



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
Facultad de Ciencias Forestales



Potencial de producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en la Provincia de Santiago del Estero, Argentina

TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS FORESTALES

POR

Cristian Daniel Savino

Ingeniero Forestal
Universidad Nacional de Santiago del Estero
Año 1998

Directora de tesis: **Dra. Liliana Diodato**

Codirector: **Dr. Hugo Raúl Zerda**

Santiago del Estero, Argentina.
Año 2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
Facultad de Ciencias Forestales



Título:

Potencial de producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en la Provincia de Santiago del Estero, Argentina

Fecha de aceptación:

Fecha de la defensa de tesis:

Directora de tesis: **Dra. Liliana Diodato**

Codirector: **Dr. Hugo Raúl Zerda**

Firma

Ing. Hugo Acosta

Decano
Facultad de Ciencias Forestales
UNSE

Firma

Dra. Ana María Giménez

Directora del Programa de Posgrado
Facultad de Ciencias Forestales
UNSE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTIAGO DEL ESTERO
Facultad de Ciencias Forestales



Título:

Potencial de producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en la provincia de Santiago del Estero, Argentina

Firma

Nombre y apellido

Título de grado (Univ.) - Título de posgrado (Univ.)
Director de tesis

Firma

Nombre y apellido

Título de grado (Univ.) - Título de posgrado (Univ.)
Codirector

Comité de tesis:

Firma

Nombre y apellido

Título de grado (Univ.) - Título de posgrado (Univ.)

Firma

Nombre y apellido

Título de grado (Univ.) - Título de posgrado (Univ.)

Jurado de tesis:

Firma

Nombre y apellido

Título de grado (Univ.) - Título de posgrado (Univ.)

Firma

Nombre y apellido

Título de grado (Univ.) - Título de posgrado (Univ.)

Firma

Nombre y apellido

Título de grado (Univ.) - Título de posgrado (Univ.)

Lugar y fecha de defensa de tesis:
Santiago del Estero

INDICE GENERAL

	Página
JUSTIFICACIÓN	1
Hipótesis y Objetivos.....	6
CAPÍTULO 1	
MODELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DEL GÉNERO <i>DACTYLOPIUS</i> EN LA ECORREGIÓN DEL PARQUE CHAQUEÑO SECO	
1.1 INTRODUCCIÓN.....	8
1.1.1 Especies del género <i>dactylopius</i> en el Parque Chaqueño Seco.....	13
1.1.2 Distribución y Modelación Espacial de las Especies.....	15
1.1.3 Software de Modelación.....	17
1.1.3.1 <u>Modelo de máxima entropía (Maxent)</u>	18
1.1.4 Zonificación climática de <i>Dactylopius coccus</i> y agroecológica de <i>Opuntia ficus-indica</i> para la provincia de Santiago del Estero.....	19
1.1.4.1 <u>Caracterización del área de estudio</u>	20
1.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
1.3 RESULTADOS.....	29
1.3.1 Modelos de distribución de las especies.....	32
1.3.2 Zonificación climática de <i>Dactylopius coccus</i> y agroecológica de <i>Opuntia ficus-indica</i> para la provincia de Santiago del Estero.....	43
1.4 DISCUSIÓN.....	49
1.5 CONCLUSIONES.....	51
CAPÍTULO 2	
FACTORES BIOCLIMÁTICOS EN LA PRODUCCIÓN DE <i>DACTYLOPIUS COCCUS</i> COSTA, EN LA PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO, REPÚBLICA ARGENTINA	
2.1 INTRODUCCIÓN.....	53
2.1.1 Principales características de <i>Dactylopius coccus</i> Costa.....	54
2.1.2 Ciclo biológico de la grana cochinilla.....	55
2.1.3 Factores bióticos que influyen en la producción de grana cochinilla.....	58
2.1.3.1 <u>Enemigos naturales</u>	58

2.1.3.2	<u>Especie hospedante</u>	60
2.2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	60
2.2.1	Modelización de tasa de desarrollo.....	62
2.2.2	Parámetros poblacionales.....	64
2.2.3	Enemigos naturales.....	64
2.3	RESULTADOS.....	65
2.3.1	Duración del ciclo biológico en Santiago del Estero	65
2.3.2	Modelización de tasa de desarrollo.....	66
2.3.3	Parámetros poblacionales.....	67
2.3.4	Presencia de enemigos naturales.....	68
2.3.5	Enfermedades.....	72
2.4	DISCUSIÓN.....	72
2.5	CONCLUSIONES.....	75
3.	RECOMENDACIONES.....	76
4.	CONSIDERACIONES FINALES.....	77
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	78
6.	ANEXOS.....	100

Tabla	ÍNDICE DE TABLAS	Página
1	Especies de cochinillas tintóreas y sus hospederos en la ecorregión del Parque Chaqueño Seco.	13
2	Variables empleadas en la modelación de distribución de las especies.	23
3	Escenas empleadas para el cubrimiento total de la provincia.	27
4	Contribución de las variables en la distribución de <i>D. ceylonicus</i> .	34
5	Contribución de las variables en la distribución de <i>D. austrinus</i> .	38
6	Contribución de las variables en la distribución de <i>D. confertus</i> .	42
7	Superficie apta para la cría de grana cochinilla.	45
8	Superficie apta para cultivo de tunas.	47
9	Temperaturas (°C) registradas durante los sucesivos ciclos de cultivo.	62
10	Duración promedio de estadios de desarrollo de <i>D. coccus</i>	67
11	Enfermedades detectadas en <i>Opuntia ficus-indica</i> en la provincia de Santiago del Estero.	72

Figura	ÍNDICE DE FIGURAS	Página
1	Bosque degradado en Santiago del Estero	2
2	Mapa de ecorregiones de Argentina	9
3	Ecorregión del Parque Chaqueño Seco	11
4	Indicadores meteorológicos de relevancia para las especies de <i>Dactylopius</i>	12
5	Pencas de <i>O. quimilo</i> y <i>O. sulphurea</i> infestadas con cochinilla silvestre	14
6	Ubicación geográfica de la provincia en el contexto nacional.	21
7	Parámetros meteorológicos empleados en la zonificación	21
8	Escala empleada por Maxent para indicar grados de idoneidad de hábitat	24
9	Elementos empleados en el Modelo de Distribución de especies y su secuencia lógica	25
10	Plataformas utilizadas y su relación con los procedimientos realizados en la Zonificación en fase de teledetección.	28
11	Registros de presencia para: <i>D. austrinus</i> , <i>D. ceylonicus</i> y <i>D. confertus</i>	30
12	Registros de presencia de <i>D. salmianus</i> y <i>D. tomentosus</i>	30
13	Porcentaje de registros de las especies de <i>Dactylopius</i> en la región	31
14	Imagen de Maxent con distribución hipotética de <i>D. ceylonicus</i>	32
15	Mapa de Distribución hipotética para <i>D. ceylonicus</i> obtenido de DivaGis	33
16	Gráfica del Área Bajo la Curva (AUC) para <i>D. ceylonicus</i> .	35
17	Gráficas de respuestas de las variables intervinientes en el ajuste para <i>D. ceylonicus</i> .	35
18	Imagen de distribución hipotética para <i>D. austrinus</i>	36
19	Mapa de Distribución hipotética para <i>D. austrinus</i> obtenido de DivaGis	37

20	Gráfica del Área Bajo la Curva (AUC) para <i>D. austrinus</i> .	38
21	Gráficas de respuestas de las variables intervinientes en el ajuste para <i>D. austrinus</i> .	39
22	Mapa de distribución hipotética para <i>D. confertus</i>	40
23	Mapa de Distribución hipotética para <i>D. confertus</i> obtenido de DivaGis	41
24	Gráfica del Área Bajo la Curva (AUC) para <i>D. confertus</i> .	42
25	Gráficas de respuestas de las variables intervinientes en el ajuste para <i>D. confertus</i> .	43
26	Mapa de áreas con restricciones en base a hidrografía y salinas de la provincia	44
27	Imagen de Zonificación climática de la provincia de Santiago del Estero, para <i>Dactylopius coccus Costa</i> , en formato raster (grid)	44
28	Zonificación climática de <i>Dactylopius coccus</i> para Santiago del Estero, en formato vectorial	45
29	Proporción de superficie y porcentaje de territorio según su aptitud para producción de grana cochinilla	46
30	Imagen de Zonificación agroecológica de la provincia de Santiago del Estero, para <i>Opuntia ficus-indica</i> en formato raster (grid)	46
31	Zonificación agroecológica de <i>Opuntia ficus-indica</i> para Santiago del Estero, en formato vectorial	47
32	Proporción de superficie y porcentaje de territorio según su aptitud para producción de tuna	48
33	Superficies aptas para cultivo de tuna y cochinilla comparadas con el actual uso del suelo en la provincia de Santiago del Estero	48
34	Esquema del Ciclo biológico de la grana cochinilla.	56
35	Módulos para cría de <i>D. coccus Costa</i> en Santiago del Estero.	61
36	Pencas de <i>Opuntia</i> en módulos de cría, infestadas con grana cochinilla.	61
37	Paletas de <i>Opuntia ficus-indica</i> en módulos de cría con nidos infestadores conteniendo hembras ovíplanas.	63

38	Duración del ciclo biológico (en días) en relación al mes de infestación	65
39	Grados de temperatura acumulados para completar el ciclo biológico	66
40	Imagen de huevos abortados por efecto de elevadas temperaturas en Santiago del Estero	66
41	Parámetros de desarrollo de una cohorte de <i>D. coccus</i>	67
42	Proporción de sexos de la cohorte	68
43	Individuo adulto de <i>Symphorobius sp.</i> en cultivo de grana cochinilla.	69
44	Gusano telero (<i>Laetilia coccidivora</i>), en sus estados: a) Pupa, y b) Adulto	69
45	<i>Diaspis sp.</i> , parasitando una paleta de <i>Opuntia ficus-indica</i> .	70
46	Chinche gris (<i>Chelinidea tabulata</i>), alimentándose de brotes de <i>Opuntia sp.</i> .	70
47	Cicatrices provocadas por "thrips" en cladodios de <i>Opuntia sp.</i> .	71
48	<i>Cactoblastis cactorum</i> en sus diferentes estados: huevos, larvas y adulto	71

DEDICATORIA

A mis hijas Narella y Chiara, mis grandes amores y mis guías siempre.

A mi esposa Gabriela por estar a mi lado en todo momento, especialmente los más difíciles.

A mis padres, Ulises y Negra por su permanente acompañamiento y apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo se pudo concretar gracias al esfuerzo de muchas personas que forman parte de mi vida. Es por ello que a todos agradezco:

A mi directora, Dra. Liliana Diodato, y mi co-director, Dr. Hugo Zerda, con todo respeto les extiendo mi más sincero agradecimiento por el acompañamiento permanente, orientando, exigiendo, discutiendo, y siempre ayudando.

Al Programa de Posgrado en Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, por la oportunidad que me brindaron.

A la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, por brindarme esta posibilidad y contribuir tan significativamente en mi formación.

Al Ing. Francisco Rubén La Rosa del INTA Castelar, por su valiosa colaboración en el uso de los programas TABLAVI y PERIOD.

A mis compañeros de estudio: Andrea, Miguel, Ornella, Florencia y Carlos.

Al Comité Asesor: Dr. José Lencina, Dr. Iván Crespo Silva, Dra. Laura Bellis, Dr. Carlos Turc y Dr. Dante Fiorentino por sus aportes y sugerencias que permitieron enriquecer este trabajo.

Al personal del Instituto de Protección Vegetal (INPROVE): Graciela, María Elvira, Alberto, Estela y José Luis.

DECLARACION

“Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original, producto de mi propio trabajo, salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros, y que este material no ha sido presentado en forma parcial o total como una tesis en esta u otra institución.”

Cristian Daniel Savino

Potencial de producción de grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en la Provincia de Santiago del Estero, Argentina

RESUMEN

La cochinilla (*Dactylopius sp.*) es un insecto parásito de cactáceas, especialmente de *Opuntia ficus-indica*. Distintas especies de cochinillas están presentes en la ecorregión del Chaco Seco Argentino. Su utilización con fines tintóreos, podrá significar un aporte de relevancia en la economía regional. La especie de mayor importancia económico-productiva del género es la grana cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa); por su alto contenido de ácido carmínico es utilizada en gran cantidad de industrias, por lo cual se la pretende cultivar a escala predial y difundirlo en la región. Por lo tanto, el estudio tuvo por objetivo, "determinar las áreas potencialmente aptas para producción de *Dactylopius coccus* en la Provincia de Santiago del Estero, Argentina".

Los Modelos de Distribución Potencial de especies delimitan las áreas en las que podría utilizarse la cochinilla silvestre productivamente. Para modelar se emplearon los registros de las especies y variables ambientales tomadas de WorldClim y procesados con el software Maxent. Los mapas de distribución potencial resultantes del análisis de la información indican una distribución que en algunos casos no coincide con la literatura, como es el caso de las obtenidas en *D. austrinus* y *D. confertus*, que amplían su rango de distribución conocido desde el Chaco Seco hacia la ecorregión de Sierras y Bolsones, compartiendo ambas especies un importante porcentaje el área de distribución potencial. Además, se llevó a cabo la zonificación a escala provincial para clasificar las áreas de acuerdo a la aptitud para albergar a las especies *Dactylopius coccus* y *Opuntia ficus-indica*., a partir de las necesidades climáticas y agroecológicas de cada una de ellas, empleando bibliografía nacional e internacional. Se mapearon las variables ambientales con la utilización de imágenes raster.

