

# Incidencia de factores ambientales sobre la prevalencia de *Varroa* spp. y *Nosema* spp. en zonas fitogeográficas de la provincia de Jujuy, Argentina

*Incidence of environmental factors on the prevalence of Varroa spp. and Nosema spp. in phytogeographic areas of the province of Jujuy, Argentina*

Tejerina Marcos Raúl<sup>1, 2</sup>, Cabana María José<sup>1</sup>, Benítez-Ahrendts Marcelo Rafael<sup>1, 2</sup>

## RESUMEN

La apicultura en la Argentina ha crecido en los últimos tiempos y en el norte del país ha tomado gran importancia, ya que se convirtió en una actividad esencial para la mayoría de los productores apícolas que comercializan miel, polen, propóleos y otros productos de la colmena. En la provincia de Jujuy existen dos importantes polos productivos ubicados en las regiones de Yungas y Valles, con grandes diferencias climáticas, además de una enorme diversidad vegetal, lo cual hace que las mieles acrecienten su valor agregado, ya que poseen características organolépticas de interés comercial. Actualmente los productores registran un promedio de 25 colmenas en cada apiario, pero se pierden todos los años cerca del 20%. Este trabajo aborda la influencia de factores ambientales, el manejo sanitario de las colmenas contra *Varroa* spp. y *Nosema* spp., al igual que el rendimiento de la miel en cuatro años de estudio. Esto permitió conocer el estado sanitario en cada apiario, así como la influencia ambiental en la prevalencia de patógenos y parásitos de las colonias y el efecto en la producción melaria.

**Palabras clave:** patógenos y parásitos, ecorregiones, *Apis mellifera*, producción de miel.

## ABSTRACT

*Beekeeping in Argentina has grown in recent times and in the north of the country it has taken on great importance, since it became a main activity for most of the beekeepers who commercialize honey, pollen, propolis and other products of the hive. In the province of Jujuy there are two large productive poles located in the Yungas and Valles regions, with great climatic differences, in addition to a great plant diversity, which makes the honeys increase their added value, since they have organoleptic characteristics of commercial interest. Producers currently register an average of 25 hives in each apiary, but about 20% of them are lost every year. This work addresses the influence of environmental factors, the sanitary management of hives against Varroa spp. and Nosema spp. as well as the yield in honey in four years of study. This made it possible to know the health status of each apiary, as well as the environmental influence on the prevalence of pathogens and parasites in the colonies and the effect on honey production.*

**Keywords:** pathogens and parasites, ecoregions, *Apis mellifera*, honey production.

## Introducción

La apicultura ha experimentado en los últimos años un fuerte giro y expansión en Argentina, que es considerada como uno de los mayores productores y exportadores de miel del mundo. Si bien la actividad apícola se concentra en el centro

y sur del país, existen otros polos productivos en el norte. En la provincia de Jujuy son pocos los registros sanitarios de las colonias de abejas *Apis mellifera* y su incidencia en la producción de miel.

Entre los factores que afectan el rendimiento, la polinización y la sanidad de la colmena, se encuentran los agentes patógenos *Varroa* spp. y

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy, Jujuy, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA)-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). San Salvador de Jujuy, Argentina.

\* Correspondiente autor: tejerina.marcos@yahoo.com

*Nosema* spp., principalmente, que causan grandes pérdidas económicas a los apicultores (Molineri *et al.*, 2018; Pacini *et al.*, 2016a y 2016b).

Las esporas de *Nosema* spp. se diseminan a través del ciclo fecal de las abejas, por transporte de polen contaminante, miel, materiales de la colmena y las áreas circundantes. También influyen en la dispersión de las esporas ciertas aves insectívoras (Higes *et al.*, 2008b).

*N. apis* y *N. ceranae* se encuentran bajo diferentes condiciones ambientales en Latinoamérica. *N. ceranae* está ampliamente distribuida en Argentina y en los países limítrofes como Uruguay, Chile y Brasil, mientras que *N. ceranae* prevalece en condiciones templadas desplazando a *N. apis* (Vandame y Palacio, 2010). Por otra parte Pacini *et al.*, (2016a) señalaron que la alta prevalencia y la coinfección por *N. ceranae* y *N. apis* en las ecorregiones templadas estarían correlacionadas con el origen genético de las abejas.

*N. ceranae* es más patogénica que *N. apis* en la abeja *Apis mellifera*, ya que muestra una capacidad de autoinfección más rápida y sus esporas son altamente resistentes, y además causa una mayor tasa de mortalidad de abejas pecoreadoras. En cambio, los efectos de *N. apis* se manifiestan en la reducción significativa de la producción de miel, la eficacia de la polinización y la supervivencia de las colonias durante el invierno, sin afectar a las colmenas en primavera (Higes *et al.*, 2008a).

Además de la nosemosis, el ectoparásito *Varroa* spp. afecta a las colonias por efecto de prácticas apícolas inadecuadas o factores ambientales, que son responsables de la presencia y diseminación del patógeno en apiarios productivos (Giacobino *et al.*, 2016). Los estudios previos muestran que las prácticas de manejo, principalmente el reemplazo de reinas y la suplementación nutricional, permiten mantener infestaciones de *Varroa* spp. en niveles bajos (Giacobino *et al.*, 2014).

En Argentina las zonas de cultivo agrícolas se están expandiendo y desplazando a los bosques nativos, lo que resulta en una disminución de la diversidad floral. Esto conduce al aumento de la infestación por el ectoparásito *Varroa* spp. debido a la reducción de las fuentes de alimentos, ya que el polen monofloral redundante en una deficiente nutrición de la colonia que desencadena una reducida e ineficiente respuesta inmunitaria en las abejas (Vandame y Palacio, 2010).

Little *et al.* (2016) encontraron una relación entre la infestación por *Nosema* spp. y *Varroa* spp. con el nivel de susceptibilidad a contraer uno u otro parásito. Por ello, una infestación por *Varroa* spp. provoca una alta intensidad de nosemosis. Además, las variaciones de las condiciones de temperatura en las diferentes regiones favorecen la dinámica poblacional del ectoparásito.

