

# Variación de la remoción de frutos de *Coccocypselum lanceolatum* (Rubiaceae) al modificar experimentalmente su ubicación y presentación

Removal variation of *Coccocypselum lanceolatum* fruits (Rubiaceae) when experimentally modifying their location and display

Luis L Arteaga<sup>1</sup> & M. Isabel Moya<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Estación Biológica Tunquini, Instituto de Ecología, Casilla 10077, Correo Central. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. larteagabohrt@yahoo.com

<sup>2</sup>Programa para la Conservación de los Murciélagos de Bolivia - Centro de Estudios en Biología Teórica y Aplicada (PCMB-BIOTA), Casilla 4778, La Paz, Bolivia, isamoya@acelerate.com

## Resumen

Los frutos de *Coccocypselum lanceolatum* (Rubiaceae) se caracterizan por ser de color azul y presentar reducida recompensa para los frugívoros. Utilizamos estos frutos como material de experimentación para estudiar la variación del número de frutos removidos por aves y de la velocidad de remoción al modificar la ubicación (0.1 y 2 m de altura) y presentación (frutos azules y frutos azules combinado con cintas rojas) de los frutos. Determinamos que los frutos ubicados a 2 m de altura son removidos mientras que aquellos frutos que se encuentran a 0.1 m no sufrieron ninguna remoción. Por el contrario, no existe diferencia entre la remoción al incluir el color rojo en la presentación de los frutos azules. Sin embargo, la velocidad de remoción de los frutos con presentación multicolor fue significativamente mayor que los frutos azules. Estos resultados contribuyen al conocimiento de algunos factores que influyen en la remoción de frutos, aportando al estudio de los mecanismos que determinan la relación fruto-frugívoro.

Palabras clave: *Coccocypselum lanceolatum*, remoción de frutos, color de frutos, ubicación de frutos, aves, bosque montano.

## Abstract

Fruits of *Coccocypselum lanceolatum* (Rubiaceae) are characterized by being blue colored and to present little reward for fruit eating animals. We use these fruits to study the variation of number of fruits removed and speed removal when modifying the location (0.1 and 2 m of height) and color display of the fruits (blue fruits and blue fruits with red tapes). We determine that the fruits located at 2 m of height are removed with more intensity that those at 0.1 m. On the contrary, there was no difference in removal when including red color in the display. However, removal speed of fruits with multicolored display was significantly higher than the

display of blue fruits. These results contribute to the understanding that some factors influence removal of fruits and also contribute to the whole study of mechanisms determining fruit-fruit eating animals relationships.

Keywords: *Coccocypselum lanceolatum*, fruit removal, fruit colour, fruit location, birds, montane forest.

## Introducción

Los frugívoros son atraídos por frutos con determinadas características, como ser combinaciones de colores, olores, ubicación y cualidades nutricionales (Howe & Westley 1987). En el caso de las aves, éstas buscan frutos con colores llamativos (Murray et al. 2000), semillas resistentes (Moraes 1994) y alto contenido de fructosa y sacarosa (Restrepo 2002).

La selectividad de frutos por aves ha sido relacionada con el comportamiento, morfología, ciclo de vida y requerimientos nutricionales de las aves (Moermond & Denslow 1985). Por parte de las plantas, puede depender de la presentación de colores (Willson & Whelan 1990), valor nutricional de la pulpa (Herrera 1981) o del arilo (Foster & McDiarmid 1983), disposición de los frutos en el árbol y estrato boscoso (Denslow & Moermond 1982), entre otros.

En la presente investigación modificamos experimentalmente la ubicación y presentación de los frutos de *Coccocypselum lanceolatum* (Rubiaceae) para determinar si existen cambios en su remoción. Elegimos esta especie como instrumento de experimentación ya que presenta frutos de color azul, es una planta herbácea terrestre (Gentry 1993), donde la altura típica es entre 10 y 30 cm y según Haber (2000) sus semillas son dispersadas por aves. Se reconoce que el color azul de los frutos es catalogado como poco conspicuo (Wheelwright & Janson 1985) o en el caso de *C. lanceolatum* casi conspicuo (N. Wheelwright 2002, com. pers.). En general, los frutos nutritivos en

