

Spatial mite population distribution on *Caryocar brasiliense* trees. Technical note

Distribución espacial de la población de ácaros en los árboles de *Caryocar brasiliense*. Nota técnica

G.L.D. Leite¹, J. A. Lazo², R.V.S. Veloso¹, A.L. Matioli³, Ch.I.M. Almeida¹, M. A. Soares⁴
y P. G. Lemes¹

¹Insetário G.W.G. Moraes, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Caixa Postal 135, 39404-547 - Montes Claros, Minas Gerais State, Brazil.

²Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba.

³Laboratório de Acarologia, Instituto Biológico, 13092-543, Campinas, São Paulo State, Brazil.

⁴Departamento de Agronomia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 39.100-000, Diamantina, State of Minas Gerais, Brazil.

Email: germano.demolin@gmail.com

G.L.D. Leite: <https://orcid.org/0000-0002-2928-3193>

J. A. Lazo: <https://orcid.org/0000-0001-8697-5981>

R.V.S. Veloso: <https://orcid.org/0000-0002-6807-3607>

A.L. Matioli: <https://orcid.org/0000-0003-3708-5602>

Ch.I.M. Almeida: <https://orcid.org/0000-0001-6654-616X>

M. A. Soares: <https://orcid.org/0000-0002-8725-3697>

P. G. Lemes: <https://orcid.org/0000-0002-1364-0424>

The objective was to study the spatial distribution of the mite population in the pequi trees (*Caryocar brasiliense*). A completely randomized design was used and evaluated the spatial distribution of mites according to the orientation of the branches; part of the canopy; part of the leaf and foliar surface. The part of canopy of the tree and the orientation of the branches did not influence the mite population in leaves and fruits. The largest amount of *Histiostoma sp.* was observed in the proximal part of the leaf. The surface of the leaf determined the presence of mites and a greater number of *Agistemus sp.*, *EuTetranychus sp.*, *Tetranychus sp.* 1 and 2, *Histiostoma sp.* and *Proctolaelaps sp.* was observed on the abaxial surface. It is recommended as a preliminary plan for the sampling of mites in plantations of *C. brasiliense* to use the leaves of all parts of the tree.

Key words: *pequi*, *Acari*, *weather*, *leaf surface*.

The cerrado is a characteristic biome of the Brazilian territory and the species *Caryocar brasiliense* Camb. (Malpighiales: Caryocaraceae) is widely distributed among its regions (Ribeiro *et al.* 2018). Its fruits are used in human nutrition, production of cosmetics, lubricants and in pharmaceutical industry, and represent the main income source in many communities (Leite *et al.* 2020). According to collectors, leaves and fruits of this tree suffer damages caused by mites since they grow in isolated and deforested areas due to their protection by federal law. Despite the biological and social importance of *C. brasiliense*, there are few entomological studies with this species and its mites are unknown.

Diversity and abundance of mites can vary depending

El objetivo de esta investigación fue estudiar la distribución espacial de la población de ácaros en los árboles de pequi (*Caryocar brasiliense*). Se utilizó un diseño completamente al azar y se evaluó la distribución espacial de los ácaros de acuerdo con la orientación de las ramas, parte de la copa de los árboles, parte de la hoja y superficie foliar. La parte de la copa del árbol y la orientación de las ramas no influyeron en la población de ácaros en las hojas y los frutos. La mayor cantidad de *Histiostoma sp.* se observó en la parte proximal de la hoja. La superficie de la hoja determinó la presencia de ácaros y un mayor número de *Agistemus sp.*, *EuTetranychus sp.*, *Tetranychus sp.* 1 y 2, *Histiostoma sp.* y *Proctolaelaps sp.* se observó en la superficie abaxial. Se recomienda como plan preliminar para el muestreo de ácaros en plantaciones de *C. brasiliense* para utilizar las hojas de todas las partes del árbol.