El objetivo de este trabajo fue conocer el efecto de las condiciones ambientales sobre la prevalencia e infestación de *Varroa* spp. y *Nosema* spp. y determinar el rendimiento de miel de colmenas productivas de diferentes ecorregiones de la provincia de Jujuy, Argentina.

## Materiales y métodos

### Abejas y apiarios

Para el registro sanitario se muestrearon abejas pertenecientes a la especie *Apis mellifera*, crecidas en colmenas tipo Langstroth ubicadas entre 1.100-1.800 msnm). Se incluyeron cinco apiarios situados en regiones de los Valles y las Yungas (Tabla 1), los cuales forman parte de la Cooperativa de Productores Apícolas de Jujuy Ltda. Todos los apiarios monitoreados tienen un promedio de 25 colmenas y en cada uno se muestrearon cinco colmenas. Las muestras fueron tomadas antes del invierno (mayo a julio) y después del invierno (septiembre a octubre) durante cuatro años y en cada región de Valles y Yungas.

Tabla 1. Referencias geográficas de la ubicación de cada apiario monitoreado.

Departamento	Localización	Apiario	Coordenadas	Región
San Antonio	Los Alisos	Los Manzanos	24°16'22"S y 65°16'22"O	Valles
M. Belgrano	Tilquiza	Barro Blanco	24° 5'15,3"S y 65°17'3,2"O	Yungas
El Carmen	El Carmen	Rivera	24°23'48,98"S y 65°15'49,75"O	Valles
El Carmen	Severino	Severino	24°19'58,60"S y 65°14'2,6"O	Valles
M. Belgrano	Yala	Condorí	24°7'4,03"S y 65°24'25,7"O	Yungas

**Condiciones ambientales de cada región**

Los registros de cada uno de los factores ambientales como temperatura, humedad y precipitaciones fueron aportados por la Estación Agrometeorológica Santo Domingo (975 msnm, 24°26’S, 15°07’ O) y la Estación Meteorológica Climática Augusto M. Romain (1300 msnm, 24°11’S, 65°18’ W) (Tabla 2).

**Incidencia de *Nosema* spp.**

La presencia de *Nosema* spp. se determinó de acuerdo a la técnica de Cantwell (1970), con modificaciones. Para el análisis se utilizaron las abejas capturadas, aproximadamente 200 abejas nodrizas (cuadros de crías abiertas), en un recipiente con 200 mL de agua y alcohol (1:1). Para facilitar el ingreso de las abejas se agitó el recipiente desde arriba hacia abajo rozando el enjambre en el cuadro de cría. El recuento de esporas se hizo con una cámara de Neubauer, en un microscopio Nikon H600L a 40x y se expresó como el número de esporas por abeja adulta.

**Incidencia de *Varroa* spp.**

Para la detección de varroas foréticas se utilizaron las abejas capturadas como se indicó en el apartado anterior para la determinación de la incidencia de *Nosema* spp. Se realizó el recuento de abejas y varroas en el laboratorio. Se calculó el porcentaje de infestación de cada colmena utilizando la técnica de De Jong *et al.* (1982). Este tipo de diagnóstico solo tiene en cuenta el parásito en la fase forética, pues no se estima el nivel de infestación de las larvas de abejas.

**Rendimiento de miel**

La miel cosechada en cada año de estudio fue pesada de cada una de las colmenas monitoreadas

y se registró el peso de las alzas productivas. El rendimiento de miel se utilizó como parámetro clave para describir el estado general de las colonias durante los monitoreos. Solo se consideró la miel cosechada en diciembre y enero de cada año analizado.

**Análisis estadístico de los datos**

El análisis de los datos de varroasis y nosemosis, así como el peso de la miel, se expresó como media ± desviación estándar de los grupos muestreados durante los cuatro años. Para el análisis estadístico de los resultados se realizó una prueba no paramétrica (prueba de Kruskal-Wallis) de monitoreo antes y después del invierno en cada apiario, expresando los niveles de infestación por nosemosis (esporas/abeja) y varroasis (porcentaje), y los pesos en kilogramos. Se consideraron diferencias significativas cuando  $p < 0.05$ . Se utilizó un paquete estadístico de InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

**Resultados**

Los monitoreos antes y después del invierno permitieron evaluar la prevalencia y el manejo de las colmenas que cada apicultor realiza en las diferentes ecorregiones del norte argentino, además de los niveles de infestación en los años 2014, 2015, 2016 y 2017, antes y después del invierno.

**Apiario Tilquiza (Yungas)**

La incidencia de *Nosema* spp. en todos los años de estudio no presentó diferencia significativa entre los niveles registrados antes del invierno o después del invierno (2014,  $p = 0,39$ ; 2015,  $p = 0,46$ ; 2016,  $p = 0,57$ ; 2017,  $p = 0,99$ ), lo cual indica que el parásito se comporta de la misma manera antes y después del invierno (Tabla 3 y Figura 1A).

En cuanto a la prevalencia de *Varroa* spp, se observó que en los periodos previo y posterior al

Tabla 2. Factores climáticos registrados en los años de estudio en las zonas de Valles y Yungas.

Región*	Temperatura Anual (°C)				Precipitaciones Anual (mm)				Humedad Anual (%)			
	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017	2014	2015	2016	2017
Yungas	17,3	17,3	17,6	17,8	887	987	1231	769	73	77	70	72
Valles	19,4	19,2	18,3	8,4	594	646	653	652	73	77	74	72

\*Estación Agrometeorológica Santo Domingo y Estación Meteorológica Climática Augusto M. Romain.

Tabla 3. Incidencia de *Nosema* spp. en cuatro años de muestreo en las regiones de Valles y Yungas durante los periodos pre y postinvernal.