bosques tropicales se caracterizan porque el contenido de agua puede ser entre 33 - 88% del peso total, lípidos de 1-67% y carbohidratos de 11-91% del peso seco total (Roosmalen 1985), mientras que *C. lanceolatum* presenta hasta 92% de agua, bajo contenido de azúcares (0.07%), cenizas (0.31%) y la pigmentación no es soluble en lípidos (E. García 2003 datos no pub.), por lo que son frutos que pueden ser considerados como poco nutritivos ya que la cantidad de lípidos y azúcares son aspectos importantes en la selección de los frutos por aves (Martínez del Rio & Restrepo 1993), donde se reconoce que éstas pueden elegir distintas concentraciones de azúcares (Levey 1987). Por estas características, resulta ser una especie interesante para estudiar la variación de la remoción de sus frutos al modificar la ubicación original en el estrato boscoso y su presentación en cuanto a color, utilizando presentación multicolor.

## Métodos

Realizamos la investigación en la Estación Biológica Tunquini (EBT) que se encuentra localizada al sudoeste del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata, Bolivia (Moraes 2001) (68°02', 16°20' sudoeste; 68°03', 16°05' noroeste; 67°43', 16°10' noreste; 67°47', 16°18' sudeste; Ribera 1995).

Implementamos el experimento utilizando una senda de la EBT en el bosque húmedo montano entre los 1.550 y 1.650 m de altitud. Colectamos 600 frutos de *C. lanceolatum*, los agrupamos en grupos de cinco frutos unidos con hilo de color azul. En cada grupo elegimos

solo frutos grandes (mayores a 1 cm de longitud) para que la variabilidad en tamaño no sea un factor alineado que interfiera en la remoción de los frutos.

Trabajamos con dos factores de diseño. El primero se refiere a la altura en que se ubican los frutos en el estrato arbóreo considerando dos niveles: frutos ubicados a 0.1 m del suelo y 2 m de altura (bajo y alto, respectivamente). El segundo factor analizado es la inclusión de un color más conspicuo para lo cual colocamos dos cintas rojas a los costados del grupo de frutos, considerando también dos niveles para este factor (presentación azul y presentación multicolor rojo + azul).

Para estudiar la variación en la remoción de frutos considerando los factores planteados procedimos a implementar un diseño en bloque. En cada punto de análisis ubicamos cuatro grupos de frutos: un grupo bajo y color azul, otro alto y multicolor a la derecha de la senda; el tercer grupo bajo y multicolor y el último alto y azul a la izquierda de la senda. Las siguientes unidades de evaluación las ubicamos a 80 m de distancia, cambiando de lado el tratamiento; los grupos que estaban a la izquierda fueron colocados a la derecha y los de la derecha a la izquierda, así sucesivamente ubicamos 25 réplicas.

La implementación del experimento fue el 10 de mayo de 2002. Luego, cada 3 días registramos el número de frutos removidos. Debido a que los frutos fueron extraídos de las plantas y contienen un porcentaje alto de humedad se secaron rápidamente cambiando su consistencia y coloración. Por esto, consideramos los datos hasta doce días de iniciar el trabajo, cuando seguíamos contabilizando remoción de frutos. Los frutos seguían en buenas condiciones. Para el análisis de datos utilizamos un análisis bifactorial no paramétrico (Scheirer-Ray-Hare; Sokal & Rohlf 1998), considerando los dos factores de diseño (ubicación y presentación) y una variable de respuesta (número de frutos removidos).

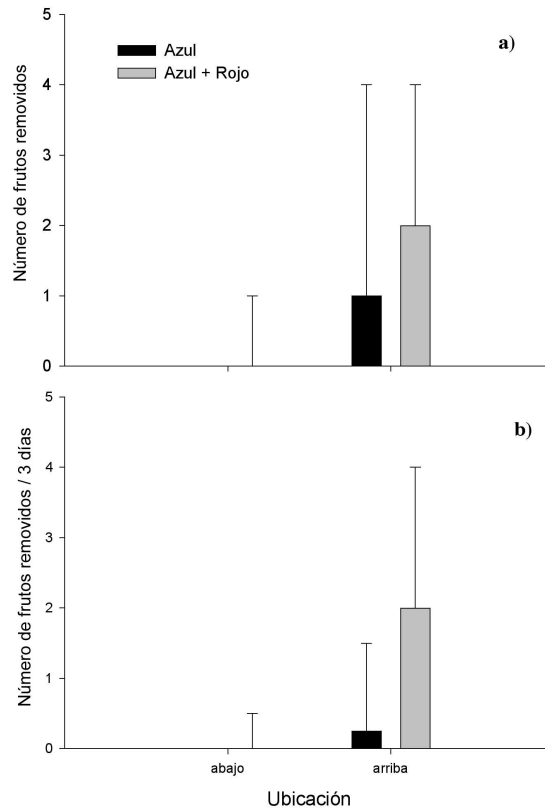
Posteriormente, calculamos la velocidad de