A nivel provincial se determinaron la duración del ciclo biológico y factores bióticos que influyen en la producción de grana cochinilla. Para ello se utilizaron dos módulos de cría, uno en ambiente urbano y otro en ambiente rural, en los que se llevaron a cabo sucesivas infestaciones que mostraron que, en promedio, el ciclo biológico dura 90 días, pero con una fluctuación estacional que varía desde 75 días en meses cálidos hasta 135 días en meses fríos. Los enemigos naturales que mayores perjuicios ocasionan en el cultivo son los insectos depredadores, produciendo pérdidas importantes en la producción. Las especies detectadas en la provincia, coinciden con las que se registran en otras áreas productoras.

La planta hospedante de la grana cochinilla presenta una alta susceptibilidad al ataque de insectos y enfermedades, por lo que adquiere relevancia el manejo del material utilizado y los tratamientos culturales de la plantación.

Palabras Clave: *Dactylopius*, Chaco, modelación, agroecológicos, zonificación.

Potential production of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) in the Province of Santiago del Estero, Argentina

ABSTRACT

Cochineal (*Dactylopius sp.*) is a parasitic insect of various cacti, especially of *Opuntia ficus-indica*. Different species of this insect are present in the Argentine Dry Chaco Region. Their use for dyeing purposes could mean a relevant contribution to the regional economy. The species of the gender with the most productive and economic importance is cochineal (*Dactylopius coccus* Costa); for its high content of carminic acid it is used in many industries, therefore it aims to cultivate the farm scale and spread in the region. Hence, the study had by objective the determination of the potentially suitable areas for the production of *Dactylopius coccus* in the Province of Santiago del Estero, Argentina”.

Potential distribution patterns of species delimit the areas where wild cochineal could be used productively. Records of the species and environmental variables were taken from WorldClim and processed with Maxent software for the modeling. The potential maps of distribution resulting from the analysis of the information indicate a distribution that in some cases does not match with the literature, like those obtained in *D. austrinus* and *D. confertus* that extend their range of distribution from the Chaco Seco towards the ecoregion of Sierras and Bolsones, sharing both species an important percentage of the potential area of distribution. In addition, a zoning at provincial scale was carried out in order to classify the areas according to their aptitude for sheltering the species *Dactylopius coccus* and *Opuntia ficus-indica*, from the climatic and agro ecological needs of each of them, using national and international bibliography. Environmental variables were mapped using raster images.

At the provincial level the duration of the life cycle and biotic factors influencing the production of cochineal were determined. For it, two breeding modules were used, one in an urban environment and another in a rural one, where successive infestations took place that showed that in average, the biological cycle lasts 90 days, but with a seasonal fluctuation that varies from 75 days in warmer months to 135 days in colder months. The natural enemies that produce a higher damage in the crop are the predator insects, causing significant production losses. The species detected in the province coincide with those recorded in other producing areas.

The cochineal host plant presents a high susceptibility to insect and disease attack, that is why the handling of the used material and the cultural treatments acquires relevance.

Key words: *Dactylopius*, Chaco, modeling, agro-ecological, zoning.

JUSTIFICACIÓN

La situación actual de los recursos naturales en el mundo se presenta como un interrogante para la comunidad internacional. La población continúa en crecimiento, y recursos esenciales como tierra, agua y alimentos están disminuyendo debido a factores como las demandas impactantes de la industria y de las grandes ciudades, que resultan en degradación y contaminación. Esta situación provoca una presión desmedida sobre los recursos (FAO, 2011).

Es técnicamente posible manejar de manera sostenible la capacidad productiva de los recursos conociendo las condiciones agroclimáticas que actúan como limitantes y planificando de acuerdo con ello, aunque esto contrasta en muchos casos con políticas que interfieren o se contraponen a este concepto.

Argentina es el país de América Latina con mayor superficie de tierra árida, semiárida y subhúmeda seca, abarcando el 75% del territorio nacional. Dentro de esta vasta extensión se distinguen diferentes ambientes de bosques, estepas arbustivas y gramíneas, desiertos de altura y humedales, que han sido sometidos a diferentes usos agropecuarios de acuerdo con las distintas etapas de colonización que tuvo el país. Se llevó a cabo una reconversión en los usos que se le dio a la tierra sin planificación de largo plazo que contemple la sustentabilidad. Como consecuencia de ello, estas áreas sufrieron diferentes grados de degradación, que hoy en día se asocian con situaciones de pobreza y marginalidad socioambiental (SAyDS, 2006).

La provincia de Santiago del Estero se halla prácticamente en su totalidad dentro de la Región del Chaco Seco (48.000.000 ha) y representa el 40% de la superficie del Chaco Argentino, con unas 13.615.000 ha, la mayor expresión del bosque chaqueño tanto por la extensión como por la riqueza de especies.

Las limitaciones hídricas que se encuentran en los ecosistemas de estas zonas se reflejan en el empobrecimiento de la cobertura vegetal, lo que genera, entre otras cosas, menor protección del suelo y problemas de degradación. Esta situación afecta simultáneamente a un gran número de variables que causan especialmente pérdida de materia orgánica y disminuyen gradualmente la fertilidad natural del suelo (Varnero y García de Cortázar, 2006).

Este bosque seco se encuentra climáticamente al límite de su existencia (Hueck, 1978), representando por ello un ecosistema bastante débil, aunque con un alto valor económico y ecológico. Ha existido durante décadas una cultura de tipo extractiva de las principales especies maderables, lo que provocó que los bosques de la provincia presenten en la actualidad una degradación severa (Figura 1).

Resulta imperioso realizar un adecuado manejo de los remanentes de bosques sujetos a uso múltiple, revalorizar los bienes y servicios que otorgan a la sociedad, e incorporar alternativas productivas sustentables que permitan revertir la situación actual para conservar las fracciones de bosques nativos remanentes y permitir la regeneración y renovación de la masa forestal. La participación y el apoyo de las comunidades locales son factores determinantes en el éxito de este enfoque.



Figura 1. Bosque degradado en la provincia de Santiago del Estero.

Actualmente, la población rural está integrada por campesinos que, en general, desarrollan una producción mixta sobre la base de la cría de ganado vacuno y/o caprino, en combinación con alguno/s de los siguientes productos: carbón, leña, algodón, maíz, alfalfa, zapallo, sorgo, o miel, según el sector de la provincia en el que viven. Algunos de

los integrantes de la familia son asalariados que desarrollan sus actividades en campos agropecuarios cercanos de grandes extensiones (Riat, 2011).

A los fines de conservar los recursos y buscar un desarrollo que sea sustentable para la región, se procuran alternativas productivas (SDSyPA, 2001). En muchas regiones con limitaciones de aridez o semiaridez se desarrollan actividades derivadas de productos propios del área, tales como miel, gomas, tintes naturales, etc.

Por las condiciones ambientales que presenta, la ecorregión del Chaco Seco Argentino alberga diferentes especies de cactáceas que son hospedantes de cochinillas (*Dactylopius* sp.), cuyos cuerpos poseen ácido carmínico en diferentes proporciones, por lo cual son usadas con fines tintóreos.

Desde tiempos antiguos se han distinguido dos tipos de cochinilla: la grana cochinilla o cochinilla fina (*Dactylopius coccus* Costa) y la cochinilla silvestre o corriente (Ferris, 1955). La diferencia entre ambas especies radica principalmente en que la cochinilla fina posee una mayor proporción de ácido carmínico que la silvestre; por ello se la cultiva a gran escala con fines productivos. La cochinilla silvestre, a su vez, es utilizada para teñir fibras de manera artesanal, y no existen experiencias de cultivo a escala productiva.

El ácido carmínico, utilizado como colorante natural, es una sustancia química que está presente en la hemolinfa y en los músculos de las especies del género *Dactylopius* en todos sus estados biológicos (Eisner *et al.*, 1980; Flores y Tekelenburg, 1995). Se lo obtiene desde épocas precolombinas a partir de la cría a gran escala de la grana cochinilla. Este insecto es un parásito de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) y se desarrolla en el hábitat natural de esa cactácea. Cada hembra adulta posee entre 18 y 24% en peso de ácido carmínico.

El cultivo de la grana cochinilla es una práctica ancestral que se ha conservado de generación en generación desde la época prehispánica hasta la actualidad (Pacheco Martínez, 2011). Se desconoce el año de registro preciso de la primera exportación de grana cochinilla hacia Europa, pero los diferentes investigadores señalan que sería entre los años 1523 y 1543 (Dahlgren, 1963; Brana, 1964).

El precio de mercado internacional de la grana cochinilla es fluctuante, aunque en la última década se ha mantenido en constante crecimiento, especialmente en los últimos

dos años, alcanzando un valor aproximado de US\$100 por kilogramo (Gonzales Luna, 2012).

Actualmente, un gran número de industrias demandan cantidades crecientes de colorantes naturales, que tienen aplicación generalizada en las industrias alimentaria, cosmética y farmacológica (Pérez-Sandi, 1999; Aldama-Aguilera y Llanderal-Cazares, 2003; Aldama *et al.*, 2005).

El colorante derivado de la grana cochinilla es considerado hoy en día uno de los colorantes rojos naturales más seguros desde el punto de vista de la inocuidad (Sugimoto *et al.*, 1998). El carmín de cochinilla está permitido por la mayoría de las legislaciones alimentarias en diversos países. Así, por ejemplo, lo incluye la Food and Drug Administration (FDA) de Estados Unidos; la Unión Europea le ha otorgado el código de identificación E-120; y también está incluido en el listado del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) (FAO/OMS, 2000). El ácido carmínico tiene propiedades antivirales (Krabill *et al.*, 1993), anticancerígenas (Tütem *et al.*, 1996) y antibióticas (Allevi *et al.*, 1998).

Este pigmento es una interesante alternativa como colorante rojo natural a los colorantes sintéticos industriales. Además, es uno de los colorantes más usados debido a su amplia gama de tonalidades, ya que se comporta como un indicador de pH que, al mezclarse con ácidos (como el jugo de limón), vira hacia los colores rojos y, al combinarse con álcalis, adquiere una tonalidad morada.

La producción de grana cochinilla es una explotación de tipo agrícola-biológica; por lo tanto, la planta hospedante debe tener un manejo diferente al que recibe para la producción de fruta. Por su parte, el insecto tiene un manejo y posterior proceso para la producción del colorante distinto al utilizado para la producción de alimentos y aditivos o subproductos. El hospedante natural es la tuna, sobre la cual el insecto crece y se desarrolla hasta llegar a la etapa adulta; posteriormente las hembras son sacrificadas y procesadas para la extracción del pigmento (Sáenz, 1999).

La grana se produce comercialmente en Bolivia, Chile, España y México (Gallegos-Vázquez y Méndez-Gallegos, 2000). Perú es el primer productor mundial de cochinilla seca y exporta cochinilla procesada en forma de carmín, ácido carmínico y soluciones (Sáenz, 2006). Debido a la creciente demanda de *D. coccus* como fuente de colorante natural, éste se ha introducido en otros países (Campos-Figueroa y Llanderal-Cázares,

2003), tales como Israel y Nueva Zelanda (Duque Michelena y Herrera Rivadeneira, 2002), que poseen condiciones agroecológicas aptas para su cría intensiva.

La República Argentina es el sexto importador mundial de grana cochinilla y el primero en Sudamérica. Actualmente existe una oferta exigua para el mercado nacional e internacional. Esta situación sugiere la necesidad de investigar sobre la posibilidad de habilitación de tierras aptas para la cría de la cochinilla y el cultivo de la tuna.

Para establecer la factibilidad de desarrollar un emprendimiento productivo destinado a la producción del colorante natural a partir de la cría de grana cochinilla, es imprescindible realizar estudios bioecológicos del insecto bajo las condiciones locales. Estos aspectos fueron bien estudiados en las áreas productoras por excelencia, pero la información disponible en nuestro país es escasa. El desafío actual es llevar a cabo una explotación sustentable de los recursos naturales, compatible con la conservación de la biodiversidad y con un desarrollo cultural y social equitativo. Para que estos recursos se conserven y se desarrollen, es necesario cambiar la forma en que el hombre interactúa con ellos.

Para producir grana cochinilla destinada a obtener colorantes naturales, es necesaria la plantación de tunales en la región, ya que la tuna es el sustrato del cual se nutre el insecto. El cultivo de ambas especies podría causar una mejora en la calidad de vida y del ambiente de pequeños productores ya que, por un lado, se obtendría un ingreso complementario a los productos tradicionales y, por otro, se comenzaría con el proceso de recuperación de tierras degradadas, un importante aporte de forraje a la dieta alimentaria de la ganadería local, lo que representa uno de los principales ingresos para los pequeños productores campesinos.

El cultivo de tunas se presenta como una excelente alternativa intensiva para hacerle frente a la problemática productiva de los ambientes semiáridos que presentan algún nivel de degradación en nuestro país, donde sus posibilidades son muy promisorias debido a la existencia de grandes extensiones de tierras aptas que en la actualidad se hallan ociosas.

El cultivo tecnificado de tunas ha aumentado en los últimos años y actualmente existen cerca de 2.000 ha (Ochoa, 2003 b). Esta área se suma a las 200.000 ha de tuna silvestre explotada en localidades rurales (Ochoa y Uhart, 2004 c), donde se obtienen rendimientos de 8 a 12 toneladas de tunas por hectárea en zonas de secano. El riego y la

fertilización aumentan notablemente la productividad de la planta. El 39% de las plantaciones nacionales están en Tucumán, 22% en Catamarca, 14% en Santiago del Estero, 12% en La Rioja, 10% en Salta, 2% en Córdoba y 1% en Mendoza. (Falasca *et al.*, 2011)

Se considera a la tuna como un fruto exótico por el que en Europa se pagan precios muy altos debido a su comercialización en contra-estación, y se la utiliza con diversos fines: desde medicinales hasta forrajeros. Los mayores productores mundiales de tuna son México e Italia, mientras que Europa es el mayor consumidor.