Palabras clave: *pequi*, *Acari*, *clima*, *superficie foliar*

El cerrado es un bioma característico del territorio brasileño y la especie *Caryocar brasiliense* Camb. (Malpighiales: Caryocaraceae) está ampliamente distribuido en estas regiones (Ribeiro *et al.* 2018). Sus frutos se utilizan en la nutrición humana, producción de cosméticos, lubricantes y en la industria farmacéutica, y representan la principal fuente de ingresos en muchas comunidades (Leite *et al.* 2020). Según los recolectores, las hojas y frutos de este árbol sufren daños causados por los ácaros, ya que crecen en áreas aisladas y deforestadas debido a su protección por la ley federal. A pesar de la importancia biológica y social de *C. brasiliense*, existen pocos estudios entomológicos con esta especie y se desconocen sus ácaros.

La diversidad y abundancia de ácaros puede variar según la disposición de las ramas en el árbol y las partes

on the arrangement of branches on the tree and the parts of leaf. Some hypotheses explain these facts. Roda *et al.* (2012) noted that the arrangement of branches in the canopy of a tree affects the distribution of mites because the wind direction influences on the dispersion of this insect. On the other hand, Leite *et al.* (2017) pointed out that a greater exposure of foliage to the sun can influence on the quality of the tissues of the host plant together with the microclimate where they develop. Research carried out on other crops (Lemtur and Choudhary 2016) shows that mites generally prefer leaves and parts of the softer and thinner leaves of trichomes.

In this sense, the objective of this research was to study the spatial distribution of the population of mites in *C. brasiliense* trees grown in Brazilian cerrado areas for three years.

The study was performed in Montes Claros municipality, Minas Gerais state, Brazil, during 3 consecutive years (Jun 2011 through Jun 2014). This region has dry winters and rainy summers, and is classified as climate Aw: tropical savanna according to Köppen.

Three areas were used for data collection: strict sense cerrado (S 16° 44' 55.6" W 43° 55' 7.3", at 943 m asl), pasture, formerly cerrado vegetation (S 16° 46' 16.1" W 43° 57' 31.4" at 940 m asl) and campus of the Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG) (16°40'54,5"S, 43°50'26,8"W, at 633m asl).

The design was completely randomized with 30 replicates (30 trees) – 10 adult trees (fruit production)/area. Treatments were: orientation of branches (North, South, West, and East), part of the canopy (apical, medium, and bottom parts of the tree), part of the leaf (distal, medium, and proximal part = near petiole), and leaf surface (adaxial and abaxial).

It walked (~600 m) in each area in a straight line, and every 50 m, randomly evaluated a *C. brasiliense* tree. Adult trees of *C. brasiliense* (producing fruits) were randomly sampled in each collection, except in the lawn of the university campus where trees were evaluated every time. Four expanded leaves, four flowers and four fruits from each stratum of the canopy (bottom, medium, and apical part) and from each cardinal orientation of branches (North, South, West, and East) of 30 trees were collected monthly (the morning) during each of the 3 years.

These plant materials were collocated in transparent white plastic bags, sealed and transported to the laboratory for counting of nymphs and adults (sum) of mites (phytophagous and predators). Counting started on average within 2 h after material collection, using a 12.5 X magnifying lens on leaves and flowers, but in fruits, mites were evaluated by direct counting (no lens).

Three fields in the central part (field equidistant between the principal vein and the margin) were counted from each leaf (adaxial and abaxial surface), but flowers

de la hoja. Algunas hipótesis explican estos hechos. Roda *et al.* (2012) señalaron que la disposición de las ramas en la copa de un árbol afecta la distribución de ácaros porque la dirección del viento influye en la propagación del insecto. Por otra parte, Leite *et al.* (2017) informaron que una mayor exposición del follaje al sol puede influir en la calidad de los tejidos de la planta huésped, unido al microclima donde se desarrollan. Una investigación realizada en otros cultivos (Lemtur y Choudhary 2016) muestra que los ácaros generalmente prefieren las hojas y partes de las hojas más suaves y delgadas de los tricomas.

En este sentido, el objetivo de esta investigación fue estudiar la distribución espacial de la población de ácaros en los árboles de *C. brasiliense* cultivados en áreas del cerrado brasileño durante tres años.