remoción de los frutos considerando el número de frutos removidos en tres días. Comparamos la velocidad de remoción mediante un análisis bifactorial no paramétrico con ubicación y presentación como factores y velocidad de remoción como variable respuesta (Sokal & Rohlf 1998). Para las pruebas estadísticas establecimos un valor de rechazo de 0.05.

## Resultados

Observamos que no existió remoción de los frutos que se encontraban a 0.1 m del suelo y con presentación de frutos azules, que coinciden con las condiciones naturales para *C. lanceolatum*. Además, determinamos que los frutos que fueron ubicados a 2 m del suelo fueron removidos con mayor intensidad que aquellos que se encontraban a 0.10 m ( $H = 21.55$ ; g.l. = 1;  $P < 0.01$ ; Fig. 1a). Al considerar la presentación de colores no existen diferencias significativas en el número de frutos removidos al comparar frutos azules con aquellos frutos donde se adicionó el color rojo ( $H = 3.20$ ; g.l. = 1;  $P > 0.05$ ; Fig. 1a). En la prueba determinamos que no existe interacción entre los factores ubicación y presentación de los frutos ( $H = 0.45$ ; g.l. = 1;  $P > 0.05$ ).

Cuando analizamos la velocidad de remoción de los frutos, encontramos que aquellos que fueron ubicados a 2 m de altura fueron removidos más rápidamente que los que se encontraban cerca al suelo ( $H = 21.95$ ; g.l. = 1;  $P < 0.01$ ; Fig. 1b). Aquellos frutos que mostraron la combinación de colores incluyendo el rojo presentaron una velocidad de remoción significativamente mayor que aquellos que solo presentaron el color azul ( $H = 7.90$ ; g.l. = 1;  $P < 0.05$ ; Fig. 1b). Es así que, el tratamiento donde observamos la mayor velocidad de remoción fue en aquellos frutos que se encontraban a 2 m del suelo e incluían el color rojo en su presentación registrando una velocidad de remoción de 2 frutos/3 días (rango 0-5). Determinamos además que no existe interacción entre los factores ubicación y



**Fig. 1: a) Variación del número de frutos removidos de *Coccocypselum lanceolatum* considerando su ubicación (0.1 m y 2 m) y presentación. b) Velocidad de remoción de frutos de *C. lanceolatum* considerando la ubicación (0.1 m y 2 m) y presentación. Las gráficas muestran las medianas como medida de tendencia central y los percentiles 75.**

presentación de los frutos al analizar la velocidad de remoción ( $H = 0.065$ ; g.l. = 1;  $P > 0.05$ ).

### Discusión

El modificar la altura original de los frutos en el estrato boscoso y determinar que esta nueva ubicación incrementa significativamente su remoción, nos permite considerar que los animales frugívoros (aves) - cuyo rango de movimiento abarca el estrato a dos metros del

suelo - estarían inspeccionando el nuevo recurso. Es probable que los síndromes de dispersión sirvan para que los consumidores discriminen una gama de recursos de los cuales han hecho un reconocimiento previo, para posteriormente crear preferencias de consumo, lo cual conlleva a que las aves utilicen sólo una parte de la diversidad de frutos disponibles en el hábitat (Pavajeau 1993). Considerando esto y tomando en cuenta que los frutos que se encontraban a 0.1 m del suelo y con presentación azul, similares a las condiciones naturales para la especie, no han sido forrajeados, se podría

pensar que las aves que aprovecharían este recurso en condiciones naturales son aquellas que no conocen este ambiente, como ser aves migratorias o juveniles de aves residentes (N. Wheelwright 2002, com. pers), que estarían en la etapa de inspección del recurso.