Entre las numerosas ventajas que ofrece el cultivo de la tuna en nuestro país se destacan: su bajo costo de producción en tierras de escaso valor, pocos cuidados culturales, rápido crecimiento, alto rendimiento y valor agregado en pequeñas extensiones. También son favorables la gran demanda de los mercados, la generación de nuevos puestos de trabajo, la complementación con otros sistemas productivos como ganadería y apicultura, el manejo intensivo, la tecnología sencilla, y la posibilidad de obtener valor agregado con escasos requerimientos tecnológicos y alta rentabilidad como resultado.

Debido a sus múltiples usos, el cultivo de tunas podría implicar un importante aporte económico y ecológico para los ecosistemas áridos y semiáridos de la Argentina en general y de la ecorregión del Chaco Seco en particular. Además, es la forma más rápida, segura y económica para recuperar áreas degradadas (Le Houérou, 1996).

HIPÓTESIS

“La ecorregión del Chaco Seco es potencialmente apta para producir grana cochinilla bajo el sistema de penca colgada en la provincia de Santiago del Estero”

OBJETIVO GENERAL

“Determinar las áreas potencialmente aptas para producción de *Dactylopius coccus* en la Provincia de Santiago del Estero, Argentina”.

Objetivos Específicos:

1. Determinar la distribución de las especies del género *Dactylopius* que habitan en el Chaco Seco Argentino.
2. Evaluar en condiciones de producción bajo cubierta, los factores bióticos y abióticos requeridos para la cría de grana cochinilla en la Provincia de Santiago del Estero, Argentina.
3. Definir áreas potencialmente aptas para producción de *Dactylopius coccus* en la Provincia de Santiago del Estero

La presente tesis fue desarrollada en dos capítulos, que a continuación se describen:

Capítulo I. Modelación de la distribución potencial del género *Dactylopius* en el Parque Chaqueño Seco. El objetivo principal de este capítulo radica en conocer las áreas en las que se podrían encontrar diferentes especies del género *Dactylopius* con un cierto grado de probabilidad. Para esto se utilizó un software de modelación que ayuda a determinar dónde se encuentran las condiciones ambientales más adecuadas para que las especies prosperen, en función de parámetros documentados en colectas previas. El software empleado para modelar, fue Maxent, que permite calcular la distribución geográfica más probable para cada especie. Como aporte al estudio de la especie *Dactylopius coccus*, se realizó la zonificación climática para la provincia de Santiago del Estero; y, debido a que esta especie es parásita de la tuna es que se llevó a cabo su zonificación agoecológica de manera de identificar de manera exploratoria las áreas aptas para el cultivo de ambas especies.

Capítulo II. Aspectos biológicos básicos de *Dactylopius coccus* Costa en la provincia de Santiago del Estero. En esta sección el objetivo fue determinar los elementos que influyen de manera directa o indirecta en la producción de grana cochinilla en Santiago del Estero. Para lo cual se evaluaron diferentes aspectos, como: la duración del ciclo biológico en las diferentes meses del año, predicción de la tasa de desarrollo, proporción de sexos, tasa de supervivencia, los enemigos naturales del insecto y su hospedero; el daño que ocasionan en la producción.

CAPÍTULO 1

ÁREAS POTENCIALMENTE APTAS PARA PRODUCCIÓN DE *DACTYLOPIUS COCCUS* EN LA PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO EN BASE A TÉCNICA DE MODELACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Las tierras secas de Argentina producen el 50% del valor de la producción agrícola y el 57% de la ganadera, y concentran aproximadamente el 30% de la población nacional, unas 9 millones de personas (SAyDS, 2005).

La SAyDS definió las ecorregiones de Argentina, tal como lo muestra el siguiente mapa (Figura 2):

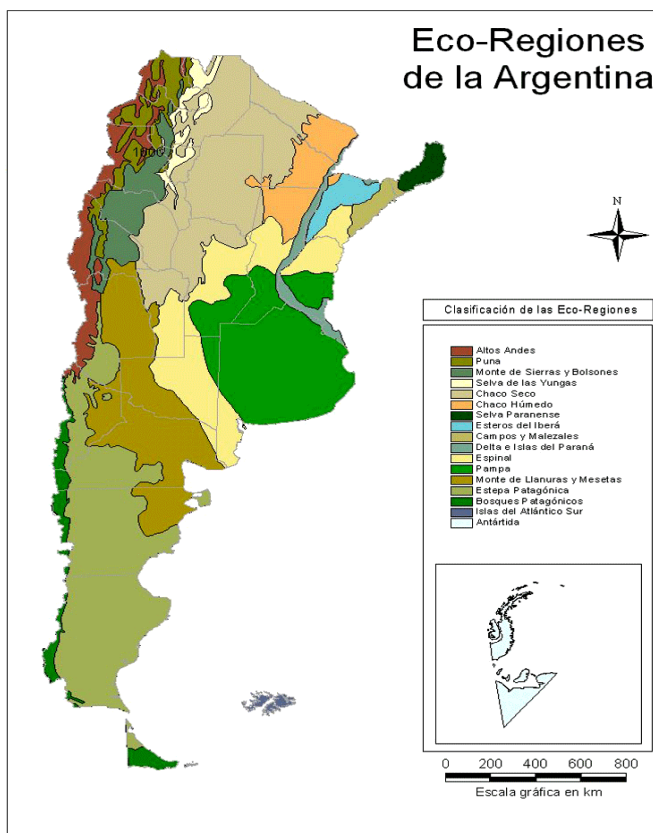


Figura 2. Mapa de las ecorregiones de la República Argentina (Fuente: SAyDS)

De acuerdo con esta clasificación, las zonas áridas y semiáridas del país se encuentran en las siguientes ecorregiones:

- Puna
- Chaco seco
- Monte de sierras y bolsones
- Monte de llanuras y mesetas
- Estepa patagónica

Seguindo la presente clasificación, la provincia de Santiago del Estero, es la única que se encuentra casi en su totalidad dentro de la ecorregión del Chaco Seco, esto condiciona la cantidad, calidad y distribución de sus recursos naturales.

Durante la última década se ha llevado a cabo un intenso proceso de habilitación de tierras con fines agrícolas en la región, lo que se tradujo en un proceso de degradación de las tierras. Aún no se vislumbra un cambio para la adopción de tecnologías

conservacionistas por parte de los agricultores. Por otra parte, la aplicación de sistemas de labranza y prácticas conservacionistas no adaptadas al entorno de la región específica, probablemente por haber sido desarrolladas en otros lugares e introducidas sin efectuar un diagnóstico previo de la situación local ha causado problemas.

De acuerdo con Viglizzo *et al.*, (2010), las tierras en la provincia presentan distintos grados de degradación, cuyas causas principales son:

- Uso de tecnologías degradantes.
- Avance de la frontera agropecuaria sobre zonas marginales.
- Intensificación de la agricultura de cultivos anuales sin recaudos de conservación.
- Sobrepastoreo y deforestación descontrolada.
- Planificación del desarrollo en el corto plazo.

En la última década el avance de la desertificación, junto con la necesidad de cultivos capaces de desarrollo sustentable y de valor agregado para zonas áridas y semiáridas, aumentó el interés por la tuna, cuya producción se incrementó notablemente a nivel mundial (SAyDS, 2005).

En este contexto, existe la necesidad de avanzar en investigaciones sobre los diversos usos de especies silvestres como recurso sustentable, tanto para la preservación de la biodiversidad nativa, como para la producción y la recuperación de tierras degradadas.

La protección, el aprovechamiento racional y el uso múltiple del bosque chaqueño, requieren de conocimientos sobre el ecosistema. Existen ya varios trabajos que caracterizan el ambiente del Chaco en sus grandes rasgos (Galmarini y Raffo del Campo, 1964; Morello y Adámoli, 1974), pero todavía el conocimiento de la autoecología de las especies y de los procesos en el sistema es escaso.

La ecorregión del Parque Chaqueño Seco comprende una vasta planicie que presenta una suave pendiente en sentido noroeste-sudeste, y se extiende sobre la mitad occidental de Formosa y Chaco, la oriental de Salta, casi todo Santiago del Estero, norte de Córdoba, y sectores de Catamarca, La Rioja y San Luis (Figura 3).



Figura 3. Ecorregión del Parque Chaqueño Seco

El clima de la región se clasifica, según el sistema de Köppen y Geiger, como clima caliente de estepa, seco en invierno (tipo BShw) (Morello y Adámoli, 1974), y con veranos cálidos. Según el sistema de Thornthwaite, la región posee un clima semiárido (DB4'da') (Morello y Adámoli, 1974). La temperatura media anual es de 21 °C (Figura 4-a); el régimen de precipitación es fuertemente estacional, con una media anual de 552 mm. (Figura 4-b), con más del 80% de las lluvias concentradas en los meses de verano. La amplitud térmica (diferencia entre la temperatura mínima media de 6,4 °C (Figura 4-c) y temperatura máxima media de 36,1 °C (Figura 4-d)) es de unos 30 °C, y la evapotranspiración potencial es elevada, lo que genera un déficit hídrico todos los meses del año (Bruchmann, 1981). Además, toda la región se ubica dentro del cinturón subtropical, con temperaturas que decrecen en un suave gradiente norte - sur.

Es una región con baja densidad poblacional, donde el tipo de vegetación natural que corresponde es un bosque xerofítico con predominancia de quebracho colorado (*Schinopsis lorentzii*) y quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) (Hueck, 1978), además de algarrobos (*Prosopis alba* y *P. nigra*), mistol (*Zizyphus mistol*), itín (*Prosopis kuntzei*), brea (*Cercidium australe*), varias cactáceas, duraznillo, arbustos del género *Acacia* (tusca, teatín), y Capparidáceas (sacha-membrillo, sacha-sandia). Debido a la influencia antrópica, posee la fisonomía de un bosque bajo con un estrato arbustivo bien desarrollado (Lorenz, 1995).

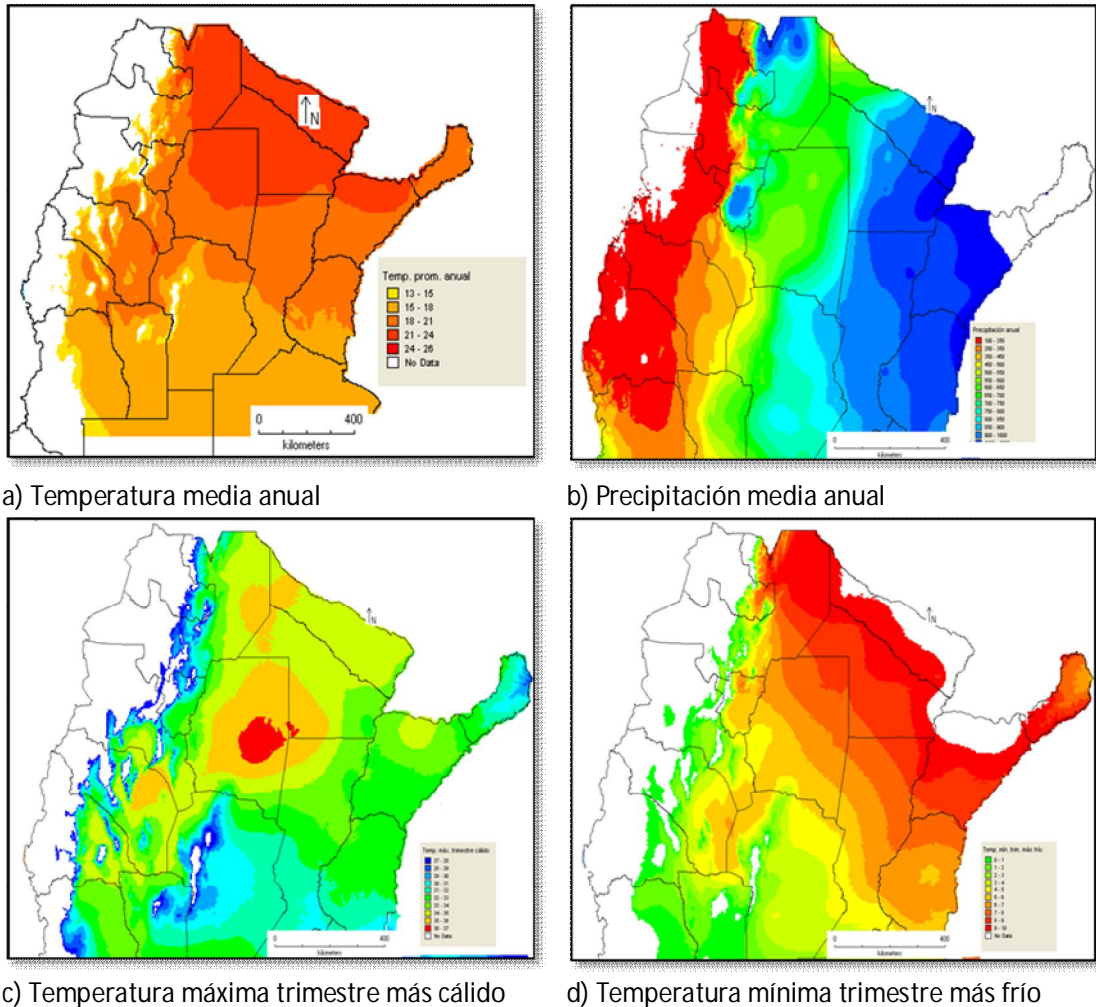


Figura 4. Indicadores meteorológicos de relevancia para las especies de *Dactylopius*. (Modelos raster obtenidos de la base de datos de WorldClim).
Fuente: Elaboración propia

Las especies del género *Opuntia* (Cactáceas) son parasitadas por cochinillas (*Dactylopiidae*: Hemiptera). Se mencionan nueve especies de cochinillas (De Lotto, 1974; Gilreath y Smith, 1988). Una característica particular de estos insectos es que poseen una cubierta cerosa con aspecto algodonoso, que las protege del medio ambiente y de otras plagas. El género *Dactylopius*, reúne especies de valor ecológico, económico y genético a nivel mundial, si bien, la distribución geográfica nativa únicamente se ubica en América.

