



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### What lies beneath?

*Linking litter and canopy food webs to protect ornamental crops*

Muñoz Cárdenas, K.A.

#### Publication date

2017

#### Document Version

Other version

#### License

Other

[Link to publication](#)

#### Citation for published version (APA):

Muñoz Cárdenas, K. A. (2017). *What lies beneath? Linking litter and canopy food webs to protect ornamental crops*.

#### General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

#### Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

## Author contributions and project funding

1 – Generalist red velvet mite predator (*Balaustium leanderi*) performs better on a mixed diet

K Muñoz-Cárdenas, LS Fuentes, RF Cantor, CD Rodríguez, A Janssen & MW Sabelis

KMC, LSF, RFC & CDR – planned the experiments; KMC & LSF – conducted experiments; KMC, AJ & MWS – analysed the data; KMC, AJ & MWS – wrote the manuscript

2 – Supplying high-quality alternative prey in the litter increases control of an above-ground plant pest by a generalist predator

K Muñoz-Cárdenas, F Ersin, J Pijnakker, Y van Houten, H Hoogerbrugge, A Leman, ML Pappas, MVA Duarte, GJ Messelink, MW Sabelis & A Janssen

KMC, MWS, YvH, HH & AJ – planned the experiments; KMC, FE, JP, AL MLP & MVAD – conducted experiments; KMC, GJM & AJ – analysed the data; KMC, MWS & AJ – wrote the manuscript

3 – Alternative food for litter-inhabiting predators decreases pest densities and above-ground plant damage

K Muñoz-Cárdenas, D Rueda-Ramirez, F Ersin, F Faraji & A Janssen

KMC & AJ – planned the experiments; KMC DRR, FE & FF – conducted experiments; KMC & AJ – analysed the data; KMC & AJ – wrote the manuscript

4 – Single and combined predator releases with alternative food increases thrips control in an ornamental crop

K Muñoz-Cárdenas, A Leman, MVA Duarte, GJ Messelink & A Janssen

KMC, AL, GJM & AJ – planned the experiments; KMC, AL & MVAD – conducted experiments; KMC, GJM & AJ – analysed the data; KMC, AL, GJM & AJ – wrote the manuscript

## Financial funding of the project

Karen Andrea Muñoz Cárdenas was supported by Colciencias (Colombia) (Programa ‘Francisco José de Caldas’ 2011). Koppert Biological Systems (Berkel en Rodenrijs, The Netherlands) administered materials and locations for experiments. Biobest (Westerlo, Belgium) provided materials for experiments.

## Summary

Arthropod food webs associated with plants are commonly composed of several species of herbivores, the detritivore community, and specialist and generalist predators and parasitoids that feed on the first two groups and on each other. In the past, specialist natural enemies were preferably used for biological control because they are adapted to their prey. However, they cannot persist in a crop when these prey are scarce or absent. Thus, specialist natural enemies can only be successfully released after the pest has invaded the crop, or must be released repeatedly, which can be costly. In contrast, populations of generalist predators can persist in crops by feeding on different species of pests, plant-provided food sources such as honey and pollen, and on organisms of the detritivore community. Thus, generalist natural enemies mediate a number of direct and indirect interactions within and between arthropod communities associated with plants. These interactions can have positive or negative effects on biological control. For example, a prey species is often attacked by several species of natural enemies, which thus compete for this prey. As a consequence, different species of natural enemies can have additive effects on prey populations: their combined effects on a prey population equal the sum of the effects of the different natural enemy species, thereby increasing biological control. Multiple natural enemies can also disrupt biological control, for example because of interactions such as intraguild predation among natural enemies, or because the response of the prey to one species of natural enemy decreases the risk of being attacked by the other species. Furthermore, the combined effect of several species of natural enemies can cause further decreases in prey densities than their additive effect, for example because they feed on different stages of the prey, or because the response of prey to one natural enemy species makes them more vulnerable to the other species. Thus, in biological control the effect of multiple natural enemies versus the effect of a single natural enemy varies and must be investigated before implementing biological control strategies in crops. Studies that show interactions among predators that have a positive effect on pest control involve systems in which predators attack the pest at different locations or on different plant parts, in different seasons, or at different life stages. An aspect that has not received enough attention and I investigated in this thesis is the effect of the addition of alternative food for different generalist predators (on the canopy and in the litter) on biological control.