Apiario	<i>Nosema</i> spp. (esporas/abeja)			
	2014	2015	2016	2017
Tilquiiza	34.000 ± 5.477	34.000 ± 16.733	34.000 ± 26.077	48.000 ± 16.431
	28.000 ± 8.366	26.000 ± 15.166	44000 ± 13416	46.000 ± 13.416
Yala	28.000 ± 8.367	36.000 ± 11.402	40.000 ± 15.811	46.000 ± 27.018
	20.000 ± 7.071	142.000 ± 123.572	42.000 ± 13.038	48.000 ± 14.832
Los Alisos	20.000 ± 7.071	26.000 ± 20.736	28.000 ± 57.706	32.000 ± 19.235
	28.000 ± 10.954	96.000 ± 61.074	52.000 ± 31.145	62.000 ± 50.695
Severino	20.000 ± 7.071	100.000 ± 72.111	110.000 ± 62449	138.000 ± 108.489
	46.000 ± 15.166	64.000 ± 38.471	142.000 ± 104.976	116.000 ± 57.706
El Carmen	18.000 ± 8.366	46.000 ± 5.477	106.000 ± 112.605	92.000 ± 78.230
	30.000 ± 7.071	910.000 ± 563.649	116.000 ± 78.930	118.000 ± 69.426

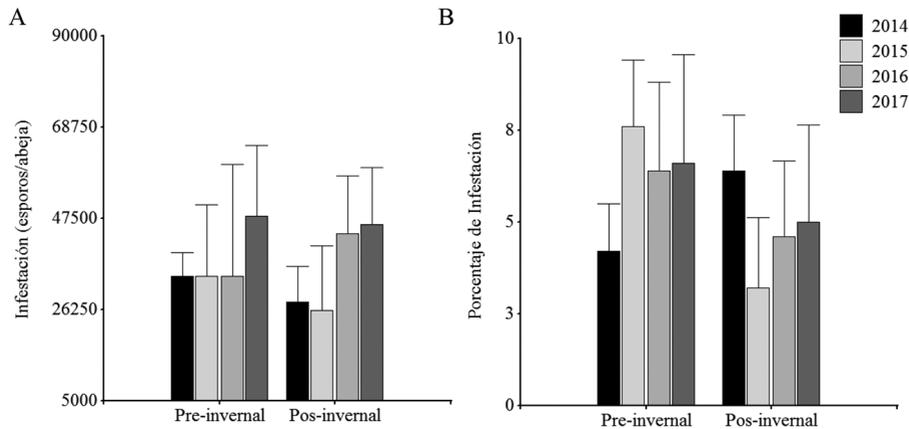


Figura 1. Índice de infestación por *Nosema* spp. (esporas/abeja) (A) y *Varroa* spp. (porcentaje) (B) en cuatro años de estudio en la región fitogeográfica de Yungas (Tilquiiza).

invierno del 2015 mostraba diferencias significativas ( $p = 0,01$ ), puesto que este productor curó sus colmenas contra el ectoparásito con el acaricida flumetrina, porque antes del invierno tenían porcentajes superiores al 8%, lo que dificultaba lograr buenos rendimientos de miel en la época de cosecha. Con respecto a los periodos 2014 ( $p = 0,055$ ), 2016 ( $p = 0,26$ ) y 2017 ( $p = 0,32$ ), no se registraron diferencias significativas en los muestreos antes y después del invierno, con porcentajes medios menores del 6% (Ver Tabla 4 y Figura 1A).

#### Apiario Yala (Yungas)

Al igual que las colmenas ubicadas en la localidad de Tilquiiza, la incidencia de nosemosis

en el apiario de Yala no presentó diferencias significativas entre los periodos pre y postinvernal en todos los años muestreados (2014,  $p = 0,28$ ; 2015,  $p = 0,07$ ; 2016,  $p = 0,99$ ; 2017,  $p = 0,65$ ) (Ver Tabla 3 y Figura 2B).

Con respecto a los porcentajes de *Varroa* spp., solo en el año 2014 se registraron diferencias significativas entre los periodos pre y postinvernal ( $p = 0,007$ ), pues este productor curó sus colmenas con flumetrina, dado que antes del invierno presentaban porcentajes altos de infestación, llegando al 12%. Por otra parte, los siguientes años no mostraron diferencias entre los periodos pre y postinvernal (2015,  $p = 0,99$ ; 2016,  $p = 0,17$ ; 2017,  $p = 0,46$ ), registrando porcentajes menores del 5% de infestación en la colonia (Ver Tabla 4 y Figura 2B).

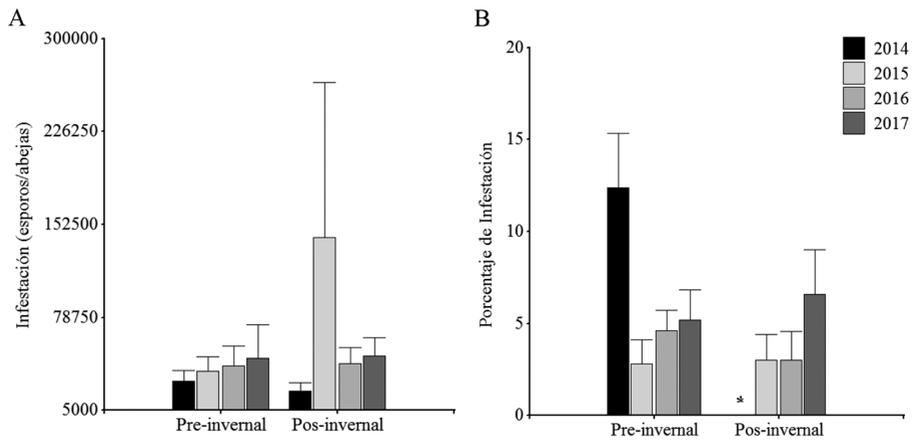


Figura 2. Índice de incidencia de *Nosema* spp. (esporos/abeja) (A) y *Varroa* spp. (porcentaje) (B) en cuatro años de estudio en la región fitogeográfica de Yungas (Yala). \*Periodo 2014 donde la incidencia de *Varroa* spp. no fue detectada.