El estudio se realizó en el municipio de Montes Claros, en el estado de Minas Gerais, Brasil, durante 3 años consecutivos (junio de 2011 a junio de 2014). La región tiene inviernos secos y veranos lluviosos, y se clasificada como clima Aw: sabana tropical, según Köppen.

Se utilizaron tres áreas para la recolección de datos: cerrado en sentido estricto (16° 44 '55.6 " S 43° 55' 7.3" O, a 943 msnm), pastos, vegetación anteriormente de cerrado (16° 46 '16.1" S 43° 57' 31.4" O, a 940 msnm), y campus del Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA/UFMG) (16°40'54,5" S, 43°50'26,8" O, a 633 msnm).

El diseño fue completamente al azar con 30 réplicas (30 árboles) - 10 árboles adultos (producción de fruto)/área. Los tratamientos fueron: orientación de las ramas (norte, sur, oeste y este), parte de la copa (parte apical, media e inferior del árbol), parte de la hoja (parte distal, media y proximal = cerca del pecíolo) y superficie de la hoja (adaxial y abaxial).

Se avanzó (~ 600 m) en línea recta en cada área, y cada 50 m se evaluó un árbol de *C. brasiliense* al azar. Los árboles adultos de *C. brasiliense* (que producen frutos) se muestrearon aleatoriamente en cada recolección, excepto en el pasto del campus universitario donde siempre se evaluaron los árboles. Se recolectaron mensualmente (en la mañana), durante los 3 años, cuatro hojas expandidas, cuatro flores y cuatro frutos de cada estrato de la copa (parte inferior, media y apical) y de cada orientación cardinal de ramas (norte, sur, oeste y este) de 30 árboles.

Estos materiales vegetales se colocaron en bolsas de plástico blanco transparentes, se sellaron y se transportaron al laboratorio para el conteo de ninfas y adultos (suma) de ácaros (fitófagos y depredadores). El conteo comenzó dentro de las 2 h posteriores a la recolección del material, utilizando un lente de aumento de 12.5 X para hojas y flores, pero en las frutas los ácaros se evaluaron por conteo directo (sin lente).

Se contaron tres áreas en la parte central (área equidistante entre la vena principal y el borde) de cada hoja (superficie adaxial y abaxial), pero las flores se distribuyeron al azar. En el caso de la fruta, se evaluaron los ácaros presentes en toda la fruta. Estas tres áreas se distribuyeron, una por cada parte de la hoja (distal,

were randomly distributed. In the case of fruit, mites present in the whole fruit were evaluated. These three fields were distributed one per each part of the leaf (distal, median, and proximal part = near petiole). These mites present in the evaluated parts (leaves, flowers, and fruits) of *C. brasiliense* were collected with brush and preserved in vials with 70 % alcohol for identification by Dr. A.L. Matioli (several families) and Dr. Eddie A. Ueckermann (Agistemus).

The obtained data were subjected to normality test (Liliefors) and homogeneity of variance (Cochran and Bartlett) and, in the necessary cases, they were transformed according to $\sqrt{x} + 0.5$. Analysis of variance and mean comparison was performed with Tukey test ($P < 0.05$).

No mites were observed on the flowers. The part of canopy of the tree and the orientation of branches did not influence on mite population in leaves and fruits. The highest amount of *Histiostoma sp.* (Histiostomidae)/cm² ($F = 6\ 588, P = 0.00213$) was observed in the proximal part of the leaf (0.0593 ± 0.0082 A), without differing from the distal part (0.0288 ± 0.0047 B). In the medium part of the leaf, the number of *Histiostoma sp.* (Histiostomidae)/cm² (0.0384 ± 0.0056 AB) was intermediate. The different parts of the leaf did not influence ($P > 0.05$) on the number/m² of *Acari sp.* (0.000675 ± 0.00045), *Agistemus sp.* (Stigmaeidae) (0.00165 ± 0.0007), *EuTetranychus sp.* (Tetranychidae) (0.0001 ± 0.00005), *Proctolaelaps sp.* (Ascidae) (0.001275 ± 0.00085), *Tetranychus sp.1* (Tetranychidae) (0.00215 ± 0.00145) and *Tetranychus sp.2* (Tetranychidae) (0.00075 ± 0.0006).

