bol. Cent. Inv. Biol. (LUZ).* 52(3):156-169.
- Mollineau, F., F. Bekele y G. García. 2008. The Neo-tropical red squirrel (*Sciurus granatensis*) as a pest of cacao (*Theobroma cacao* L.) in the International Cacao Genebank, Trinidad. *Trop. Agric. Trinidad.* 85:1-12.
- Monge, J. y L. Hilje. 2006. Hábitos alimenticios de la ardilla (*Sciurus variegatoides*), (Rodentia: Sciuridae). Nicoya, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54(2):681-686.
- Parra, D., y C. Camejo. 2015. Reconocimiento de enfermedades de cacao en vivero y su manejo. Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/353077041>. Fecha de consulta: 20 de agosto de 2020.
- Potash, A.D., L.M. Conner y R.A. McCleery. 2019. Vertical and horizontal vegetation cover synergistically shape prey behaviour. *Anim. Behav.* 152:39-44.
- Reher, S., K.H. Dausmann, L. Warnecke, y J.M. Turner. 2016. Food availability affects habitat use of Eurasian red squirrels (*Sciurus vulgaris*) in a semi-urban environment. *J. Mammal.* 97(6):1543-1554.
- Reunanen, P. 2001. Landscape responses of the Siberian Flying squirrel (*Pteromys volans*) in Northern Finland. Ph. D. Thesis. Dept. of Biology. Univ. of Oulu. 45 p. Disponible en: <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9514264967.pdf>. Fecha de consulta: 20 de agosto de 2020.
- Salazar, G.E. 2016. Análisis de la diversidad genética del cacao venezolano resguardado en los bancos de germoplasma nacional, con miras a establecer programas de mejoramiento genético. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 155 p. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/handle/123456789/14808>. Fecha de consulta: 20 de agosto de 2020.
- Siegel, S., y N.J. Castellán. 2007. Estadística no paramétrica. 2da ed. Editorial Trillas. México. 437 p.
- Singleton, G.R. 2015. Rodents in agriculture and forestry. International Rice Research Institute. Pp. 33-80.
- Smith, R.H., y H.M. Nott. 1988. Rodent damage to cocoa in Equatorial Guinea. *FAO Plant Prot. Bull.* 36:119-124.
- Sokal, R., y J. Rohlf. 1995. *Biometry.* W. H. Freeman. 887 p.
- Verea, C., y A. Solórzano. 2005. Avifauna asociada al sotobosque de una plantación de cacao del norte de Venezuela. *Ornit. Neotrop.* 1:1-14.
- Vivas, L. 1992. Los Andes Venezolanos. Academia Nacional de La Historia. Italgáfica S.R.L. Caracas. 250 p.
- Warren, J. y D. Emmandie. 1993. Rodent resistance in cacao, *Theobroma cacao* L. *Trop. Agric. Trinidad.* 70:286-288.
- Warton, I.W. y F.K. Hui. 2011. The arcsin in asinine: the analysis of proportions in ecology. *Ecol.* 92(1):3-10.
- Wilson, T.M. 2008. Limiting factor for northern Flying squirrels (*Glaucomys sabrinus*) in the pacific northwest; a spatio-temporal analysis. Dr. Thesis. 207 p. Disponible en: http://www.fsl.orst.edu/rna/Documents/publications/Quinault_Limiting%20factors%20for%20northern%20flying%20squirrels%20etc.pdf. Fecha de consulta: 24 de agosto de 2020.
- Wilson, T.M. y E.D. Forsman. 2013. Thinning effects on spotted owl prey and other forest-dwelling small mammals. In: Anderson, P.D. and K.L. Ronnenberg. (Eds). Density management for the

21st century: west side story. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-880. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 79–90.

Wood, B.J. y G.R. Singleton. 2014. Rodents in agriculture and agroforestry. En: Pp. 33-80. A.P. Buckle and R.H. Smith (Eds.). Rodent pests and their control. 2^{da}. Ed.

World Population Review. 2020. Cocoa producing countries 2020 by population. Disponible en: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/cocoa-producing-countries>. Fecha de consulta: 23 de julio de 2020.

Zollner, P.A. 2000. Comparing the landscape level perceptual abilities of forest sciurids in fragmented agricultural landscapes. Landscape Ecol. 15:523-533.