### Apiario Los Alisos (Valles)

En este apiario la incidencia de *Nosema* spp. fue mayor después del invierno del año 2015, con un valor de  $p = 0,02$ , mientras que en los años restantes de muestreo no se registraron diferencias significativas entre los periodos pre y postinvernal (2014,  $p = 0,32$ ; 2016,  $p = 0,22$ ; 2017,  $p = 0,30$ ) (Ver Tabla 3 y Figura 3A).

En cuanto a *Varroa* spp., la infestación fue diferente en los años 2014 y 2015 en ambos periodos de muestreo. Se reportó una disminución significativa en el periodo postinvernal ( $p = 0,01$  en el año 2014 y  $p = 0,03$  en el 2015). En este apiario las colmenas fueron curadas durante los dos años con ácido oxálico antes del invierno. Por

otro lado, en los siguientes años no se presentaron diferencias significativas ( $p = 0,06$  para el año 2016 y  $p = 0,29$  en el año 2017) (Ver Tabla 4, Figura 3B), con valores medios menores del 7%.

### Apiario Severino (Valles)

En este apiario, al igual que en el anterior, se registraron niveles más altos de nosemosis después del invierno del 2014 ( $142.000 \pm 104.976$ ;  $p = 0,01$ ). En los años siguientes no hubo diferencias en los niveles encontrados (2015,  $p = 0,50$ ; 2016,  $p = 0,69$ ; 2017,  $p = 0,89$ ) (Ver Tabla 3 y Figura 4A).

Con respecto a la infestación por *Varroa* spp., se reportaron niveles más bajos en el periodo postinvernal que en el preinvernal del año 2015

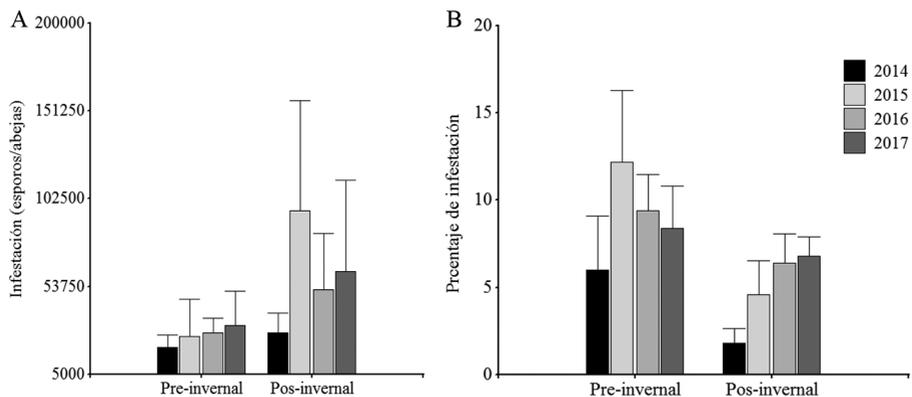


Figura 3. Índice de infestación por *Nosema* spp. (esporos/abeja) (A) y *Varroa* spp. (porcentaje) (B) en cuatro años de estudio en la región fitogeográfica de Valles (Los Alisos).

Tabla 4. Incidencia de *Varroa* spp. forética en cuatro años de muestreo en regiones de Valles y Yungas en los periodos pre y postinvernal.

Apiario	<i>Varroa</i> spp. (porcentajes)			
	2014	2015	2016	2017
Tilquiiza	4 ± 1 6 ± 1	8 ± 2 3 ± 2	6 ± 3 5 ± 2	7 ± 3 5 ± 3
Yala	12 ± 3 0	3 ± 1 3 ± 1	5 ± 1 3 ± 1	5 ± 2 7 ± 2
Los Alisos	6 ± 3 2 ± 1	12 ± 4 5 ± 2	9 ± 2 6 ± 2	8 ± 2 7 ± 1
El Carmen (Severino)	6 ± 2 5 ± 2	9 ± 4 3 ± 1	5 ± 2 6 ± 3	4 ± 2 6 ± 2
El Carmen (Rivera)	12 ± 1 7 ± 2	5 ± 2 3 ± 1	5 ± 2 7 ± 1	6 ± 2 8 ± 2

( $p = 0,03$ ), pues también se curaron las colmenas con ácido oxálico, lo cual disminuyó los niveles de varroasis. En los otros periodos no hubo diferencias significativas (2014,  $p = 0,99$ ; 2016,  $p = 0,27$ ; 2017,  $p = 0,20$ ), siendo el porcentaje de *Varroa* spp. menor del 7% (Ver Tabla 4 y Figura 4B).

#### Apiario El Carmen (Valles)

La incidencia de *Nosema* spp. en este apiario, al igual que en los otros apiarios de Valles, presentó niveles de infestación más altos después del invierno solo en el año 2015 ( $p = 0,007$ ), mientras que los restantes años no hubo diferencias entre esos periodos (2014,  $p = 0,10$ ; 2016,  $p = 0,71$ ; 2017,

$p = 0,34$ ), con valores promedios menores del 7%. (Ver Tabla 3 y Figura 4A).

En cuanto a los porcentajes de infestación por *Varroa* spp. correspondientes a los periodos pre y postinvernal en el año 2014 mostraron diferencias significativas ( $p = 0,007$ ), disminuyendo los niveles después del invierno, ya que se aplicó ácido oxálico para reducir la infestación. En los años restantes no se curaron las colmenas y no hubo diferencias significativas (2015,  $p = 0,11$ ; 2016,  $p = 0,26$ ; 2017,  $p = 0,31$ ) (Ver Tabla 4 y Figura 5B).

#### Prevalencia de *Nosema* y *Varroa* en ecorregiones en Valles y Yungas

En los apiarios localizados en la región de Yungas la incidencia de *Nosema* spp. en todos los años y en cada época estudiada, no mostró diferencias significativas ( $p = 0,91$ , para el periodo preinvernal y  $p = 0,29$ , en el postinvernal), con una media de  $43.500 \pm 40.941$  esporos/abeja.