Mite attack, preferentially, the proximal part of the leaf probably because this area is the newest, relative to other parts of the leaf (Maksymowych 1973) and consequently facilitates feeding and colonization by mites. Mites can prefer old leaves - *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae), *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Phytoseiidae), and *Tetranychus urticae* (Koch) – or folded leaves and flower and fruit clusters – *N. cucumeris* (Oudemans), *N. aurescens* Athias-Henriot and *Phytonemus pallidus* (Banks) (Tarsonemidae) on *Fragaria sp.* (Rosaceae) (Fitzgerald *et al.* 2008).

The lack of relationship between the part of the canopy and the orientation of branches with the presence of mites on leaves and fruits in *Caryocar brasiliense* species can perhaps be explained by the uniform colonization niches in the canopy of this tree and by the low densities (in general) of these mites that did not allow to find any tendency. However, Roda *et al.* (2012) noted that medium stratum of a palm contained significantly more mites *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) that fronds of the upper or lower canopy and fronds of the lower stratum, on average, had significantly less mites than the other two strat. *Dichopelmus notus* Keifer (Eriophyidae) showed a greater number of mature adaxial leaves in the lower and medium strata in *Ilex paraguariensis* St. Hil. (Aquifoliaceae) plants (De

mediana y proximal = cerca del pecíolo). Estos ácaros presentes en las partes evaluadas (hojas, flores y frutos) de *C. brasiliense* se recolectaron con pincel y se conservaron en frascos con alcohol al 70 % para su identificación por el Dr. AL Matioli (varias familias) y el Dr. Eddie A. Ueckermann (Agistemus).

Los datos se sometieron a una prueba de normalidad (Liliefors) y homogeneidad de varianza (Cochran y Bartlett) y, en los casos necesarios, se transformaron según $\sqrt{x} + 0.5$. Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

No se observaron ácaros en las flores. La parte de la copa del árbol y la orientación de las ramas no influyeron en la población de ácaros en hojas y frutos. La mayor cantidad de *Histiostoma sp.* (Histiostomidae)/cm² ($F = 6\ 588, P = 0.00213$) se observó en la parte proximal de la hoja (0.0593 ± 0.0082 A), sin diferir de la parte distal (0.0288 ± 0.0047 B). En la parte media de la hoja, el número de *Histiostoma sp.* (Histiostomidae)/cm² (0.0384 ± 0.0056 AB) fue intermedio. Las diferentes partes de la hoja no influyeron ($P > 0.05$) en el número/m² de *Acari sp.* (0.000675 ± 0.00045), *Agistemus sp.* (Stigmaeidae) (0.00165 ± 0.0007), *EuTetranychus sp.* (Tetranychidae) (0.0001 ± 0.00005), *Proctolaelaps sp.* (Ascidae) (0.001275 ± 0.00085), *Tetranychus sp.1* (Tetranychidae) (0.00215 ± 0.00145) y *Tetranychus sp.2* (Tetranychidae) (0.00075 ± 0.0006).

Los ácaros atacan preferentemente la parte proximal de la hoja, probablemente debido a que esta área es más joven en relación con otras partes de la hoja (Maksymowych 1973) y, en consecuencia, les facilita su alimentación y colonización. Los ácaros pueden preferir hojas añejas - *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae), *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Phytoseiidae) y *Tetranychus urticae* (Koch)- u hojas dobladas y racimos de flores y frutas - *N. cucumeris* (Oudemans), *N. aurescens* Athias-Henriot y *Phytonemus pallidus* (Banks) (Tarsonemidae) en *Fragaria sp.* (Rosaceae) (Fitzgerald *et al.* 2008).

La falta de relación entre la parte de la copa y la orientación de las ramas con la presencia de ácaros en las hojas y frutos de la especie *Caryocar brasiliense* puede explicarse quizás por los nichos de colonización uniformes en la copa de este árbol y por las bajas densidades (en general) de estos ácaros, que no permitieron encontrar ninguna tendencia. Sin embargo, Roda *et al.* (2012) señalaron que el estrato medio de una palma contiene significativamente más ácaros *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) que las hojas de la copa superior o inferior. Además, las hojas del estrato inferior, en promedio, tenían significativamente menos ácaros que los otros dos estratos. *Dichopelmus notus* Keifer (Eriophyidae) mostró un número mayor de hojas adaxiales maduras en los estratos inferior y medio en plantas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. (Aquifoliaceae) (De Gouvea *et al.* 2006).