The effects of adding alternative food such as pollen to increase biological control by a generalist predator has been widely investigated. There can be positive effects

of adding alternative food or prey on biological control because it results in an increase in predator densities in the long term, after one or a few predator generations. Alternative prey and food thus affect the density of a pest indirectly by changing the population densities of the generalist natural enemies. Adding alternative food or prey to a system of one predator and one pest species increases the density of the predator, and this numerical response leads to a decrease in pest densities. This is called 'apparent competition', because the effect of the alternative food on to the pest is reminiscent of competition for resources. These negative effects of alternative food or prey on the pest are a consequence of the numerical response of the predators, hence, become manifest after a few generations of the predator. In the short term, when the populations of predators have not reached dynamic equilibria, the natural enemy-mediated indirect interaction may cause the opposite effect: the addition of alternative prey or food can result in satiation of the predator population, which will decrease predation of the pest population. In this case, the pest benefits from the addition of alternative food (so-called 'apparent mutualism'). Such effects may also occur repeatedly in predator-prey systems that show long-term persistent fluctuations. Hence, positive or negative consequences can be expected when using generalist predators for biological control. Studying the effects of the interactions of generalist predators with other members of the food webs is therefore important to predict the effects of releasing these predators and supplying them with alternative food on pest control.

Generalist predators can also connect above-ground and below-ground food webs when they feed on prey and other food sources in both food webs. The effect of the connection of these food webs by generalist predators on pest control has not received much attention, especially in the case of ornamentals. Thus, the main research question of this thesis was how interactions between above-ground and litter food webs affect biological control. In CHAPTER 1, I investigated the effect of a mixed diet of above-ground plant pests (spider mites, thrips, whiteflies) on life history traits of a generalist below-ground predator, *Balaustium leanderi*, which also forages on the canopy of crop plants. I recorded its life history traits (reproductive performance, survivorship and development) when fed on mixed diets of three pest species that inhabit above-ground plant parts. I showed that *B. leanderi* benefits from a mixed diet of two of the species that inhabit above-ground plant parts. The predators reproduce more and faster when feeding on this mixed diet than on single diets. In CHAPTER 2, I investigated *Amblyseius swirskii*, another generalist predator that mainly inhabits the canopy. I show that it makes excursions to the litter layer to feed or disperse. From this chapter on, I focused on the control of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* because it is one of the most damaging pests in ornamentals. Like many other pests, this thrips spends its life cycle partly on above-

ground plant parts and partly in the litter or soil. In the specific case of thrips, they move to the soil or litter to pupate. I show that by adding astigmatic mites (Acari: Astigmata) as alternative prey for the predators to the litter, the densities of *A. swirskii* were boosted, resulting in decreases of thrips densities (apparent competition) and decreases in plant damage. In CHAPTER 3, I investigated the effect of predators that inhabit the litter of commercial rose production greenhouses on thrips control. I show that supplying astigmatic mites in the litter as alternative food for either a community of predators or for a single predator species, *Cosmoaelaps* n. sp., results in decreases in thrips densities (apparent competition) and plant damage.

In commercial crops, canopy-dwelling predators (such as *A. swirskii*) are commonly released to control pests, and these may interact with the litter-inhabiting predators that are already present (such as *Macrocheles robustulus*, *Stratiolaelaps scimitus* and *Cosmolaelaps* n. sp.), and this might affect biological control. For this reason, I investigated control of thrips by the combination of the canopy-dwelling predator *A. swirskii* and litter-inhabiting predatory mite species such as *M. robustulus* and *S. scimitus* in CHAPTER 4. Because pests such as thrips inhabit above-ground plant parts and the litter or soil, attempts have been made to increase thrips control by combining canopy-dwelling predators and soil-inhabiting predators. The novelty here is that I investigated whether biological control can be enhanced by supplying different alternative foods for canopy-dwelling and litter-inhabiting predators (pollen and astigmatic mites, respectively). Moreover I assessed whether the presence of thrips before predator releases would affect biological control and whether the frequency of addition of pollen for canopy-dwelling predators would affect thrips control. I conclude that adding pollen on the plants for canopy-dwelling predators resulted in the best thrips control (as in apparent competition), either with or without litter-dwelling predators, and these latter predators did not interfere with thrips control. In this experiment, litter was placed on the soil, under the tables on which the plants are grown, as is customary in commercial rose production. Because the litter predators were released in that litter, the distance from the canopy was rather large. Further studies could therefore include treatments in which litter-dwelling predators with alternative food are added at the base of the plant, just below the canopy. This would create a tighter link between the food webs above-ground and in the litter. The study of these litter-dwelling predators to control other pests deserves further study because they are well adapted to the crop and their populations can be boosted with alternative food (CHAPTER 3). The release of predators after thrips was introduced proved detrimental for biological control, with high plant damage in all the treatments. In contrast, plants were protected from thrips damage when the predators were released with pollen before introducing the thrips. Furthermore, I found no differences in thrips densities or thrips damage either by adding pollen weekly or when