En la zona de Valles se observó más infestación alcanzando valores promedio de  $104.633 \pm 187.410$  esporos/abeja. Los niveles de infestación fueron mayores en el periodo postinvernal ( $148.333$  esporos/abeja) que en el preinvernal ( $61.333$  esporos/abeja), arrojando diferencias significativas y en ambos periodos ( $p = 0,0006$ ).

En la región de Yungas se registraron promedios de  $5 \pm 3\%$  de varroa forética y el periodo que evidenció diferencias significativas fue el postinvernal ( $p = 0,03$ ), ya que se curaron con flumetrina en algunos años. En la zona de Valles la infestación fue de  $6 \pm 3\%$ , sin presentar diferencias

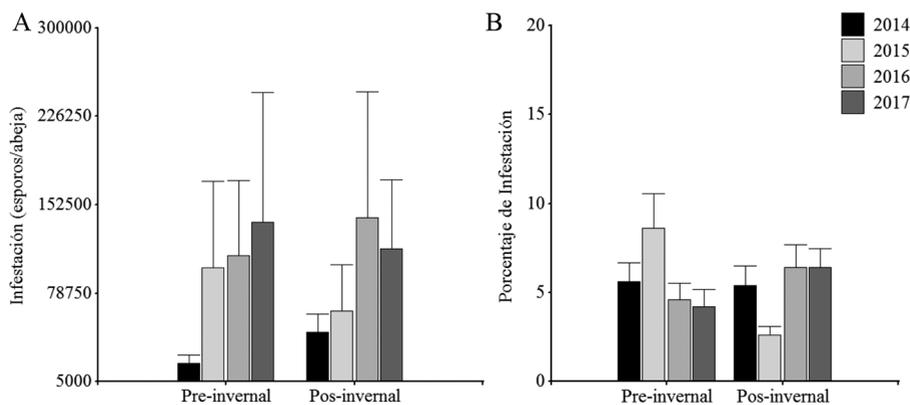


Figura 4. Índice de infestación por *Nosema* spp. (esporos/abeja) (A) y *Varroa* spp. (porcentaje) (B) en cuatro años de estudio en la región fitogeográfica de Valles (Severino).

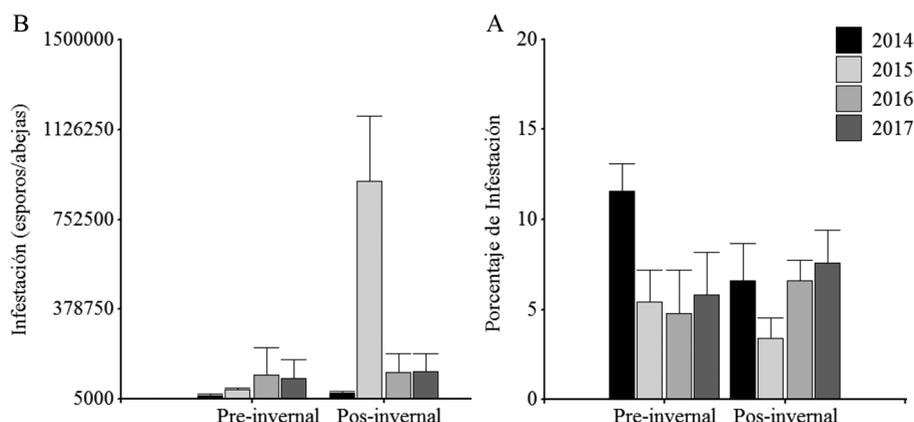


Figura 5. Índice de infestación de *Nosema* spp. (esporos/abeja) (A) y *Varroa* spp. (porcentaje) (B) en cuatro años de estudio en la región fitogeográfica de Valles (El Carmen).

significativas, por lo cual el ácido oxálico no arrojó diferencias importantes en esta región.

### Rendimiento de miel

En el año 2014 el rendimiento de miel fue menor en la zona de Yala ( $p = 0,02$ , en el 2014) y la mayor producción en ese mismo año se registró en el apiario ubicado en la zona de Tilquiza. En los años restantes no se observaron diferencias significativas en la producción de miel, pese a que la prevalencia de la enfermedad fue reportada en todos los apiarios (2015,  $p = 0,34$ ; 2016,  $p = 0,058$ ; 2017,  $p = 0,056$ ) (Ver Tabla 5, Figura 6).

### Discusión

Este trabajo abordó problemas sanitarios de las colonias de abejas *Apis mellifera* en distintas localidades de las regiones de Yungas y Valles de la provincia de Jujuy, Argentina, con foco en la incidencia de *Nosema* spp., *Varroa* spp. y su efecto

en la producción regional de miel. Se obtuvieron resultados importantes para conocer las prácticas de manejo en los cuatro años de estudio y la posible influencia de condiciones ambientales como temperatura, humedad y precipitaciones anuales, en la prevalencia de parásitos y patógenos.

Las colmenas ubicadas en la región de Yungas no mostraron diferencias en cuanto a la incidencia de *Nosema* en los periodos pre y postinvernal en todos los años de muestreo. Esto se debe al clima subtropical con estación seca, ya que la región presenta temperaturas cálidas durante todo el año ( $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) con pocos días de frío en el invierno (Buitrago, 1999), lo cual disminuye la probabilidad de infestación llegando a  $43.500 \pm 40.941$  esporos/abeja. Pacini *et al.* (2016a) registraron mayores niveles de infestación en el centro y sur de la provincia de Santa Fe ( $992.000$  y  $1.570.000$  *Nosema*/abeja), donde se presentan condiciones similares de temperatura y precipitaciones a las de las Yungas jujeñas. Esto se explica por la presencia de *N. apis* y *N. ceranae*, que generan una coinfección en las colonias de la provincia de Santa Fe.

Tabla 5. Producción promedio de miel en regiones de Valles y Yungas en los periodos pre y postinvernal.