1.1.1 Especies del género *Dactylopius* presentes en el Chaco Seco

En la ecorregión del Chaco Seco Argentino se han registrado hasta la actualidad, cinco especies de las nueve citadas para el género. Esto indica una alta riqueza específica dentro de la familia monogenérica *Dactilopiidae*. Estas especies, son parásitas de diferentes cactáceas, tal como se desprende de las muestras recolectadas que se presentan a continuación

Tabla 1. Especies de cochinillas tintóreas y sus hospederos Presentes en la Región del Chaco Seco, República Argentina

ESPECIE	HUESPED
<i>Dactylopius austrinus</i>	<i>Opuntia anacanta</i>
	<i>Opuntia aurantiaca</i>
	<i>Opuntia sulfurea</i>
	<i>Opuntia anacantha</i>
<i>Dactylopius ceylonicus</i>	<i>Opuntia discolor</i>
	<i>Opuntia quimilo</i>
	<i>Opuntia sulfúrea</i>
	<i>Opuntia retrorsa</i>
	<i>Cleistocactus baumanni</i>
<i>Dactylopius confertus</i>	<i>Echinopsis leucantha</i>
	<i>Gymnocalycium monvillei</i>
	<i>Harrisia tortuosa</i>
	<i>Opuntia sulphurea</i>
<i>Dactylopius tomentosus</i>	<i>Opuntia sulphurea</i>
<i>Dactylopius salmianus</i>	<i>Opuntia salmiana</i>

(Fuente: De Haro, 2004).

Lafone-Quevedo (1927), al mencionar el quiskaloro (*Opuntia anacantha*) y otras especies de bajo porte de la Argentina, informó que la grana se extraía de estas especies silvestres. En la región existen cinco especies nativas del mismo género que parasitan diferentes especies de *Opuntia*, y que también producen un colorante rojo. Dos de ellas pueden observarse en la Figura 5. Según dicha fuente, es posible que la grana obtenida antiguamente en este territorio se extrajera de esas especies de *Dactylopius*.

Estas especies silvestres poseen la tercera parte de ácido carmínico que la cochinilla fina, esto es, entre 6 y 8% en peso seco (Diodato *et al.*, 2005; Alvarez Valdes *et al.*, 2006).



Figura 5. Pencas de *Opuntia quimilo* y *Opuntia sulfurea* infestadas con cochinilla silvestre

El grupo de cochinillas silvestres es heterogéneo, por lo cual la cantidad de hospederos será mayor que las que parasita la grana cochinilla. Existen unas 70 especies de hospederos de las cochinillas silvestres (Portillo, 1995). Las características más notables de este grupo son: insectos pequeños, de 3 a 5 mm, fácilmente identificados por la presencia de una especie de algodón blanco secreción que cubre sus cuerpos.

Las especies de la familia Dactylopiidae tiene características únicas porque contienen ácido carmínico que es la base de la industria de los colorantes de cochinilla. Además, varias de ellas se han utilizado con éxito en el control biológico de cactáceas en todo el mundo (Claps y De Haro, 2001).

Las cactáceas constituyen una parte importante de la fisonomía del Chaco Seco ya que las condiciones climáticas y edáficas son las adecuadas para su desarrollo. Se pueden encontrar especies con porte arborescente, arbustivo y hasta rastrero, con grandes espinas y flores de vistosos colores. Son plantas angiospermas endémicas del continente americano; existen unas 1600 especies agrupadas en 100 géneros, distribuidos típicamente en zonas áridas y semiáridas (Barthlott y Hunt, 1993). Las especies de cactáceas citadas para la ecorregión del Chaco Seco se muestran en el Anexo 1.

1.1.2. Distribución y Modelación Espacial de las Especies

El análisis de la distribución geográfica de los seres vivos resulta fundamental para comprender el proceso evolutivo de cada grupo taxonómico en tiempo y espacio. Los datos de distribución de especies son difíciles de obtener, especialmente en zonas lejanas o inaccesibles, o para especies que presentan una distribución muy amplia y donde los puntos de muestreo son una muestra limitada de la distribución actual del taxón.

El género *Dactylopius* es propio de América, aunque fueron introducidas algunas especies en otros continentes y naturalizadas, pero su uso como materia prima para extracción de ácido carmínico está extendido por los cinco continentes (Portillo, 2005). La información existente sobre este grupo de cochinillas en la ecorregión del Chaco Seco Argentino es escasa, por lo que se hace necesario ampliar el conocimiento sobre las áreas de distribución de las diferentes especies del género a escala regional, en relación con variables ambientales y espaciales, lo que permitirá restringir y orientar futuros estudios sobre este género.

La mayor amenaza para muchas especies hoy en día, es la pérdida de hábitat; de ahí la importancia de conocer dónde están las poblaciones actuales y potenciales de los diferentes taxones (Ramamoorthy *et. al.*, 1998; Llorente y Castro, 2002). Para ello, el análisis de la distribución de las especies constituye una herramienta muy valiosa en los estudios evolutivos puesto que permite realizar inferencias acerca de los procesos que determinan dicha distribución y que pueden contribuir a la diversificación de las poblaciones. Los patrones espaciales resultan de la acción combinada de diversos factores que se expresan de modo diferente a distintas escalas (Whittaker, 1956; Bray y Curtis, 1957; Hutchinson, 1957).

El área de distribución de una especie es el conjunto de lugares del espacio geográfico en los que puede detectarse su presencia (Soberón, 2007). En una escala regional o geográfica, el clima es el principal factor limitante en la distribución. Los eventos históricos constituyen otras posibles fuentes de variación debido a que la influencia ejercida por los cambios geomorfológicos, climáticos, humanos y otros parámetros ambientales sobre la abundancia, la distribución y los cambios evolutivos de las poblaciones ancestrales, se manifiestan en las especies contemporáneas.

El estudio de los patrones de distribución en poblaciones de insectos ha sido un área de gran interés en ecología, ya que ayuda a comprender los factores que determinan la presencia o ausencia de determinadas especies en algún ecosistema en particular y permite formular hipótesis sobre los mecanismos biológicos que contribuyen al ordenamiento espacial de los individuos en su ambiente (Greig-Smith, 1979; Kershaw, 1973).

Los Modelos de Distribución de Especies (MDE) se están aplicando con éxito en distintos campos tales como la exploración de la biodiversidad (Soberón y Peterson, 2005), el diseño de áreas protegidas (Chen y Peterson, 2002), la evaluación de daños potenciales en cultivos por plagas (Sánchez-Cordero y Martínez-Meyer, 2000) y la evaluación de posibles invasiones biológicas (Evangelista *et al.*, 2008) o la aparición de enfermedades (Peterson, 2003), entre otras. Por lo tanto, crear modelos y analizar cómo está cambiando la distribución de las especies, tanto espacial como temporalmente resulta cada vez más importante. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una de las herramientas que pueden proveer información valiosa para estos estudios y, actualmente son muy útiles especialmente, para las investigaciones en ciencias naturales. Los estudios sobre biodiversidad permiten representar cartográficamente la distribución y la abundancia de las especies tanto a nivel regional como nacional (Burrough, 1987), y analizar patrones ecológicos e históricos.

Con el propósito de analizar más detalladamente la distribución geográfica de los organismos, se han propuesto diversos modelos predictivos que ayudan a estimar su distribución potencial (Nix, 1986; Sánchez-Cordero *et al.*, 2001; Anderson *et al.*, 2003). Los modelos ayudan a determinar dónde se encuentran las condiciones ambientales más adecuadas para que una especie prospere, en función a puntos de presencia documentados en recolecciones previas.

Al generar modelos, se parte de supuestos que contienen ciertas limitaciones. Las más frecuentes son:

a) Hipótesis de pseudoequilibrio y representatividad

Asume que la población está en equilibrio o pseudoequilibrio con las condiciones ambientales (Araújo y Pearson, 2005). Eso supone que la distribución de la especie es estable en el tiempo y el espacio, algo que normalmente se desconoce.

b) Relaciones bióticas

La distribución de las especies responde a procesos complejos en los que las relaciones bióticas tienen una gran influencia. No consideran procesos como competencia, polinización, herbivoría, depredación, parasitismo, simbiosis, etc. (Anderson *et al.*, 2003, Pearson y Dawson, 2003; Peterson *et al.*, 2002b; Gutiérrez *et al.*, 2005).

c) Ausencia de la componente espacial en el proceso

Paradójicamente, en la generación de los modelos de distribución de especies, cuyo resultado es un mapa, no se tienen en cuenta las relaciones espaciales entre los puntos a partir de los cuales derivan los modelos, ya que las coordenadas de cada presencia se utilizan exclusivamente para extraer los valores de las variables independientes en ese punto, sin considerar lo que sucede a su alrededor.

d) Ausencia de la componente temporal en el proceso

Los modelos de distribución de especies son fotografías fijas, de un instante, y no reflejan ningún proceso histórico ni pueden contemplarlo en sus reglas ni en sus clasificadores. Por este motivo no es posible tener en cuenta con facilidad factores históricos como eventos geológicos, antropogénicos o climáticos que han sucedido en el pasado, glaciaciones o aparición de barreras biogeográficas (Guisan y Zimmermann, 2000; Svenning y Skov, 2004).

Estos supuestos pueden alterar el resultado final y restar significación biológica en la interpretación del modelo. Esto lleva a realizar previamente un estudio de las condiciones ecológicas propias de la especie en estudio.

Estos modelos deben considerarse, por tanto, como un acercamiento útil y mejorable, y como una herramienta aplicable a otros problemas actuales como, por ejemplo, la previsión de los potenciales impactos del cambio climático en la distribución de las especies (Pearson y Dawson, 2004).

1.1.3 Software de Modelación

La mayoría de los modelos que proyectan la presencia de una especie en un sitio no explorado generalmente correlacionan sitios ya conocidos donde se encuentra la especie con un conjunto de factores ambientales, especialmente los climáticos (Chapman y Busby, 1994). Algunos modelos utilizan métodos estadísticos, siendo los más comunes,

el de regresión múltiple y los multivariados (Austin *et al.*, 1990; Guisan y Zimmermann, 2000). Otros utilizan registros ya existentes de presencia de las especies y la información ambiental para generar perfiles bioclimáticos; por ejemplo BIOCLIM (Nix, 1986; Lindenmayer *et al.*, 1991; Fischer *et al.*, 2001), o el algoritmo de reglas de predicción genéticas (GARP), que busca relaciones no azarosas entre las características ambientales de las localidades donde están georeferenciadas las especies y la región o las regiones de estudio (Anderson *et al.*, 2003).

1.1.3.1. Modelo de Máxima Entropía (Maxent)

El propósito general de Maxent, es hacer predicciones o inferencias a partir de información incompleta. Es un método de inteligencia artificial que aplica el principio de máxima entropía para calcular la distribución geográfica más probable para una especie; por lo tanto, estima la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la distribución lo más uniforme posible.

El resultado del modelo expresa el valor de idoneidad del hábitat para la especie como una función de las variables ambientales. Por lo tanto, un valor alto de la función de distribución en una celda determinada indica que presenta condiciones muy favorables para la presencia de la especie. Es decir, se generan mapas de idoneidad o probabilidad de presencia de lugares favorables desde el punto de vista ambiental/climático para la aparición de la especie en estudio. Maxent puede utilizar además variables cualitativas, otorgando a cada valor de la variable un peso relativo al número total de puntos de presencia que contiene (Phillips *et al.*, 2006).

Al utilizar Maxent para modelar las distribuciones de especies, donde solo tenemos puntos de presencias, el programa selecciona algunos de los puntos de presencias al azar, borrándolos de la base de datos y convirtiéndolos en pseudoausencias, y con ellos obtiene el análisis de Receiver Operating Characteristics (ROC), el cual caracteriza el desarrollo del modelo por medio del Área Bajo la Curva (AUC) (Phillips *et al.*, 2006). Los modelos con valores de AUC por encima de 0.75, son considerados potencialmente útiles.

Una vez obtenidos los puntos de presencia y pseudoausencias, los píxeles del área de estudio complementan y proyectan dónde será definida la distribución probable por

Maxent. Además, el programa proporciona las curvas de respuesta de la especie ante las distintas variables ambientales y estima la importancia de cada variable en la distribución de la especie.

Maxent ha demostrado ser una herramienta robusta para modelar sólo con datos de presencia, mejorando el desempeño de numerosas técnicas tradicionales (Elith *et al.*, 2006). Además, tiene las ventajas de ser sencillo de utilizar, presentar una mejor discriminación de las variables, mayor precisión en los resultados, y ser de fácil interpretación.