interrupting the addition of pollen. However, there were significantly more predators on plants that received pollen weekly. Concluding, in CHAPTER 4 I show that in order to decrease flower damage by thrips in ornamentals such as roses, canopy-dwelling predators should be released before thrips invasions. Also, pollen should be added on a weekly basis. I suggest that more studies on the frequency and quantity of supplemented alternative food should be conducted. Moreover, the role of litter-dwelling predators in control of thrips and other pests in crops with higher damage thresholds as in ornamentals deserves further study.

Thus, in this thesis I present different aspects that can be used by biological control practitioners. I also demonstrate that greenhouse experiments can help to test ecological theories: I show that adding alternative food for generalist predators mainly results in apparent competition, apparent mutualism was found only in few occasions for short periods of time, when the pest was present before the predators were released. Based on this thesis I recommend two factors that deserve further theoretical exploration. The first is that the effect of mixed diets on apparent competition should be further investigated. The second is the effect of the frequency of supplying alternative food on the dynamics of the pest and natural enemy. I also show that the interactions between above-ground and below-ground food webs affect pest densities. In this regard, I recommend that theoretical approaches could be directed to study the impact of multiple generalist predators and food sources in above-ground and below-ground plant parts on pest control.

Summarizing, I conclude that litter and canopy food webs can be linked and this can result in increased biological control in an ornamental crop and that greenhouse experiments evaluating the population dynamics of multiple predators with multiple food sources are crucial for the development of new biological control strategies. At the same time, such experiments are excellent test cases for ecological theories.

## Samenvatting

Voedselwebben van geleedpotigen op planten bestaan meestal uit diverse soorten planteneters, detritivoren en specialistische en generalistische natuurlijke vijanden: predators en parasieten, die zich voeden met leden van de eerste twee groepen en met elkaar. Gewasbeschermers hadden in het verleden een voorkeur voor het gebruik van specialistische natuurlijke vijanden voor biologische plaagbestrijding omdat die zijn aangepast aan hun prooi, maar zulke specialisten kunnen zich niet handhaven in het gewas als de plaagdichtheid laag is. Ze kunnen daarom alleen maar worden losgelaten nadat de plaag het gewas al heeft geïnvadeerd, of ze moeten herhaaldelijk worden losgelaten, hetgeen kosten met zich meebrengt. Generalistische predators daarentegen kunnen zich in het gewas handhaven doordat zij zich kunnen voeden met diverse plaagsoorten, met plantaardig voedsel zoals honing en stuifmeel, en met detritivoren. Generalisten veroorzaken hierdoor allerlei directe en indirecte interacties binnen het voedselweb geassocieerd met planten.

Deze interacties kunnen zowel positieve als negatieve gevolgen hebben voor biologische plaagbestrijding. Bijvoorbeeld, een prooi-soort kan vaak door meerdere soorten predators worden aangevallen, waardoor die predators concurreren om deze prooi. Ten gevolge hiervan kunnen verschillende soorten natuurlijke vijanden een additief effect hebben op prooidichtheden: prooidichtheden in aanwezigheid van verschillende soorten predators zijn dan lager dan in de aanwezigheid van iedere vijand apart. Er kunnen echter ook andere interacties dan concurrentie om voedsel optreden tussen de verschillende predators. Zo kunnen ze bijvoorbeeld elkaar aanvallen. Ook kan het effect van een soort predator op het gedrag van de prooi (bijvoorbeeld vluchtgedrag) ertoe leiden dat andere soorten vijanden meer moeite hebben met het vangen van de prooi. Door deze indirecte interacties kan biologische bestrijding met meerdere soorten natuurlijke vijanden minder efficiënt zijn dan met iedere vijand apart. Als laatste kan het zo zijn, dat het gebruik van verschillende soorten vijanden een synergistisch effect heeft op plaagbestrijding, doordat de vijanden bijvoorbeeld verschillende ontwikkelingsstadia van de prooi aanvallen, of doordat ze gedragsveranderingen in de prooi veroorzaken waardoor het makkelijker voor andere vijanden wordt om de prooi te vangen.