Cuando adicionamos el color rojo en la presentación de los frutos, si bien encontramos que la remoción total de frutos no difiere significativamente de aquellos con presentación azul, determinamos que la velocidad de remoción de la presentación multicolor es mayor. El incremento en la velocidad de remoción podría estar reflejando que la presentación multicolor permite que los frutos sean más conspicuos o la remoción sea realizada por frugívoros que son atraídos por el color rojo, ya que se ha determinado que las aves frugívoras eligen frutos de determinados colores, donde el rojo está entre los colores de preferencia (Willson & Whelan 1990). Sin embargo, no debemos ignorar que el color es solamente uno de muchos factores que determinarán la elección de los frutos por las aves (Wheelwright & Janson 1985, McPherson 1987), donde las bases para la preferencia podrían ser fisiológicas (sensibilidad visual) o de comportamiento (aprendido) (Willson & Whelan 1990).

Los resultados obtenidos coinciden con experimentos utilizando presentaciones de frutos artificiales comparando rojo y otros colores, donde el rojo es removido más rápidamente que aquellos frutos que no incluyen este color (Willson & Melampy 1983). Sin embargo, el empleo de presentaciones de frutos artificiales está sujeto a varias limitaciones (Willson & Whelan 1990, Alves-Costa & Lopes 2001). Por esto decidimos utilizar frutos verdaderos donde el tiempo de experimentación fue inclusive mayor que el empleado en trabajos con frutos artificiales (p.e. Alves-Costa & Lopes 2001 y Galetti et al. 2003).

Es importante tomar en cuenta que en el trabajo y otros similares no se estudia el color

del fruto en si mismo, sino algunos aspectos de la presentación que pueden ser importantes en términos de la facilidad de descubrir los frutos por los frugívoros (Willson & Whelan 1990). De igual manera, debemos considerar que en el trabajo utilizamos los frutos de *C. lanceolata* como material de experimentación y no es un análisis de las características de remoción de la especie. Sin embargo, será interesante realizar investigaciones que permitan analizar el por qué los frutos de *C. lanceolata* no han sido removidos en condiciones naturales (0.1 m altura y presentación azul). Para esto, se deberá considerar que pueden existir otras razones para la evolución del color de los frutos antes de estar relacionadas necesariamente para la dispersión, pudiendo servir para alejar a deficientes dispersores, presencia de pigmentos de defensa para parásitos y patógenos (Herrera 1982) o colores relacionados a la potencialidad de absorción de radiación solar (Wheelwright & Janson 1985). Será importante considerar también que el color del fruto tiene un costo de producción, por lo que se debe investigar cuales serán las posibles relaciones costo-beneficio (trade-offs) al presentar frutos con poca recompensa y baja tasa de remoción. En el caso del color del fruto y de la ubicación, se deberá tomar en cuenta las posibles limitantes filogenéticas (McKittrick 1993) de las características de los frutos de esta especie, ya que la forma de vida y el color de los frutos es resultado de selección pasada y de la historia filogenética (Willson & O'Dowd 1989).

Los resultados en el trabajo sirven de base para futuros análisis relacionados a características de dispersión de *C. lanceolata* y principalmente contribuyen al conocimiento de algunos factores que influyen en la remoción de frutos, aportando así al estudio de las causas que provocan el hábito alimentario y las consecuencias que de él se derivan, tanto para los organismos frugívoros como para las plantas que producen esos frutos (Restrepo 2002).

## Agradecimientos

Agradecemos a N. Wheelwright por las sugerencias hechas a una primera versión del manuscrito. A Emilia García por facilitarnos información inédita sobre la especie en estudio. Agradecemos a L. Aguirre por la revisión de la traducción del resumen. La idea original del trabajo pertenece a N. Wheelwright durante su estadía en la EBT en mayo de 2000. Las observaciones de S. Halloy permitieron estructurar mejor el presente artículo.