Apiario	Promedio de miel (kg)			
	2014	2015	2016	2017
Tilquiza	18,29 ± 5,07	18,20 ± 4,71	18,90 ± 1,92	19,04 ± 2,46
Yala	8,36 ± 1,13	12,68 ± 4,01	10,64 ± 1,07	12,18 ± 1,02
Los Alisos	16,14 ± 4,31	14,24 ± 4,88	15,36 ± 6,34	15,78 ± 4,67
El Carmen (Severino)	14,21 ± 6,44	18,16 ± 7,39	19,44 ± 3,99	18,02 ± 4,05
El Carmen (Rivera)	13 ± 3,48	13,54 ± 1,89	15,92 ± 3,99	16,96 ± 3,89

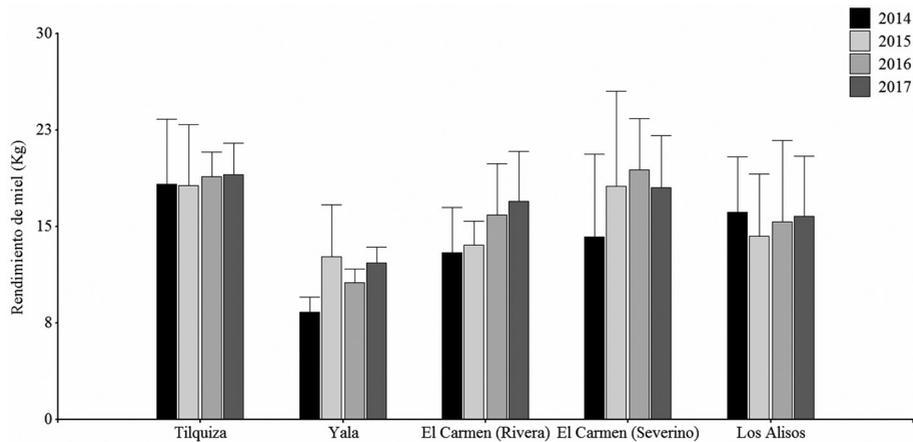


Figura 6. Rendimiento de miel en cuatro años de estudio

Chen *et al.* (2012) indicaron que los picos de infestación de *Nosema ceranae* en climas subtropicales son en invierno, mientras que *Nosema apis* registra picos de incidencia en primavera (co-infestación). Si bien en este estudio no se reportaron las especies de *Nosema* existentes en la región de Yungas, los datos muestran que no hay diferencias antes y después del invierno, por lo cual ambas especies de *Nosema* spp. podrían estar presentes en las colonias jujeñas. Retschnig *et al.* (2017) señalaron que existe una sensibilidad diferencial a la temperatura en ambas especies de *Nosema* spp.

En la región de Valles la intensidad de infestación del patógeno *Nosema* spp. fue mayor que la observada en la de Yungas, lo cual podría deberse al clima subtropical existente en los Valles jujeños, ya que presenta una amplia amplitud térmica durante el año (11 °C a 23 °C; Buitrago, 1999), con más temperaturas frías en los meses de otoño e invierno. Esto favorecería el desarrollo de nosemosis porque las bajas temperaturas impiden que las abejas vuelen, y permanecen mayor tiempo en la colmena, lo que intensifica la infestación ya que defecan adentro generando una acumulación de esporas en la colonia (Retschnig *et al.*, 2017). También se registraron niveles altos en los meses después del invierno, lo que se correlaciona con lo planteado por Chen *et al.* (2012), quienes encontraron que los picos de infección de *N. apis* ocurren posterior al invierno.

Por otra parte, la infestación por *Varroa* spp. en cada región estudiada demuestra que su incidencia podría deberse al manejo sanitario de las colmenas, ya que se observó que los apicultores no hacen cambio de reinas y/o se realizaron una o dos aplicaciones

de acaricida en algunos años del monitoreo. Sin embargo, los niveles mostrados no superan el 7% de infestación, por lo cual este porcentaje solo se debe a los errores de manejo y no a las condiciones climáticas (Giacobino *et al.*, 2014; 2018), ya que solo en algunos años se curaron las colmenas antes del invierno. Esto permitió reducir su incidencia antes de la cosecha en primavera disminuyendo la probabilidad de muerte de la colonia, lo cual demostraría que en las ecorregiones jujeñas la prevalencia del ectoparásito es la misma antes y después del invierno, y que se mantiene en un valor promedio del 7%. Contrario a lo que pasa en las ecorregiones de Jujuy, DeGrandi Hoffman y Chen (2015) sostienen que la población de *Varroa* aumenta en primavera y verano cuando crece la colonia, pero su disminución provoca que se incrementen aún más los índices de infestación, lo cual ocurre en otoño e invierno. Giacobino *et al.* (2018) afirman que el porcentaje de infestación de *Varroa* a principios del otoño estaba fuertemente influenciado por la región geográfica y tamaño de la colonia. Asimismo indican que las regiones caracterizadas por un constante flujo de néctar y polen, además de un paisaje diverso, tenían menos incidencia del ácaro *Varroa* que aquellas con flujo más corto de néctar y polen y mayor presión de plaguicidas (inferido del predominio de los cultivos). Otros trabajos destacan que la presencia de nosemosis favorecería la abundancia de *Varroa* spp. (Little *et al.*, 2016; Pacini *et al.*, 2016a; Giacobino *et al.*, 2017), pero en este estudio los valores medios observados de esporos de *Nosema* spp. por abeja no se asocian con la infestación por *Varroa* spp.

Si bien hay una prevalencia del ectoparásito, su intensidad no estaría afectando a las colonias como para ocasionar sus mortalidad, pero los productores aplican el acaricida de síntesis para controlarlo, como se demostró en la zona de Yungas. Allí las colonias se curaron con un acaricida de síntesis como la flumetrina, a lo cual se debió la disminución de varroas en primavera en los años 2014 y 2015 (septiembre-octubre). En la región de Valles los apicultores utilizan ácido oxálico para el control del ectoparásito y este compuesto mantiene a las colmenas en niveles tolerables de varroas durante todo el año, como aseguran Kulhanek *et al.* (2017). Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas en la intensidad de infestación entre los periodos pre y postinvernal en los años 2016 y 2017. Meixner *et al.* (2015) sostienen que la dinámica de la colonia de abejas impulsada por las condiciones ambientales desencadena altos niveles de varroasis. De acuerdo a ello, en los años estudiados el ambiente no se asoció a la intensidad en la infestación de las colonias.