Voor efficiënte biologische bestrijding is het nodig dat de effecten van verschillende natuurlijke vijanden, alleen of gezamenlijk, op plaagdichtheden worden onderzocht. Betere plaagbestrijding door het gebruik van meerdere natuurlijke vijanden wordt vooral gevonden in systemen waarin de diverse vijanden de plaag op verschil-

lende plekken aanvallen, bijvoorbeeld op verschillende delen van de plant, waar ze verschillende stadia van de plaag aanvallen, of in systemen waarin de vijanden in verschillende seizoenen actief zijn. Een aspect dat tot nu toe nog niet veel onderzocht is, en wat ik in dit proefschrift onderzoek, is het effect op biologische bestrijding van het toevoegen van alternatief voedsel voor verschillende soorten natuurlijke vijanden. Dit voedsel wordt zowel toegediend op de bovengrondse plantendelen als in de strooisellaag aan de voet van de planten.

De effecten van het toedienen van alternatief voedsel, zoals pollen, op biologische bestrijding zijn al vaak onderzocht. Er kan een positief effect van het toevoegen van pollen op biologische bestrijding zijn omdat het na een aantal generaties van natuurlijke vijanden leidt tot hogere dichtheden van de vijanden. Het alternatieve voedsel zorgt dan indirect voor lagere plaagdichtheden door hogere dichtheden van de vijanden via de numerieke respons. Dit fenomeen wordt wel ‘apparent competition’ genoemd, omdat de dynamiek van de plaag lijkt op die van een populatie die concurreert met een andere populatie, in dit geval lijkt het of de plaag concurreert met het alternatieve voedsel. Op kortere termijn echter kan de indirecte interactie tussen het alternatieve voedsel en de plaag leiden tot het tegenovergestelde effect: het toevoegen van alternatief voedsel leidt tot verzadiging van de aanwezige predators en dat leidt vervolgens tot lagere predatie van de plaagpopulatie. In dat geval profiteert de plaag dus van het toevoegen van het alternatieve voedsel (zogenaamd ‘apparent mutualism’). Zulke verzadigingseffecten kunnen ook herhaaldelijk optreden wanneer de dynamica van de natuurlijke vijand en de plaag persisterende oscillaties vertoont. Concluderend, het toevoegen van alternatief voedsel voor predators kan tot positieve, maar ook tot negatieve effecten op biologische bestrijding leiden. Het is daarom belangrijk voor efficiënte biologische bestrijding om de effecten van de interacties van generalistische predators met andere soorten in het voedselweb en met alternatief voedsel te bestuderen.

Generalistische predators kunnen ook een indirecte interactie tussen verschillende voedselwebben bewerkstelligen, bijvoorbeeld het voedselweb op de bovengrondse plantendelen en dat onder de grond. Hoe biologische bestrijding wordt beïnvloed doordat generalistische predators deze voedselwebben verbinden is nog niet uitgebreid bestudeerd, al helemaal niet in siergewassen. De voornaamste onderzoeksvraag van dit proefschrift is daarom hoe biologische bestrijding van een plantenplaag wordt beïnvloed door de interacties tussen het voedselweb op de bovengrondse plantendelen en het voedselweb in de strooisellaag aan de voet van de plant. In HOOFDSTUK 1 onderzoek ik het effect van een gemengd dieet van verschillende bovengrondse plantenplagen (spintmijten, wittevlies en trips) op de levensgeschiedenis van de generalistische predator *Balaustium leanderi*. Deze roofmijt leeft voornamelijk ondergronds, maar zoekt ook naar voedsel op bovengrondse planten-