## Referencias

- Alves-Costa, C.P. & A.V.F. Lopes. 2001. Using artificial fruits to evaluate fruit selection by birds in the field. *Biotropica* 33: 713-717.
- Denslow, T.S. & T.C. Moermond. 1982. The effect of accessibility on rates of fruit removal from tropical shrubs: an experimental study. *Oecologia* (Berlín) 54: 170-176.
- Foster, M.S. & R.W. McDiarmid. 1983. Nutritional value of the aril of *Trichilia cuneata* a bird-dispersed fruit. *Biotropica* 15(1): 26-31.
- Galetti, M., C. P. Alves-Costa & E. Cazetta. 2003. Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and fruit colour on the consumption of ornithocoric fruits. *Biological Conservation* 111: 269-273.
- Gentry, A.H. 1993. A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa. The University of Chicago Press, Chicago y Londres. 920 p.
- Haber, W.A. 2000. Appendix 1. Vascular plants of Monteverde. pp. 457-518. En: Nadkarni, N. & N. Wheelwright (eds.). *Monteverde: Ecology and Conservation of a Tropical Cloud forest*. Oxford University Press, Nueva York.
- Herrera, C. 1981. Are tropical fruits more rewarding to dispersers than temperate ones? *The American Naturalist* 118(6): 896-900.
- Herrera, C. 1982. Defense of ripe fruit from pests: its significance in relation to plant disperser interactions. *The American Naturalist* 120: 218-241.
- Howe, H.F. & L. Westley. 1987. *Ecological relationships of plant and animals*. Oxford University Press. 273 p.
- Levey, D.J. 1987. Sugar-tasting ability and fruit selection in tropical fruit-eating birds. *The Auk* 104: 173-179.
- Martínez del Río, C. & C. Restrepo. 1993. Ecological and behavioral consequences of digestion in frugivorous animals. *Vegetatio* 107/108: 205-216.
- McKittrick, M.C. 1993. Phylogenetic constraint in evolutionary theory: has it any explanatory power? *Annual Review Ecology and Systematic* 24: 307-330.
- McPherson, J.M. 1987. A field study of winter fruit preferences of cedar waxwings. *Condor* 89: 293-306.
- Moermond, T.S. & J.S. Denslow. 1985. Neotropical avian frugivores. Patterns of behavior, morphology and nutrition with consequences for fruit selection. Pp. 865-897. P. A. Buchkely, M.S. Foster, E.S. Morton, R.S. Ridgely & F.G. Buckley (eds.). *Neotropical Ornithology*. Ornithology Monographs 36, Washington D.C.
- Moraes, M. 1994. *Ecología vegetal: Relación planta-animal*. Documentos, Ecología en Bolivia, Serie Botánica (2): 1-114.
- Moraes, M. 2001. La Estación Biológica de Tunquini: Un sitio favorable para entrenamiento e investigación biológica y ecológica de los bosques montanos de Bolivia. *Ecología en Bolivia* 36: 1-2.
- Murray, G., S. Dinsman & J. Bronstein. 2000. Plant-animal interactions. Pp. 255-302 en N. Nadkarni & N. Wheelwright (eds.). *Monteverde: Ecology and Conservation of a Tropical Cloud Forest*. Oxford University, Nueva York.

- Pavajeau, L. 1993. Características morfológicas y oferta de frutos para el consumo de las aves del bosque andino de Carpanta. Pp. 97-125. En G. Andrade (ed.). Carpanta: Selva Nublada y Páramo. Fundación Natura, Santafé de Bogotá, Colombia.
- Restrepo, C. 2002. Frugivoría. pp. 531-557. En: M. Guariguata & G. Kattan (eds.). Ecología y conservación de Bosques Neotropicales. LUR. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- Ribera, M.O. 1995. Aspectos ecológicos del uso de la tierra y conservación en el Parque Nacional y Area de Manejo Integrado Cotapata. Pp. 1-84 en Morales, C.B (ed.). Caminos de Cotapata. Instituto de Ecología, Fund - Eco, FONAMA – EIA, La Paz.
- Roosmalen, M.G. Van 1985. Fruits of the Guianan flora. Institute of Systematic Botany, Utrecht University, Utrecht. 283 p.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1998. Biometry, the principles and practice of statistics in biological research. Freeman and Company Press, Nueva York. 859 p.
- Wheelwright, N.T. & C.H. Janson. 1985. Colors of fruit displays of bird-dispersed plants in two tropical forests. The American Naturalist 126(6): 777-799.
- Willson, M.F. & M.N. Melampy. 1983. The effect of bicolored fruit displays on fruit removal by avian frugivores. Oikos 41: 27-31.
- Willson, M.F. & D.J. O'Dowd. 1989. Fruit color polymorphism in a bird-dispersed shrub (*Rhagodia parabolica*) in Australia. Evolution Ecology 3: 40-50.
- Willson, M.F. & C.J. Whelan. 1990. The evolution of fruit color in fleshy-fruited plants. The American Naturalist 136(6): 790-809.

Artículo recibido en: Octubre de 2003

Manejado por: Stephan Halloy

Aceptado en: Noviembre de 2004.