Gouvea *et al.* 2006).

Leaf surface affected mite population (table 1). The highest number of individuals/cm² for the species *Agistemus sp.* (Stigmaeidae), *EuTetranychus sp.* (Tetranychidae), *Histiostoma sp.* (Histiostomidae), *Proctolaelaps sp.* (Ascidae), *Tetranychus sp.1* and *sp.2* (Tetranychidae) was observed on the abaxial leaf surface. The number of Acaridae was similar in both leaf surfaces.

This preference (abaxial surface) is commonly

La superficie de la hoja afectó a la población de ácaros (tabla 1). El mayor número de individuos/cm² de las especies *Agistemus sp.* (Stigmaeidae), *EuTetranychus sp.* (Tetranychidae), *Histiostoma sp.* (Histiostomidae), *Proctolaelaps sp.* (Ascidae), *Tetranychus sp.1* y *sp.2* (Tetranychidae) se observó en la superficie abaxial de la hoja. El número de Acaridae fue similar en ambas superficies de las hojas.

Esta preferencia (superficie abaxial) se informa comúnmente para los ácaros y se debe a una mayor

Table 1. Number of mites (cm²) according to the leaf surface on *Caryocar brasiliense*. Montes Claros, Minas Gerais State, Brazil

Mites	Leaf surface		F	P
	Adaxial	Abaxial		
<i>Acarin.s.</i>	0.0021±0.0007 ^a	0.0036±0.0009 ^a	1.560	0.21095
<i>Agistemus sp.</i>	0.0027±0.0009 ^b	0.0115±0.0020 ^a	15.349	0.00000
<i>EuTetranychus sp.</i>	0.0000±0.0000 ^b	0.0011±0.0005 ^a	3.868	0.04747
<i>Histiostoma sp.</i>	0.0074±0.0018 ^b	0.1141±0.0104 ^a	153.759	0.00000
<i>Proctolaelaps sp.</i>	0.0010±0.0005 ^b	0.0093±0.0034 ^a	5.966	0.01274
<i>Tetranychus sp.1</i>	0.0004±0.0003 ^b	0.0165±0.0028 ^a	33.240	0.00000
<i>Tetranychus sp.2</i>	0.0018±0.0008 ^b	0.0047±0.0012 ^a	4.096	0.04122

^{a,b} Means followed by the same letter (average ± SE) in the line are not different by the test of Tukey (* P < 0.01 and ** P < 0.05). n.s. = no significant by ANOVA.

reported to mite and is due to more protection against climatic elements (i.e. rainfall) and this surface is more tender, which favors mite feeding (Sudo and Osakabe 2011). *Agistemus sp.*, *Euseius concordis* (Chant) (Phytoseiidae) and *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Phytoseiidae) occurred on the inferior face of the leaves of *I. paraguariensis* (De Gouvea *et al.* 2006). Moreover, leaf surfaces with hairiness and roughness can negatively affect mites, including the predators as *Agistemus exsertus* Gonzalez (Acari: Stigmaeidae), on *Althaea rosea* L. (Malvaceae) and *Morus alba* L. (Moraceae) plants (Saber and Rasmy 2010).

It is suggested, as preliminary sampling plan for mites (phytophagous and predator) on *C. brasiliense* leaf, to assess 1 cm² (pocket magnifying lens) in the proximal region (near petiole) of the abaxial surface of leaf in four leaves/plant, all leaves in the basal region of the plant (greater ease in sampling), in 10 plants per plot (1,000 plants/plot).

protección contra los elementos climáticos (por ejemplo, la lluvia) y esta superficie es más tierna, que favorece la alimentación de los ácaros (Sudo y Osakabe 2011). *Agistemus sp.*, *Euseius concordis* (Chant) (Phytoseiidae) e *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Phytoseiidae) aparecieron en la cara inferior de las hojas de *I. paraguariensis* (De Gouvea *et al.* 2006). Además, las superficies de las hojas con vello y aspereza pueden afectar negativamente a los ácaros, incluidos los depredadores como *Agistemus exsertus* González (Acari: Stigmaeidae), en plantas de *Althaea rosea* L. (Malvaceae) y *Morus alba* L. (Moraceae) (Sabre y Rasmy 2010).