Los índices de varroas, mayores del 6%, encontrados en algunos apiarios podrían deberse a que están ubicados en regiones de cultivo monofloral (tabaco, maíz, cebada), ya que al disminuir la diversidad floral se afecta el sistema inmune de las abejas y su estado nutricional. Además esto se intensifica por uso de pesticidas y herbicidas que favorecen el debilitamiento de las colmenas (Vandame y Palacio, 2010).

Cuando se registraron los rendimientos obtenidos en cada año de estudio, se observó que en el 2014, el apiario ubicado en la región de Yala presentó una baja producción de miel con respecto a los otros apiarios ( $p = 0,02$ ). Esto podría deberse a los altos números de *Varroa* spp. reportados a principios del invierno del 2014 ( $> 12$ ). Sin embargo, en los años siguientes no hubo diferencias significativas en la producción melaria en los distintos apiarios, lo cual podría explicarse por los niveles estables de infestación registrados en las colonias comparados con los niveles altos de infestación de colonias del sur de Argentina, como se evidenció en otros estudios (Giacobino *et al.*, 2018; Pacini *et al.*, 2016b).

Por otra parte, los niveles bajos de infestación podrían deberse a los mitotipos encontrados en la provincia, como lo indicaron Porrini *et al.* (2019b), quienes hallaron un mayor porcentaje de *A. mellifera* con mitotipo de africanización en una zona que abarca las provincias de Jujuy,

Salta, Misiones, Corrientes, Formosa, Chaco, Tucumán, Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero, mientras que en el sur se establecieron mitotipos europeos. Así, en la provincia de Jujuy (Yala, San Salvador de Jujuy y San Antonio) se encuentra un mitotipo africanizado, de acuerdo a las características morfométricas y moleculares analizadas por dicho autor. Se conoce que los mitotipos africanizados son menos susceptibles a infestación por *Varroa* spp. y *Nosema* spp. (Mendoza *et al.*, 2014) que las abejas europeas, por lo cual los bajos niveles de infestación podrían explicar la producción promedio en todos los apiarios de Yungas ( $14,79 \pm 4,94$ ) y Valles ( $15,90 \pm 4,76$ ).

Sin embargo, se ha registrado una producción de miel muy por debajo de la media observada en los principales polos productivos del país como son las provincias de La Pampa, Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, donde el rendimiento promedio anual es de unos 25 kg por colmena (Garzón y Young, 2016). En cambio, en las provincias del NOA, entre ellas Jujuy y Tucumán, la producción promedio es de 20 kg por colmena (Burgos y Sánchez, 2014). Esto podría deberse a la subespecie de abeja presente en la provincia como lo demostraron Porrini *et al.* (2019b), ya que dichos mitotipos no almacenan tanto alimento como las europeas, pues lo convierten rápidamente en crías, aumentando la población y liberando varios enjambres en una estación.

## Conclusiones

La intensidad en la incidencia de *Nosema* spp. en las ecorregiones de Yungas y Valles se debe a las características geográficas y a las condiciones climáticas, mientras que la prevalencia de *Varroa* forética se explica por el manejo de las colmenas que realiza cada apicultor. De este modo, se observó que la disminución de *Varroa* spp. en el periodo postinvernal en la zona de Yungas se debió a la administración de un acaricida de síntesis (flumetrina) antes del invierno, y no así en las zonas de Valles, donde se aplicó ácido oxálico. Esto permitió comprobar que la flumetrina fue más eficiente que el ácido oxálico en los años de aplicación. La producción de miel no registró diferencias en cada año de estudio y ello demuestra los niveles estables de infestación de patógenos y parásitos en las colonias de la provincia de Jujuy, y que la pérdida de las colmenas se produce por la enjambrazón de las colonias.