Según algunos autores (Hernández *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007), Maxent es capaz de proporcionar buenas predicciones incluso cuando el número de presencias es escaso. Por medio de este modelo se pueden analizar datos climáticos de condiciones presentes y futuras.

La selección de variables se realiza en función de la incidencia que ellas tienen sobre la ecología de las especies en estudio ya que, en el caso de usar muchas variables, el método computacional no es capaz por sí solo de identificar las mejores.

Como contribución a la capacidad productiva de las especies *D. coccus* y *O. ficus-indica*, se llevó a cabo la determinación de las áreas aptas para su producción en la provincia de Santiago del Estero.

1.1.4 Zonificación climática de *Dactylopius coccus* Costa y agroecológica de *Opuntia ficus-indica* para la provincia de Santiago del Estero

El término zonificación se refiere a la división de la superficie de tierra en unidades más pequeñas que tienen características similares en relación con su aptitud, sus potencialidades y sus limitaciones para el desarrollo de un cultivo determinado.

Aunque el concepto de zonificación es esencialmente simple, la metodología desarrollada requiere del análisis, que implica la combinación de capas de información espacial para definir zonas, y, se presta muy especialmente a la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Esta técnica proporciona un marco global para la evaluación y planificación de los recursos naturales, ajustado en muchos casos a condiciones diferentes, y como parte del

proceso de evaluación y planificación, y no como una herramienta de análisis netamente espacial con un objetivo diferente al conocimiento de las aptitudes de algunos tipos de uso específicos. Por esta razón, se utilizó esta metodología de manera de adecuarla a la situación geográfica provincial, posibilidades, necesidades y requerimientos ambientales, particularmente enfocado hacia las posibilidades de producción de grana cochinilla, con el complemento del cultivo de tunas en la provincia de Santiago del Estero.

La zonificación agro-ecológica, de acuerdo con los criterios de la FAO, define zonas en base a combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas. Los parámetros particulares usados en la definición se centran en los requerimientos climáticos y edáficos de los cultivos y en los sistemas de manejo bajo los cuales éstos se desarrollan. Cada zona tiene una combinación similar de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras, y sirve como punto de referencia de las recomendaciones diseñadas para mejorar la situación existente, ya sea incrementando la producción o limitando la degradación de los recursos.

1.1.4.1 Caracterización del área de estudio

La provincia de Santiago del Estero, República Argentina se halla ubicada en el centro-norte del país. Encuadrada prácticamente en su totalidad en la ecorregión del Chaco Seco. Posee una superficie de 13.635.100 ha, con un área constituida por bosques y tierras forestales que ocupan el 65% de la superficie provincial, unas 9.800.000 ha.

Las coordenadas geográficas de sus límites son:

Latitud	Norte	- 25° 39' 16" S	Longitud	- 61° 43' 02" W
	Sur	-30° 28' 38" S		- 62° 07' 39" W
	Este	-27° 59' 28" S		-61° 42' 28" W
	Oeste	-27° 55' 22" S		-65° 11' 07" W

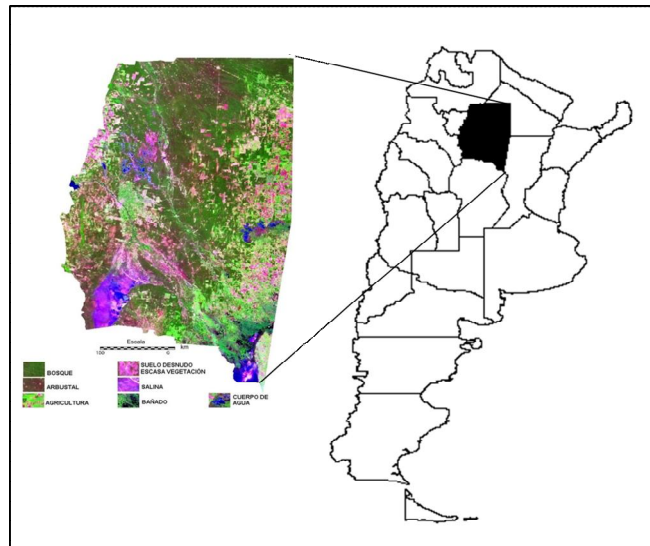


Figura 6. Ubicación geográfica de la provincia en contexto nacional.
Fuente: Elaboración propia

La descripción general de la provincia es resultado de la recopilación y sistematización de información previa y el procesamiento de datos disponibles más recientes.

Se emplearon mapas raster para representar las condiciones ambientales necesarias para zonificar las especies con el objeto de una mejor visualización de la distribución espacial de dichos parámetros en el territorio provincial. En ese sentido se obtuvieron los siguientes:

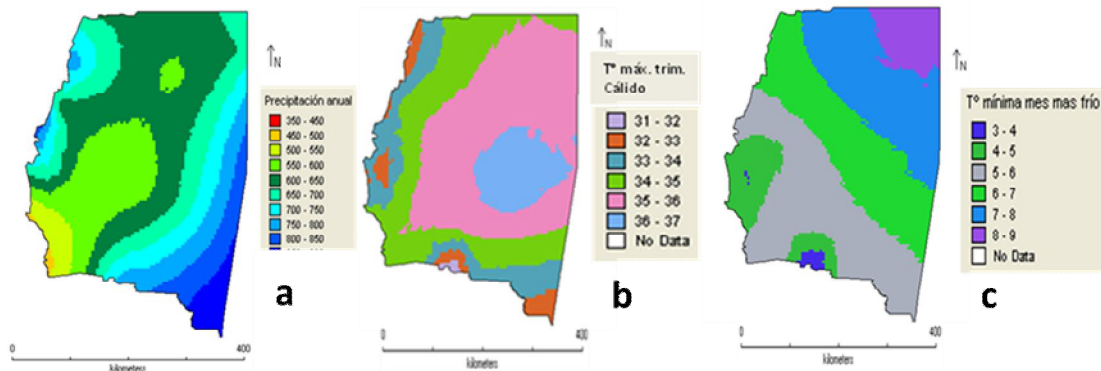


Figura 7. Parámetros meteorológicos empleados en la zonificación. **a.** Precipitación media anual; **b.** Temperatura máxima del trimestre más cálido y **c.** Temperatura mínima del trimestre más frío.
Fuente: Elaboración propia

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de la información obtenida de las observaciones y recolecciones realizadas a campo y de la información disponible en la bibliografía, así como de diversos estudios a los que se tuvo acceso sobre las diferentes colecciones entomológicas existentes en la región, se elaboró una base de datos en la que, para cada localidad, se registraron las coordenadas geográficas. Además, los datos obtenidos de la bibliografía fueron georeferenciados con el programa Biogeomancer, disponible en <http://www.biogeomancer.org>, que permite georeferenciar puntos con base en información del sitio. Se consultaron también las bases de datos conocidas como 'gazetteers', que son diccionarios geográficos que contienen listas de unidades administrativas (como municipalidades) con sus respectivas coordenadas geográficas, que se pueden usar para asignar información georeferenciada a puntos de interés.

Se realizó una primera aproximación digitalizando en un mapa las coordenadas de los puntos en las que fueron detectadas las diferentes especies del género. De las cinco especies identificadas en la ecorregión del Parque Chaqueño Seco, tres de ellas fueron empleadas para realizar los correspondientes análisis predictivos: *D. austrinus*, *D. confertus* y *D. ceylonicus*. Las especies con las que no se pudo realizar el mapeo fueron *D. tomentosus* y *D. salmianus*. Esto se debió a que los registros de presencia resultaron escasos para la utilización confiable del software.

La distribución espacial de los dactylopidos se estableció en base a la presencia de las especies en la región. Esta presencia, en cada localidad o paraje, se registró en una base de datos (Anexo 2), en formato de matriz de presencia, a partir de registros de campo, complementados con consulta de colecciones entomológicas regionales, así como de instituciones oficiales, con registros de la familia *Dactylopiidae* para la región. La revisión de literatura actual y especializada fue determinante en la depuración y actualización de registros de presencia de las especies. Dicha base de datos incluye la fuente de información bibliográfica y la presencia de ejemplares de las especies involucradas en las colecciones revisadas.

Los datos de clima fueron obtenidos a partir de la base de datos de WorldClim (<http://biogeo.berkeley.edu/worldclim>), del período correspondiente a los años 1971-2000. Esta base de datos se presenta en la forma de archivos raster que fueron generados por interpolación de datos promedios mensuales de más de 46.000 estaciones

meteorológicas (Hijmans *et al.*, 2004). Este archivo utilizado en los SIG, presenta un área espacial dividida en celdas (o píxeles) regulares (cuadrículas). Cada celda está asociada al valor de un atributo, como por ejemplo la altitud, que corresponde al promedio del valor de este atributo sobre toda la superficie de la celda considerada. Todas las variables utilizadas fueron interpoladas a una resolución espacial de 2.5 minutos.

Para llevar a cabo la modelación de las especies, se tomaron los puntos de presencia, para evitar resultados erróneos sobre alguna/s de ella/s, debido a que la dinámica de la población, la fragmentación del hábitat, o la capacidad dispersiva son factores que pueden llevar a designar como ausencia una localización con características óptimas para la especie. Esta circunstancia es habitual cuando se trata con especies que no están en equilibrio con su medio o con organismos con grandes fluctuaciones interanuales en el tamaño poblacional, que pueden generar ausencias temporales, o también en organismos con baja detectabilidad, que originan ausencias aparentes. Cualquiera de estas situaciones podría encuadrarse en las especies modeladas.

Por tratarse de especies sésiles, cuya vida transcurre sobre la especie que las hospeda, sólo se emplearon para modelar las variables bioclimáticas. Dichos datos fueron formateados de manera adecuada para que Maxent pueda leer los archivos.

Posteriormente se seleccionó el formato de salida (*grid.*) entre las opciones que brinda el software, con el fin de que pueda ser exportado de esta manera a Diva-Gis. Este software permitió contextualizar y manipular la imagen para otorgarle a cada especie idéntico rango de probabilidad.

Las variables bioclimáticas que permite emplear el software son 19 (Anexo 3), de las cuales se seleccionaron las siguientes:

Tabla 2. Variables empleadas en la modelación de distribución de las especies

BIO1	Temperatura promedio anual (°C)
BIO2	Rango medio diario (temp max – temp min; promedio mensual)
BIO3	Isotermalidad (BIO1/BIO7) * 100
BIO4	Estacionalidad en temperatura (coeficiente de variación)
BIO5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
BIO6	Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
BIO7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO8	Temperatura media en el trimestre más lluvioso (°C)
BIO9	Temperatura promedio en el trimestre más seco (°C)
BIO12	Precipitación anual (mm)
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación en el trimestre más lluvioso (mm)
BIO17	Precipitación en el trimestre más seco (mm)

La selección de las variables se llevó a cabo tomando en cuenta la incidencia directa que las mismas tienen en la ecología de las especies, desechando aquellas variables que podrían estar correlacionadas y ocasionar algún sesgo en los resultados. Esto se debió realizar por la estacionalidad climática que presenta la región, situación que ocasiona coincidencia de los trimestres cálidos con húmedos y los fríos con secos.

Maxent estima la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la distribución lo más uniforme posible, sujeta a la condición de que el valor esperado de cada variable ambiental según esta distribución coincide con su media empírica. El resultado final es una expresión del tipo:

$$P(x) = \exp (C1 * F1(x) + C2 * F2(x) + C3 * F3(x) ...) / Z$$

Donde: C1, C2... son constantes; F1, F2... son las variables, y Z es una constante que asegura que la suma de todos los valores de P para todas las celdas sea 1.

La evaluación de los resultados obtenidos fue complementada con los parámetros proporcionados por el programa Maxent, la contribución de cada variable al modelo obtenido, y la gráfica de respuesta de la probabilidad de presencia según las variables explicativas que intervinieron en el ajuste de los modelos. Asimismo proporciona el AUC, que es un índice de probabilidad de que los sitios de presencia fueran clasificados al azar como sitios de ausencia y permite calcular la medida del error de predicción. Al llevar a cabo el modelo de probabilidad, el AUC nos proporciona dos valores de este índice de los cuales obtenemos un promedio; a este promedio le aplicamos el criterio de Edith (2002), que indica que una clasificación al azar tiene un valor de AUC de 0.5 y una clasificación perfecta obtendrá un valor de AUC de 1.0.

Generalmente los modelos de distribución de especies proporcionan resultados en una escala de idoneidad del hábitat de 0 a 100, o de probabilidad de presencia de 0 a 1 (Figura 8).



Figura 8. Escala de Maxent para indicar grados de probabilidad de presencia.