Se sugiere, como plan preliminar de muestreo para ácaros (fitófagos y depredadores) en la hoja de *C. brasiliense*, evaluar 1 cm² (lupa) en la región proximal (cerca del pecíolo) de la superficie abaxial de la hoja en cuatro hojas/planta, todas las hojas de la región basal de la planta (mayor facilidad de muestreo), en 10 plantas por parcela (1 000 plantas/parcela).

References

- De Gouvea, A., Boaretto, L.C., Zanella, C.F. & Alves, L.F.A. 2006. "Populational dynamics of mites (Acari) in the mate-tea tree (*Ilex paraguariensis* St. Hil.: Aquifoliaceae)". *Neotropical Entomology*, 35(1): 101-111, ISSN: 1678-8052, DOI: <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2006000100014>.
- Fitzgerald, J., Xu, X.M., Pepper, N., Easterbrook, M. & Solomon, M. 2008. "The spatial and temporal distribution of predatory and phytophagous mites in field-grown strawberry in the UK". *Experimental & Applied Acarology*, 44(4): 293-306, ISSN: 1572-9702, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-008-9151-0>.
- Leite, G.L.D., Veloso, R.V.S., Matioli, A.L., Almeida, C.I.M., Soares, M.A., Alves, P.G.L. & Zanuncio, J.C. 2020. "Habitat complexity and mite population on *Caryocar brasiliense* trees". *Acta Scientiarum. Agronomy*, (in print), ISSN: 1807-8621.
- Leite, G.L.D., Veloso, R.V., Zanuncio, J.C., Azevedo, A.M., Silva, J.L., Wilcken, C.F. & Soares, M.A. 2017. "Architectural diversity and galling insects on *Caryocar brasiliense* trees". *Scientific Reports*, 7(1): 1-7, ISSN: 2045-2322, DOI: <http://>

doi.org/10.1038/s41598-017-16954-6.

- Lemtur, M. & Choudhary, J.S. 2016. "Influence of weather parameters on population dynamics of thrips and mites on summer season cowpea in Eastern Plateau and Hill region of India". *Journal of Agrometeorology*, 18(2): 296-299, ISSN: 0972-1665.
- Maksymowych, R. 1973. *Analysis of leaf development*. Ed. Cambridge University Press, Cambridge, Great Britain, p. 109, ISBN: 0-521-20017-2.
- Ribeiro, T.D., de Mattos, R.W., de Morais, A.R. & Muniz, J.A. 2018. "Description of the growth of pequi fruits by nonlinear models". *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(4): e-949, ISSN: 1806-9967, DOI: <http://doi.org/10.1590/0100-29452018949>.
- Roda, A., Nachman, G., Hosein, F., Rodrigues, J.C.V. & Pena, J.E. 2012. "Spatial distributions of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut and their implications for development of efficient sampling plants". *Experimental & Applied Acarology*, 57(3-4): 291-308, ISSN: 1572-9702, DOI: <http://doi.org/10.1007/s10493-012-9538-9>.
- Saber, A.S. & Rasmy, A.H. 2010. "Influence of plant leaf surface on the development, reproduction and life table parameters of the predacious mite, *Agistemus exsertus* Gonzalez (Acari: Stigmaeidae)". *Crop Protection*, 29(8): 789-792, ISSN: 0261-2194, DOI: <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.04.001>.
- Sudo, M. & Osakabe, M. 2011. "Do plant mites commonly prefer the underside of leaves?" *Experimental & Applied Acarology*, 55(1): 25-38, ISSN: 1572-9702, DOI: <http://doi.org/10.1007/s10493-011-9454-4>.

Received: April 22, 2019

Accepted: June 29, 2020