delen. De levensgeschiedenissenmerken die ik bestudeerde waren reproductie, overleving en ontwikkeling. De predators blijken meer en sneller te reproduceren als ze zich voeden met een gemengd dieet dan op een dieet van ieder van de drie soorten afzonderlijk. In HOOFDSTUK 2 bestudeer ik *Amblyseius swirskii*, een andere generalistische roofmijt, die voornamelijk op bovengrondse plantendelen leeft. Ik laat zien dat deze predator excursies naar de strooisellaag maakt om daar te voeden of te dispergeren. Vanaf dit hoofdstuk concentreer ik me op de Californische trips *Frankliniella occidentalis* omdat het een van de belangrijkste plagen in de sierteelt is. Zoals vele andere plagen, brengt deze trips een deel van zijn levenscyclus in de strooisellaag door, in dit geval om te verpoppen. De trips valt echter vooral bovengrondse plantendelen aan. Ik laat zien dat het toevoegen van alternatief voedsel in de vorm van astigmaten mijten (Acari: Astigmata) aan de strooisellaag resulteerde in hoge dichtheden van *A. swirskii*, met als gevolg dat trips-dichtheden en de schade aan planten afnemen (‘apparent competition’). In HOOFDSTUK 3 onderzoek ik het effect van predators uit de strooisellaag van commerciële rozenkassen op de bestrijding van trips. Ik toon aan dat de roofmijt *Cosmolaelaps* n. sp., alleen of in combinatie met andere bodembewonende roofmijten, tripspopulaties beter bestrijdt en plantenschade meer beperkt als astigmaten mijten aan de strooisellaag werden toegevoegd als voedsel voor deze predators (‘apparent competition’).

Bladbewonende rovers zoals *A. swirskii* worden vaak losgelaten in commerciële gewassen om plagen te bestrijden, en deze rovers kunnen interacties aangaan met de predators die zich in de strooisellaag bevinden, zoals *Macrocheles robustulus*, *Stratiolaelaps scimitus* en *Cosmolaelaps* n. sp., en dit kan biologische bestrijding beïnvloeden. Omdat plaaginsecten zoals trips zowel bovengrondse plantendelen als de strooisellaag bewonen, zijn er verschillende pogingen geweest om trips te controleren met een combinatie van plantbewonende en bodembewonende natuurlijke vijanden. In HOOFDSTUK 4 onderzoek ik de bestrijding van trips met een combinatie van *A. swirskii* en bodembewonende roofmijten zoals *M. robustulus* en *S. scimitus*. Nieuw in deze experimenten is dat ik verscheidene typen alternatief voedsel toedien voor de twee typen rovers (pollen bovengronds en astigmaten mijten in de strooisellaag). Ik onderzoek bovendien het effect van het loslaten van de rovers voor dan wel na een tripsinfectie, en van de frequentie waarmee pollen wordt toegevoegd op tripsbestrijding. De voornaamste conclusie is dat het toevoegen van pollen voor de bladbewonende rovers resulteert in de beste tripsbestrijding (zoals bij ‘apparent competition’), onafhankelijk van de aanwezigheid van rovers in de strooisellaag. Bovendien blijken de rovers in de strooisellaag de bestrijding van trips niet te beïnvloeden. Zoals gebruikelijk in commerciële kweken, bevond de strooisellaag in dit experiment zich op de bodem, onder de tafels waarop de planten groeien. Hierdoor was de afstand van de planten tot die strooisellaag vrij groot. Toekomstige experi-

menten zouden daarom kunnen achterhalen wat het effect is van het toevoegen van strooisel met rovers aan de voet van de planten, hetgeen zou kunnen resulteren in een sterkere verbinding tussen de beide voedselwebben. Bestrijding van andere plagen door de predators die in de strooisellaag leven verdient meer studie omdat ze goed zijn aangepast aan het gewas en omdat hun dichtheden kunnen worden verhoogd door toediening van alternatief voedsel (HOOFDSTUK 3). Het loslaten van de predators nadat tripsaantasting was opgetreden resulteerde in onvoldoende bestrijding, met veel schade aan de planten. Wanneer predators werden losgelaten en bijgevoerd met pollen voor de tripsaantasting, waren planten wél beschermd. Ik vond geen verschil in tripsdichtheden en schade wanneer pollen wekelijks werd toegevoegd en wanneer die toediening werd onderbroken. Er waren echter wel significant meer rovers aanwezig op de planten die continu pollen ontvingen. Concluderend, laat ik in HOOFDSTUK 4 zien dat bladbewonende rovers moeten worden losgelaten voordat trips invadeert om schade aan bloemen van siergewassen zoals roos te verminderen. Bovendien zou pollen wekelijks moeten worden toegevoegd. Ik geef aan dat meer studie nodig is naar de frequentie van toediening en de kwaliteit van alternatief voedsel. Ook de rol van predators in de strooisellaag bij de bestrijding van trips en andere plagen verdient meer onderzoek.