Los modelos de distribución de especies, en general, se pueden resumir de la siguiente manera:

El espacio geográfico como un mapa digital representa la idoneidad del hábitat o la probabilidad de presencia de la especie, según el método utilizado para construir la relación. Existen cinco elementos por destacar en cualquier modelo de distribución de especies: registros de presencia de la especie, variables ambientales almacenadas como coberturas digitales, un algoritmo que analiza la relación entre ambas entradas, un modelo definido en el espacio ecológico, y la representación geográfica del resultado en forma de mapa. (Figura 9)

Un modelo de distribución de especies puede representarse gráficamente del siguiente modo:

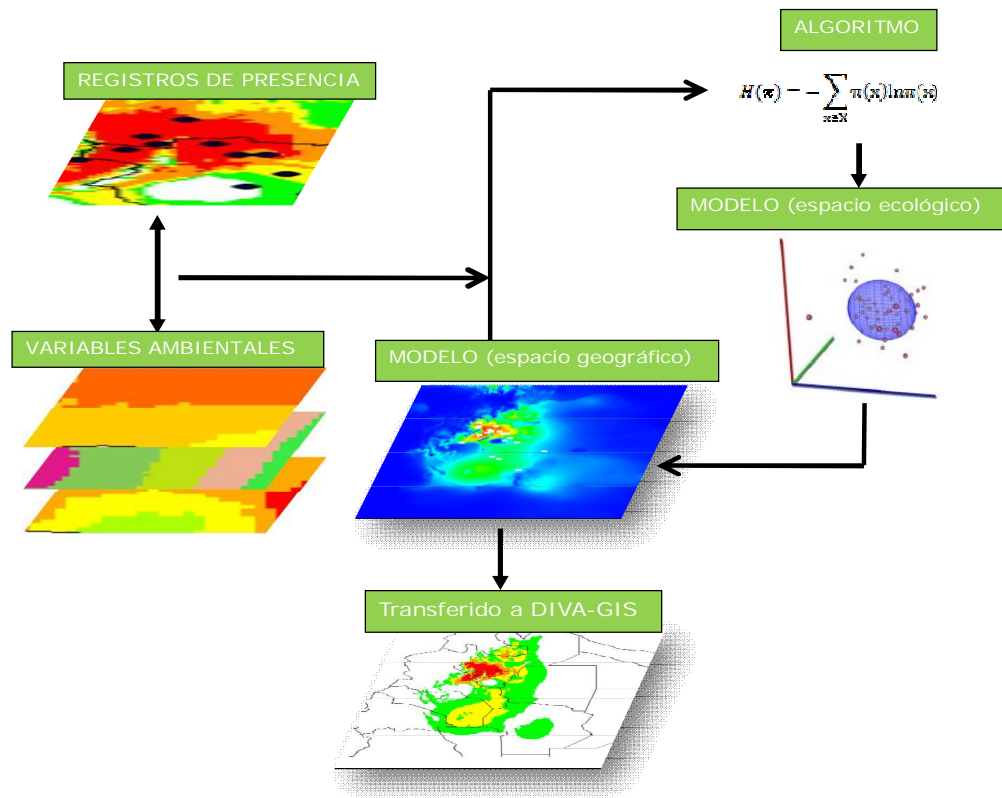


Figura 9. Elementos empleados en el modelo de distribución de especies y su secuencia lógica.

Con el objeto de zonificar la provincia se determinaron los requerimientos climáticos de *Dactylopius coccus* y agroecológicos de *Opuntia ficus-indica* en las áreas de origen de

las especies. Esto constituye una valiosa información ya que estas áreas representan la adaptación perfecta a las condiciones ambientales para las especies mencionadas con los siguientes parámetros:

- Identificación de los parámetros ambientales de las áreas de origen y donde las especies fueron introducidas con éxito, homogeneizados en cuanto a datos y escalas.
- Identificación de los rangos climáticos y agroecológicos según los propios requerimientos de las especies.

De esta manera se pudieron determinar los parámetros ambientales de las especies y, teniendo en cuenta la amplitud comprendida entre los valores extremos de dichos índices, se obtuvieron las tipologías ambientales que permitieron establecer las áreas de la provincia de Santiago del Estero que satisfacen dichos requerimientos.

Se estimaron las variables agroclimáticas del área de estudio que, debido a la deficiencia de estaciones meteorológicas, especialmente para obtener datos históricos, se empleó base de datos de WorldClim (Hijmans *et al.*, 2004). Las variables bioclimáticas se obtienen a partir de los valores mensuales de temperatura y precipitación, y representan las tendencias anuales para generar variables biológicamente más significativas. Todas las variables utilizadas fueron interpoladas a una resolución espacial de 5 km x 5 km.

Las capas de datos se generaron a través de la interpolación de los datos climáticos promedio mensuales de las estaciones meteorológicas. Esta base de datos consta de registros de precipitación de 47554 localidades, temperatura media de 24542 localidades y temperaturas mínimas y máximas de 14835 localidades

Los límites geográficos han sido tomados del sitio "Global Administrative Areas-GADM" en la versión 2.0, de enero de 2012. GADM: <http://www.gadm.org/>. El mismo contiene una base de datos mundial con diversos niveles administrativos (provincias, departamentos, etc.) para su uso en distintas aplicaciones SIG.

El sistema de coordenadas del paquete de datos en Latitud/Longitud y el Datum es WGS 84. Del mismo se obtuvieron archivos tipo "shape" del país, con límites provinciales y departamentales.

Se realizó el procesamiento de las imágenes LANDSAT TM y ETM+ del año 2011 (generadas entre septiembre y octubre de 2011) que poseen una resolución espacial de 30 m x 30 m y una resolución temporal de 16 días. Para este trabajo se utilizaron un total de 11 escenas, pertenecientes a los path y rows que se presentan a continuación:

Tabla 3. Escenas empleadas en el cubrimiento total de la provincia.

PATH	ROW
228	78, 79, 80 y 81
229	78, 79, 80 y 81
230	78, 79 y 80

Se importaron las imágenes Landsat 5 y Landsat 7, del sitio de la Universidad de Maryland que dispone de imágenes ortorectificadas del formato original "fast format" al formato de *img de ERDAS IMAGINE para realizar el mosaico y el compilado.

A partir de 30 puntos de control, se georreferenciaron y corrigieron geométricamente cada una de las imágenes satelitales. Se utilizó un polinomio de primer grado con el objeto de reducir las distorsiones espaciales, debido a que se realizó interpretación visual de las imágenes. Para ello se empleó el estándar 543-RVA, falso color, donde la cubierta vegetal se observa en tonos de verde, las áreas quemadas en negro a gris, variando según la cantidad de carbono residual de la vegetación calcinada. No fue necesaria la aplicación de correcciones atmosféricas.

Las imágenes fueron proyectadas al sistema de coordenadas Gauss-Krügger (sistema oficial de Argentina) correspondiente a la Zona 3 y 4, lo que permitió cuantificar la superficie según sus aptitudes en la provincia. La descripción general de la provincia es resultado de la recopilación y sistematización de información previa y el procesamiento de datos disponibles más recientes.

Con el fin de obtener un mapa de las áreas con aptitud para albergar el binomio tuna-cochinilla se combinaron las capas raster, seleccionando los parámetros que limitan la vida de las especies. Así se tomaron como límites: los requerimientos térmicos ($< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$), e hídricos ($> 800\text{ mm}$) para *Dactylopius coccus*; para *Opuntia ficus-indica* se agregó el factor edáfico. Esto se llevó a cabo utilizando la herramienta *Grid Overlay provisto por* Diva-Gis, y permite reclasificar los rangos a clases, asignando el valor de cero a aquellas

celdas cuyos valores se hallen fuera del rango previsto para la especie, y valor de uno a aquellas celdas cuyos valores se hallen dentro del rango requerido, asignando un nombre al nuevo raster generado a partir de la combinación de capas. Una vez determinadas las áreas en las que no sería posible el cultivo de la especie, se procedió a realizar las restricciones correspondientes sobre la base de la oferta ambiental y edáfica de la provincia.

La intersección lógica de los mapas de aptitud es el resultado del mapa de áreas con potencial climático y agroecológico para cada una de las especies estudiadas, lo que implica que en el proceso se generó un mapa de aptitud por cada especie analizada. Posteriormente, dichos mapas fueron transformados a shape mediante el uso de ArcView 3.1, siguiendo los procedimientos que se observan en la Figura 10.

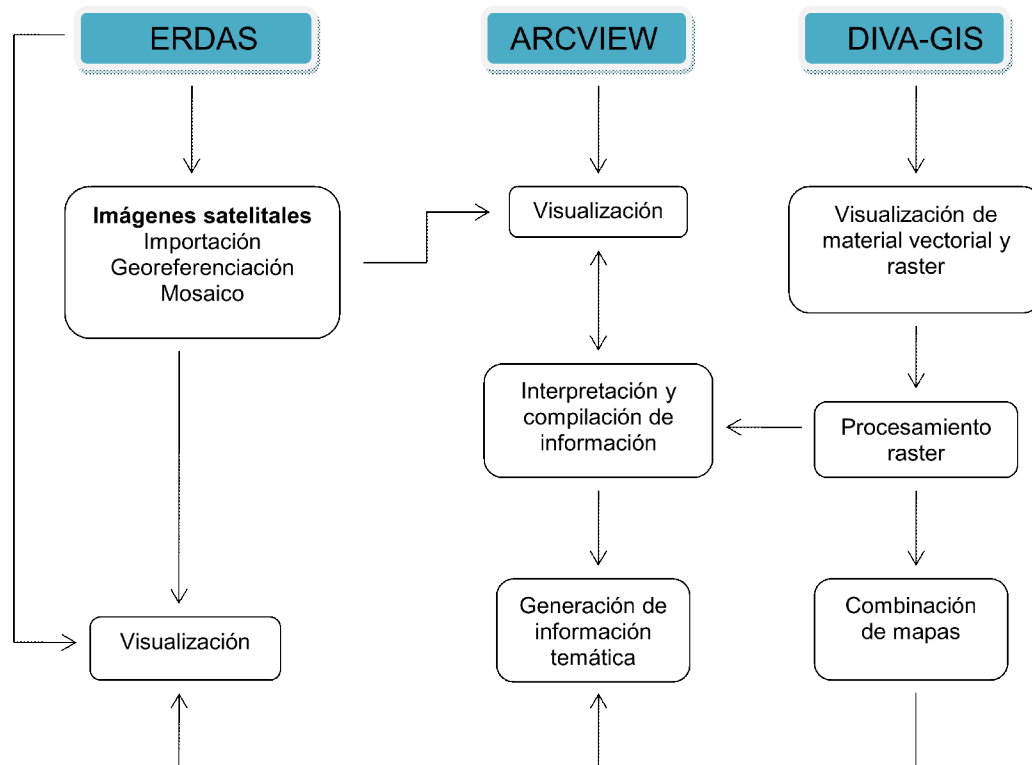


Figura 10. Plataformas utilizadas y su relación con los procedimientos realizados en la zonificación en la fase de teledetección

Para determinar la aptitud agroclimática de la provincia de Santiago del Estero, se analizaron las necesidades climáticas de las especies a partir de bibliografía nacional e internacional y se graficaron las disponibilidades térmica e hídrica, empleando datos climáticos para el período 1971-2000. Así se mapearon las isohietas medias anuales,

resaltando las correspondientes a 150 mm y 300 mm. Se clasificó como área marginal a las isohietas medias anuales superiores a 800 mm, y como apta cuando el valor estuvo comprendido entre 400 y 800 mm.

Se mapearon además las isotermas medias anuales, y se clasificó como áreas aptas aquellas con temperaturas medias anuales superiores a 12 °C (Sosa y García, 1997), y se resaltó como áreas óptimas, las que comprendidas en el rango de 16 a 28 °C (Cony *et al.*, 2008). En este contexto, se obtuvieron los mapas con las áreas provinciales que proporcionan la mejor oferta ambiental para la producción de ambas especies.

1.3 RESULTADOS

Tal como se observa en los mapas de distribución de las especies (Fig. 11), y haciendo un análisis de los datos de la tabla incluida en Anexo 2, se puede diferenciar el área en la que se presenta *Dactylopius austrinus*, que es en serranías, que superan los 500 m de altitud, en la franja más occidental del Parque Chaqueño, desde la provincia de Jujuy hasta La Rioja. La especie más registrada y de mayor área de dispersión en la República Argentina es *Dactylopius ceylonicus*, presente en siete de las once provincias que forman parte del Parque Chaqueño Seco. Se la encontró en lugares situados entre 50 y 3000 m de altitud, con amplitudes térmicas que van desde los 0 °C en invierno hasta los 40 °C en verano, lo que demuestra la gran capacidad de adaptación de esta especie a diferentes condiciones ambientales.

La especie que tiene el registro más austral de la región es *D. confertus*, que llega hasta la provincia de San Luis; este sería un indicador de que la especie puede adaptarse a temperaturas más bajas que el resto.

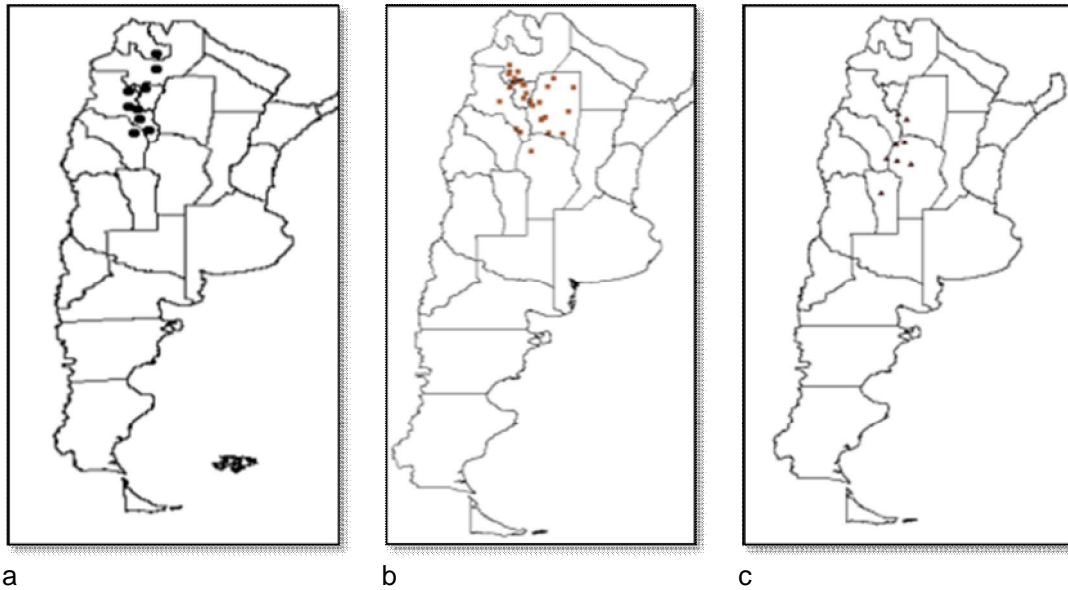


Figura 11. Registros de presencia de: **a)** *D. austrinus*, **b)** *D. ceylonicus* y **c)** *D. confertus*
 Fuente: Diodato *et al.*, 2010)

Las dos especies restantes (*D. salmianus* y *D. tomentosus*) presentes en el Parque Chaqueño seco, se encuentran en menor proporción que las anteriores, en un número que resulta insuficiente para la realización de cualquier análisis.