## Literatura citada

- Buitrago, L.G.  
1999. El clima de la provincia de Jujuy. Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy, EDIUNJU. San Salvador de Jujuy, Argentina. 60 p.
- Burgos, M.G.; Sánchez, A.C.  
2014. Preferencias alimenticias en las mieles inmaduras de *Apis mellifera* en el chaco serrano (Jujuy, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 49(1): 41-50.
- Cantwell, G.E.  
1970. Standard methods for counting *Nosema* spores. *Am. Bee. J.*, 110(6): 222-223.
- Chen, Yue-Wen; Chung, Wei-Ping; Wang, Chung-Hsiung; Leellen F., Solter; Wei-Fone, Huang  
2012. *Nosema ceranae* infection intensity highly correlates with temperature, *Journal of Invertebrate Pathology*, 11(3): 264-267.
- De Jong, D.  
1980. *Varroa jacobsoni*; Survey Techniques. Leaflet N° 109. Univ. Maryland. USA.
- DeGrandi Hoffman G., Chen Y.  
2015. Nutrition, immunity and viral infections in honeybees. *Curr Opin Insect Sci.*, 10: 170-176.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzanini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W.  
2008. Grupo Infostat, versión 2008, FCA, Univ. Nacional de Córdoba, 115. Córdoba. Argentina.
- Garzón, J.M.; Young, M.  
2016. La actividad apícola en Córdoba, Aspectos básicos y potencial productivo. IERAL - Ministerio de Agricultura y Ganadería de Córdoba. Córdoba, Argentina. 40 p.
- Giacobino, A.; Pacini, A.; Molineri, A.; Rodríguez, G.; Crisanti, P.; Bulacio Cagnolo, N.; Merke, J.; Orellano, E.; Bertozzi, E.; Pietronave, H.; Signorini, M.  
2018. Potential associations between the mite *Varroa destructor* and other stressors in honeybee colonies (*Apis mellifera* L.) in temperate and subtropical climate from Argentina. *Preventive Veterinary Medicine*, 159: 143-152.
- Giacobino, A.; Bulacio, C.N.; Merke, J.; Orellano, E.; Bertozzi, E.; Masciangelo, G.; Pietronave, H.; Salto, C.; Signorini, M.  
2014. Risk factors associated with the presence of *Varroa destructor* in honey bee colonies from east-central Argentina. *Prev. Vet. Med.*, 115: 280-287.
- Giacobino, A.; Molineri, A.; Bulacio-Cagnolo, N.; Merke, J.; Orellano, E.; Bertozzi, E.; Masciangelo, G.; Pietronave, H.; Pacini, A.; Salto, C.; Signorini, M.  
2016. Key management practices to prevent high infestation levels of *Varroa destructor* in honey bee colonies at the beginning of the honey yield season. *Preventive Veterinary Medicine*, 131: 95-102.
- Giacobino, A.; Pacini, A.; Molineri, A.; Bulacio Cagnolo, N.; Merke, J.; Orellano, E.; Bertozzi, E.; Masciangelo, G.; Pietronave, H.; Signorini, M.  
2017. Environment or beekeeping management: What explains better the prevalence of honeybee colonies with high levels of *Varroa destructor*? *Res. Vet. Sci.*, 112: 1-6.
- Higes, M.; Martín-Hernández, R.; Garrido-Bailón, E.; Botías, C.; García-Palencia, P.; Meana, A.  
2008. Regurgitated pellets of *Merops apiaster* as fomites of infective *Nosema ceranae* (Microsporidia) spores. *Environ. Microbiol.*, 10(5): 1374-1379.
- Higes, M.; Martín-Hernández, R.; Botías, C.; Garrido Bailón, E.; González-Porto, A.V.; Barrios, L.; Del Nozal, M.J.; Bernal, J.L.; Jiménez, J.J.; Palencia, P.G.; Meana, A.  
2008. How natural infection by *Nosema ceranae* causes honey bee colony collapse. *Environ. Microbiol.* 10: 2659-2669.
- Kulhanek, K.; Steinhauer, N.; Rennich, K.; Caron, D.M.; Sagili, R.R.; Pettis, J.S.; Wilson, M.E.; Wilkes, J.T.; Tarpay, D.R.; Rose, R.; Lee, K.; Rangel, J.; vanEngelsdorp, D.  
2017. A national survey of managed honeybee 2015-2016 annual colony losses in the USA. *J. Apicult. Res.* DOI: 10.1080/00218839.2017.1344496
- Little, C.M.; Shutler, D.; Williams, G.R.  
2016. Associations among *Nosema* spp. fungi, *Varroa destructor* mites, and chemical treatments in honeybees, *Apis mellifera*. *J. Apicult. Res.* <http://dx.doi.org/10.1080/00218839.2016.1159068>.
- Meixner, M.D.; Kryger, P.; Costa, C.  
2015. Effects of genotype, environment, and their interactions on honeybee health in Europe. *Curr Opin Insect Sci.*, 10: 177-184.
- Mendoza, Y.; Antúnez, K.; Branchiccela, B.; Anido, M.; Santos, E.; Invernizzi, C.  
2014. *Nosema ceranae* and RNA viruses in European and Africanized honeybee colonies (*Apis mellifera*) in Uruguay. *Apidologie*, 45: 224-234.
- Pacini, A.; Mira, A.; Molineri, A.; Giacobino, A.; Bulacio Cagnolo, N.; Aignasse, A.; Zago, L.; Izaguirre, M.; Merke, J.; Orellano, E.; Bertozzi, E.; Pietronave, H.; Russo, R.; Scannapieco, A.; Lanzavecchia, S.; Schnittger, L.; Signorini, M.  
2016a. Distribution and prevalence of *Nosema apis* and *N. ceranae* in temperate and subtropical eco-regions of Argentina. *Journal of Invertebrate Pathology*, 141: 34-37.
- Pacini, A.; Giacobino, A.; Molineri, A.; Bulacio Cagnolo, N.; Aignasse, A.; Zago, L.; Mira, A.; Izaguirre, M.; Schnittger, L.; Merke, J.; Orellano, E.; Bertozzi, E.; Pietronave, H.; Marcelo Signorini, M.  
2016b. Risk factors associated with the abundance of *Nosema* spp. in apiaries located in temperate and subtropical conditions after honey harvest. *J. Apicult. Res.* 55(4): 342-350.
- Porrini, M.; Audisio, C.; Sabate, D.; Ibaguren, C.; Garrido, M.; Eguaras, M.  
2010a. Evaluación in vivo de la actividad antiparasitaria de extractos vegetales en el desarrollo de *Nosema ceranae*. 33° Congreso Argentino de Producción Animal; Viedma.
- Porrini, P.L.; Quintana, S.; Brascesco, C.; Porrini, M.; Garrido, M.; Eguaras, M.; Fernández Iriarte, P.  
2019b. Southern limit of Africanized Honey Bee in Argentina. *Journal of Apicultural Research*. 59(4): 648-657.
- Porrini, M.P.; Porrini, L.P.; Garrido, P.M.; Carlos de Melo, S.N.; Porrini, D.P.; Muller, F.; Núñez, L.A.; Álvarez, L.; Fernández Iriarte, P.; Eguaras, M.J.  
2017c. *Nosema ceranae* in South American Native Stingless Bees and Social Wasp. *Microb Ecol.*, 74: 761-764.
- Retschnig, G.; Williams, G.R.; Schneeberger, A.; Neumann, P.  
2017. Cold Ambient Temperature Promotes *Nosema* spp. Intensity in Honey Bees (*Apis mellifera*). *Insects*, 8(1): 20. DOI:10.3390/insects8010020
- Vandame, R.; Palacio, M.A.  
2010. Preserved honey bee health in Latin America: a fragile equilibrium due to low-intensity agriculture and beekeeping? *Apidologie*, 41: 243-255.