In dit proefschrift presenteer ik diverse methoden die kunnen worden gebruikt bij biologische bestrijding. Ik laat ook zien dat kasexperimenten kunnen helpen bij het testen van ecologische theorie: ik toon aan dat het toevoegen van alternatief voedsel voor generalistische predators voornamelijk resulteert in ‘apparent competition’; ‘apparent mutualism’ werd af en toe waargenomen, en gedurende korte perioden, vooral wanneer de plaag aanwezig was voordat de predators werden losgelaten. Op basis van dit proefschrift, suggereer ik twee factoren die meer theoretische aandacht verdienen: (1) het effect van gemengde diëten op ‘apparent competition’ en (2) het effect van de frequentie van toediening van alternatief voedsel op de dynamica van predators en prooien. Ik laat ook zien dat de interacties tussen bovengrondse en ondergrondse voedselwebben effect hebben op plaagdichtheden. Met betrekking tot dit laatste onderwerp, beveel ik theoretische studies aan over het effect van meerdere soorten van generalistische predators en het toedienen van voedsel bovengronds en ondergronds op plaagbestrijding.

Samenvattend, concludeer ik dat voedselwebben in de strooisellaag en op de bovengrondse plantendelen kunnen worden verbonden en dat dit kan resulteren in betere biologische bestrijding in een siergewas. Kasexperimenten naar de dynamica van meerdere predatorsoorten met meerdere voedselbronnen zijn cruciaal voor het ontwikkelen van nieuwe bestrijdingsmethoden. Zulke experimenten vormen tegelijkertijd goede tests voor ecologische theorie.

## Curriculum vitae

Karen was born in Bogotá, Colombia, surrounded by her beloved – and luckily a bit crazy and adventurous – relatives. She went to a catholic primary school in Soacha, a town near Bogotá. Karen and her family moved to Bogotá when she was 12 years old. There she attended a public technical high school. After graduating from high school, Karen travelled to the USA to work and to learn English. In 2002, Karen returned to Colombia to study a bachelor’s degree in Applied Biology at the Nueva Granada Military University (UMNG). Karen was, is and will be a pacifist, so going to a military university may sound paradoxical. However, the UMNG was affordable, and their biology program focused on the important role biodiversity plays in agriculture.

Karen became especially interested in the subject of biological control: visiting and conducting experiments in ornamental and aromatic crops, Karen observed that in crops with low pesticide use, there was a higher diversity of beneficial insects and mites, and a better quality of life for the growers. This had a strong impact on Karen’s life. That’s why she decided to pursue a master’s degree focused on plant protection and biological control at the UMNG. During her postgraduate studies, Karen continued working as a research assistant for the Colombian Association of Flower Growers (ASOCOLFLORES). Her master’s thesis dealt with the integrated pest management in rose crops.

In 2008, Karen attended a workshop on agricultural acarology at Ohio State University. There she met Prof. Maurice Sabelis. He accepted Karen in his team. In 2010, she earned a scholarship from the Colombian Department of Science and Technology (COLCIENCIAS) to pursue a PhD program. In the year 2011, Karen did an internship in a biological control company, met her soul mate, and began her PhD research.

Karen now works as an Environmental Risk Evaluator at the Dutch Board for the Authorization of Plant Protection Products and Biocides (CTGB). In her new role, Karen wishes to continue highlighting the importance of biodiversity for sustainable agriculture.

## Publications

- Muñoz K**, Fuentes L, Cantor F, Rodríguez D, Cure J (2009) Preferencia alimenticia del ácaro depredador *Balaustium* sp. en condiciones controladas. *Agronomía Colombiana* 27: 95-103
- Buitrago I, **Muñoz K**, Bustos A, Cantor F (2010) Evaluación de plantas hospederas para la producción del trips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: thripidae) como suministro de presas para sus controladores. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada* 6:12-23
- Muñoz-Cárdenas K**, Fuentes L, Cantor F, Rodríguez D, Janssen A, Sabelis MW (2014) Generalist red velvet mite predator (*Balaustium* sp.) performs better on a mixed diet. *Experimental and Applied Acarology* 62:19-32