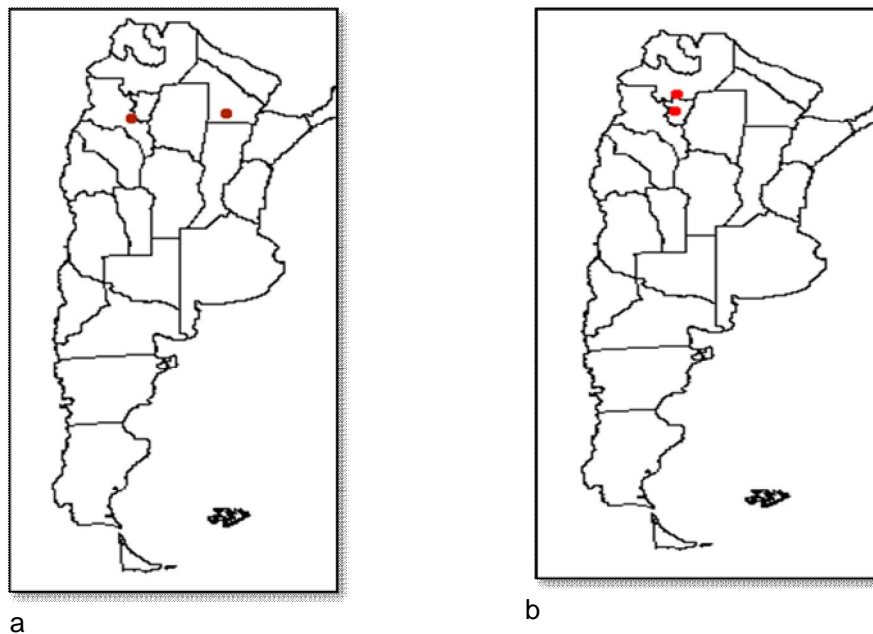


Figura 12. Registros de presencia de: **a)** *D. salmianus*, y **b)** *D. tomentosus*.
 Fuente: Diodato *et al.*, 2010.

Cabe resaltar, que se trata de especies que no han sido muy estudiadas y por lo tanto los resultados que se obtengan permitirán incrementar la exploración, con el fin de obtener nuevos puntos o localidades de presencia para futuros estudios.

El género *Dactylopius* está bien representado en el Parque Chaqueño Seco ya que se encuentran cinco de las seis especies mencionadas para la República Argentina, del total de nueve que constituyen el género.

La especie identificada en mayores puntos de muestreo, es *D. ceylonicus*, con una presencia ampliamente superior a las otras (Anexo 2), representadas gráficamente en la Figura 13. Esto podría ocurrir debido a que los muestreos fueron realizados en determinados sectores de la región en los que se concentraron estudios de investigación de ciertas instituciones como universidades, ONGs, y otros, pero las áreas más alejadas de éstos aún no fueron lo suficientemente exploradas, por lo cual el presente estudio podría aportar información importante.

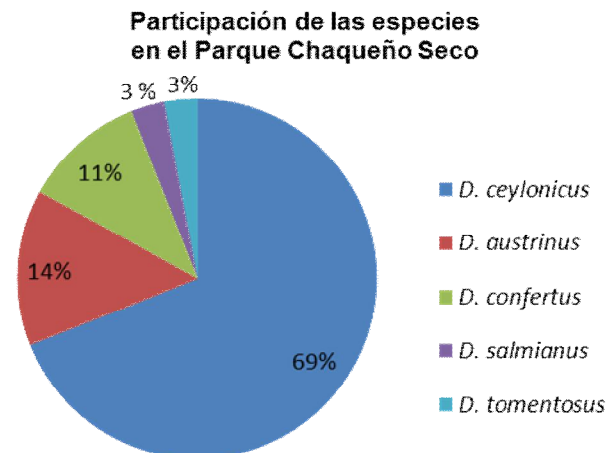


Figura 13. Porcentaje de registros de las especies de *Dactylopius* en la región

1.3.1 Modelos de Distribución de las Especies

Dactylopius ceylonicus

A la salida obtenida de Maxent se la transforma a formato *grd*. para que pueda ser exportada a Diva-Gis. Para los registros de presencia establecidos en Anexo 2, para la especie es la siguiente:

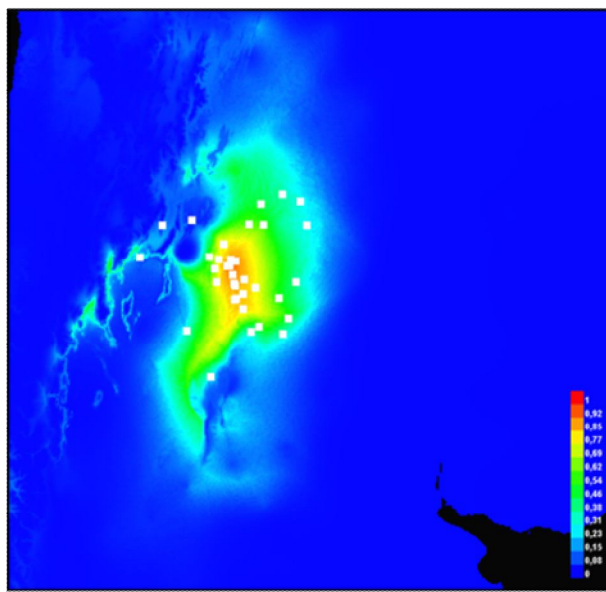


Figura 14. Imagen Maxent con la distribución hipotética de *D. ceylonicus*. Los puntos blancos indican los registros de la especie (presencia) con los que se elaboró el modelo.

La imagen usa los colores para indicar la probabilidad que presentan las áreas para albergar la especie en estudio, el rojo indica una alta probabilidad de condiciones adecuadas para la especie, verde indica las condiciones típicas de aquellos lugares donde la especie se encuentra, y las sombras más tenues de azul indican una baja probabilidad de condiciones adecuadas.

Contextualizando la imagen anterior con un mapa vectorial con la división política de Argentina en Diva-Gis, se pueden observar las áreas donde el insecto tiene los diversos valores de probabilidades de ocurrencia, según su la escala cromática de la Figura 15.

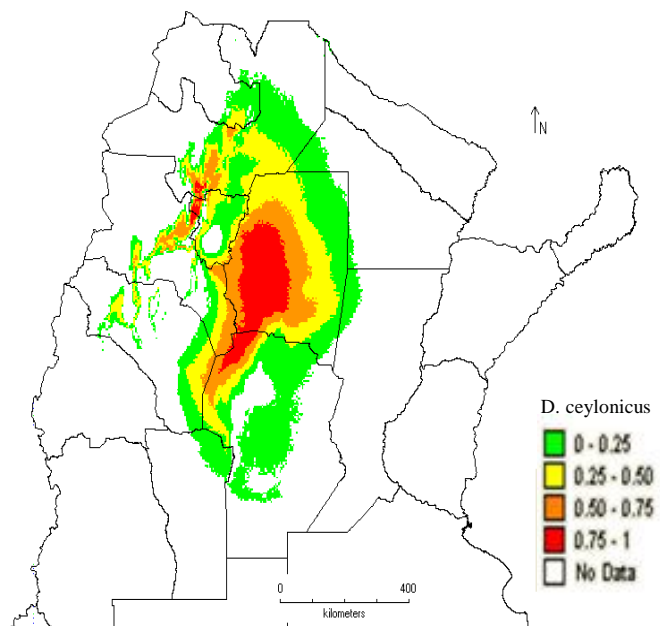


Figura 15. Distribución hipotética de *Dactylopius ceylonicus*. Los tonos rojos muestran las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de la especie; los tonos verde claro indican áreas con menor probabilidad de ocurrencia.

Las condiciones adecuadas predichas como altamente probables para la especie *D. Ceylonicus* abarca gran parte (centro-sur) de la provincia de Santiago del Estero, noroeste de Córdoba, y una pequeña área al sur de Salta y noroeste de Tucumán.

La cantidad y la distribución de los registros obtenidos para la especie fueron importantes. Esto permitió un muy buen desempeño del programa. El número de variables explicativas intervinientes en el modelo fue significativo ya que participaron diez de las trece variables empleadas.

El programa generó la Tabla 3 que muestra las variables que intervienen en el modelo, ordenadas en función su porcentaje de contribución. El caso de *D. ceylonicus*, las variables son las siguientes:

Tabla 4. Contribución de las variables en la distribución de *D. ceylonicus*

Variable	Contribución (%)
T° promedio Anual	36.8
Precip. trimestre más seco	19.3
Precip. trimestre más húmedo	16.6
Rango medio diario (T°)	12.3
T° media trimestre más seco	8
T° mín. trimestre más frío	3.1
Estacionalidad de T° (CV)	1.6
Estacionalidad de precip. (CV)	1.3
T° media trimestre más húmedo	0.6
Isotermalidad	0.3
T° máx. trimestre más cálido	0
Precipitación Anual	0
Rango anual de T°	0

Las variables con mayor contribución al modelo (Tabla 3) fueron: Temperatura Anual promedio (36.8%), precipitación en el trimestre más seco (19.3%), precipitación en el trimestre más húmedo (16.6%) y rango medio diario de temperatura (12.3%). Por lo tanto, se observa una fuerte relación de la especie con las precipitaciones según la estación del año (35,9%), ya que se trata de un género que se caracteriza por habitar zonas semiáridas con bajas o nulas precipitaciones en invierno, típicas áreas de distribución de cactáceas, que son las plantas que las hospedan. Por otro lado, el rango medio diario, definido como la diferencia entre temperatura máxima y mínima diaria, marca la importancia de la amplitud térmica diaria en la supervivencia y el desarrollo de la especie.

Estas contribuciones no deberían entenderse estrictamente como la causa de la distribución de los insectos sino como las variables que contribuyen en mayor medida a llegar a una buena separación entre las zonas idóneas y las inadecuadas. Es posible que tengan un sentido biológico claro o simplemente que actúen como indicadores. Para analizar ese posible sentido biológico se deben examinar las curvas de respuesta de predicción con cada variable de manera independiente (Figura 17):

Para la construcción del mapa se utilizaron 44 registros de presencia, y ésta fue la especie más muestreada del género. Esto contribuyó a que los valores de AUC (Área Bajo la Curva) muestren el mejor ajuste de todas las especies modeladas, con un valor de 0.971 (Figura 16).

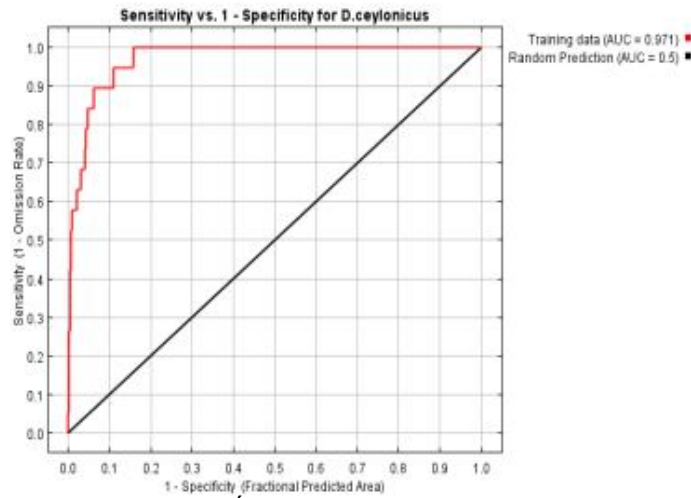


Figura 16. Gráfica del Área Bajo la Curva (AUC) para *D. ceylonicus*.

Para esta especie también se obtuvieron las curvas de respuesta de probabilidad de presencia para las variables explicativas de mayor importancia en la construcción del modelo:

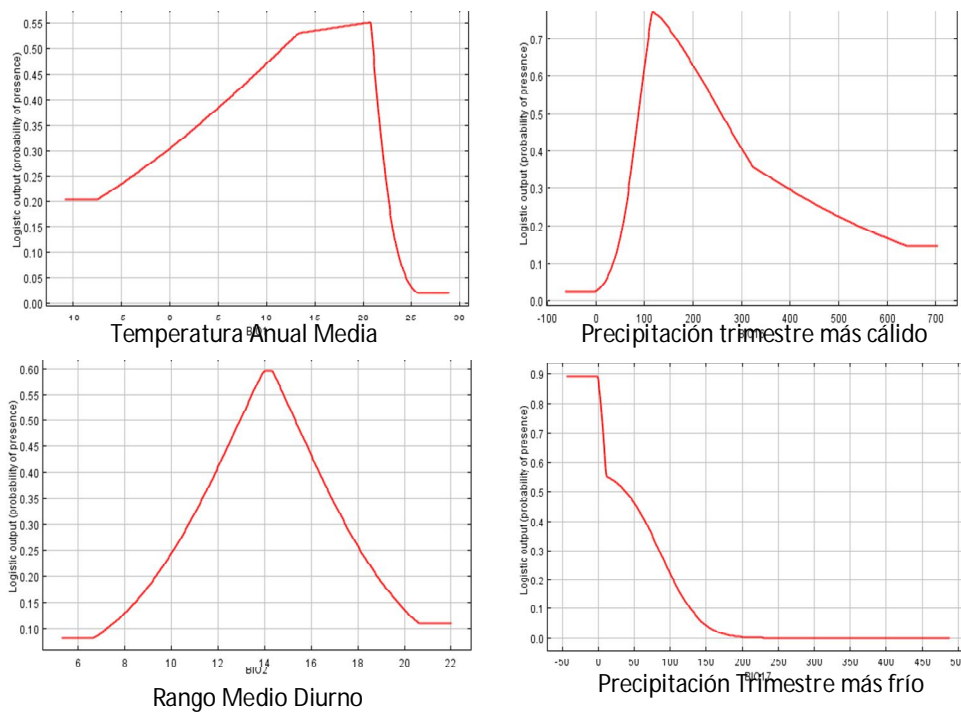


Figura 17. Respuestas de las variables intervinientes en el ajuste para *D. ceylonicus*.

Las variables de mayor peso en el ajuste del modelo muestran que la temperatura anual media ideal para la especie se halla en 21 °C, mientras que la precipitación en el

trimestre más húmedo es de 110 milímetros, el Rango Medio Diurno entre 14 y 15 °C; y la ausencia de precipitación durante el Trimestre más seco.

Dactylopius austrinus

La Imagen obtenida de Maxent para los registros de presencia es la siguiente:

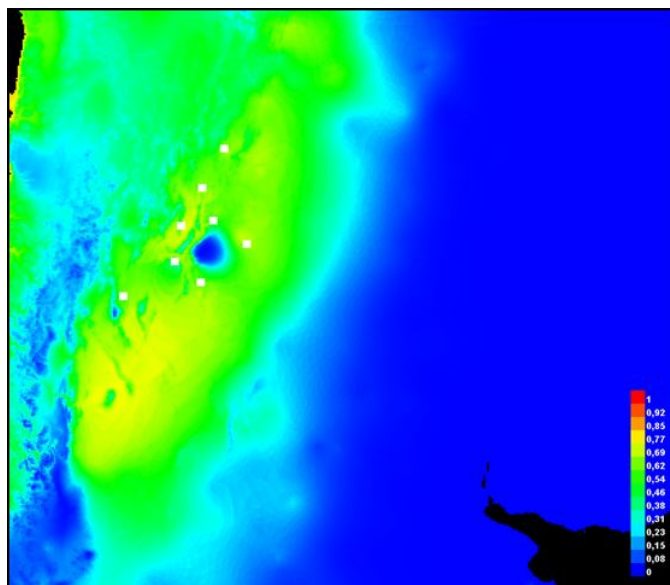


Figura 18. Imagen de Maxent para la especie *D. austrinus*. Los puntos blancos son los registros de la especie (presencia), obtenidos para la elaboración del modelo.

En color blanco se pueden apreciar los sitios en que se muestreó la especie. Si bien esta imagen no posee una gama amplia de colores que permita diferenciar claramente las áreas más aptas de las que no lo son, cuando la imagen es transferida a DivaGis, éste permite manipularla de manera tal de ampliar o reducir los rangos de probabilidad de ocurrencia, y así alcanzar una mejor definición en el mapa de distribución de la especie.

Contextualizando dicha imagen con un mapa vectorial con la división política provincial de Argentina en DivaGis, se pueden observar las áreas donde el insecto tiene los diversos valores de probabilidades de ocurrencia, según la escala cromática de la Figura 19.

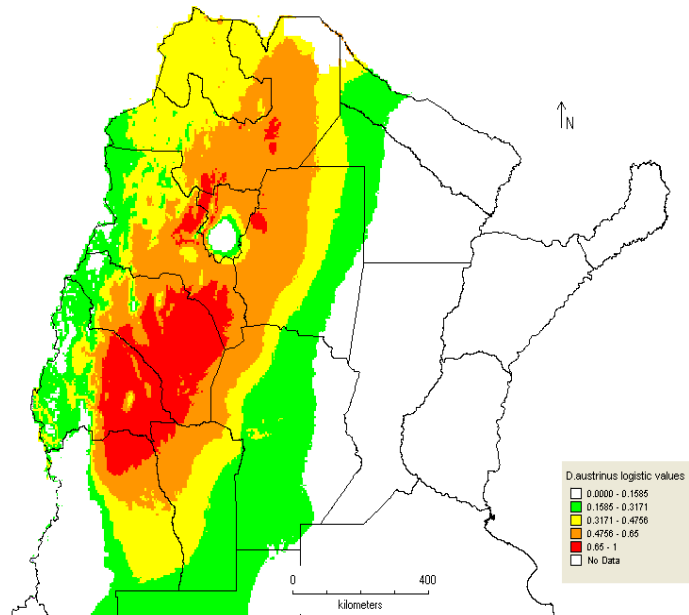


Figura 19. Distribución hipotética de *Dactylopius austrinus*. Los tonos rojos muestran las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de la especie; los tonos verde claro indican áreas con menor probabilidad de ocurrencia

Si se hace una comparación de los puntos de muestreo con el área de distribución hipotética, se puede observar que dicha área se extiende hacia el sur y oeste de los puntos de presencia, lo que indica el hábitat idóneo para la especie amplía el rango de distribución conocido, resultando necesario incrementar el esfuerzo de muestreo en las áreas allí indicadas.

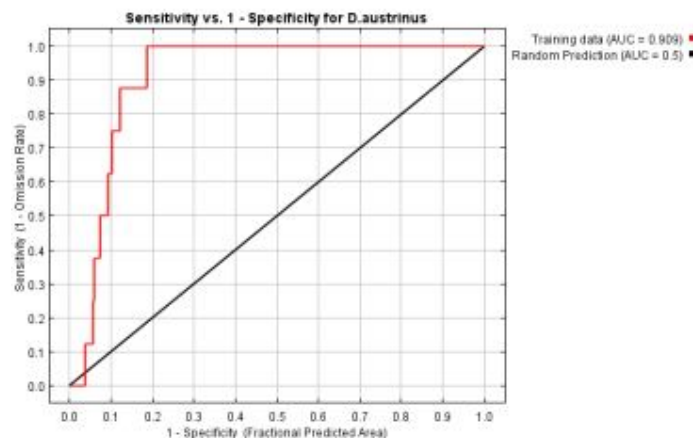
Seis de la 13 variables explicativas intervinieron en el modelo para *D. austrinus*. La tabla muestra estas variables ordenadas en función de su contribución porcentual al modelo, de la siguiente manera:

Tabla 5. Contribución de las variables independientes en la distribución de *D. austrinus*

Variable	Contribucion (%)
Precip.trimestre más seco	74.4
Isotermalidad	8.4
Precip.trimestre más húmedo	7.1
Rango medio diario(T°)	5.1
T° media trimestre más seco	3.0
T° mín. trimestre más frío	2.0
Estacionalidad de T° (CV)	0
Estacionalidad de precip. (CV)	0
T° media trimestre más húmedo	0
T° promedio Anual	0
T° máx. trimestre más cálido	0
Precipitación Anual	0
Rango anual de T°	0

En este caso, las variables que más contribuyeron al modelo fueron: precipitación en el trimestre más seco (74,4%), isotermalidad (8,4%) y precipitación en el trimestre más húmedo (7,1%).

La calidad del mapa fue evaluada a través del estadístico AUC. Aunque la cantidad de puntos de muestreo utilizados para obtener el mapa de distribución es bajo, los mismos demostraron un muy buen ajuste a las variables, como lo demuestra el valor de AUC de 0.909 (Fig. 20).

**Figura 20.** Grafica del AUC para los registros de *D. austrinus*

En la Figura 21 se presentan las curvas de respuesta de probabilidad de presencia para las variables explicativas de mayor importancia en la construcción del modelo:

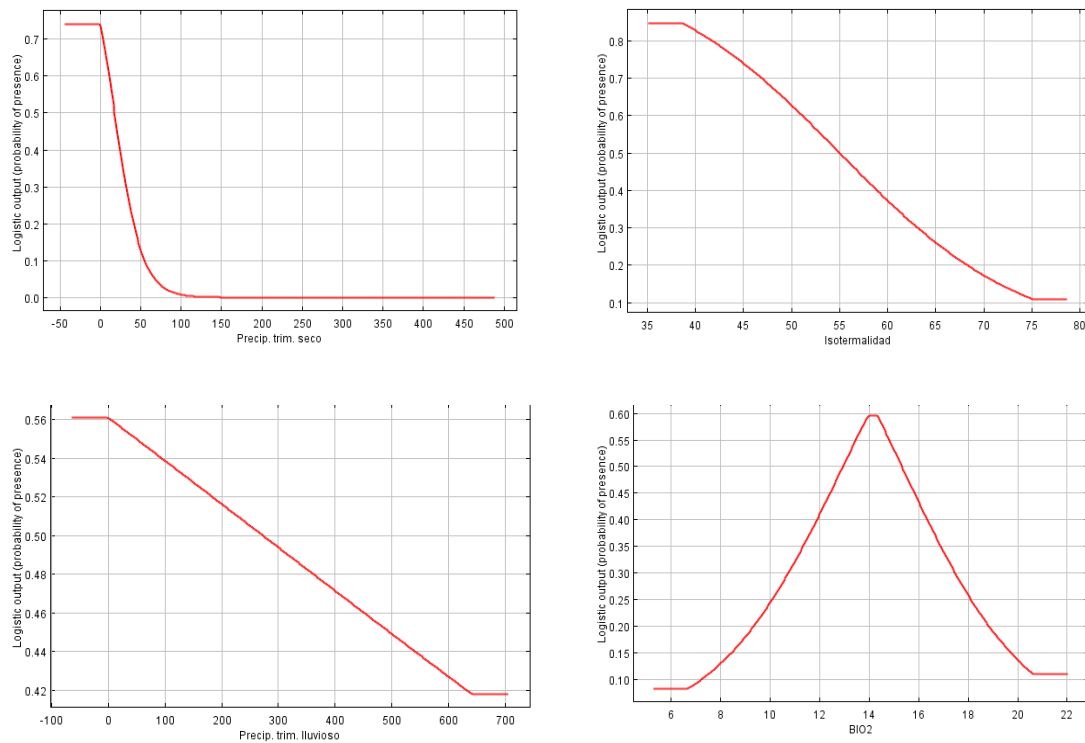


Figura 21. Respuesta de la probabilidad de presencia según las variablesexplicativas que intervinieron en el ajuste del modelo para *D. austrinus*

En los gráficos individuales se puede observar la importancia que las precipitaciones tienen en el desarrollo y supervivencia de la especie. La ausencia de lluvias favorece al óptimo desarrollo del insecto; a medida que estas se acumulan, la probabilidad de presencia de la especie va disminuyendo, situación que se presenta en cualquier época del año. Los valores de precipitación más favorables son entre 150 y 650 mm, aunque, tal como ocurre con todas las especies del género, la importancia de las lluvias está dada por su intensidad, ya que las precipitaciones torrenciales arrastan al insecto, ocasionando su muerte.

Dactylopius confertus

La imagen que Maxent (Fig. 22) muestra los registros de presencia con los que se modeló. Al igual que la especie anterior, no se aprecia una clara delimitación entre las áreas de mayor y las de menor aptitud para el desarrollo de la especie, posiblemente debido a la escasa cantidad de registros con que se trabajó.

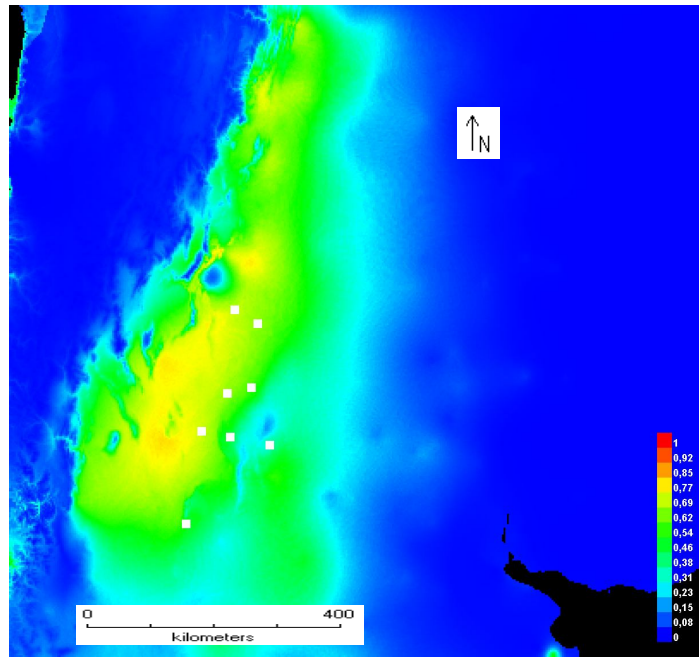


Figura 22. Imagen de Maxent para la especie *D. confertus*. Los puntos blancos son los registros de la especie (presencia), obtenidos para la elaboración del modelo

Cambiando el formato de la imagen, y transfiriéndolo a DivaGis, se amplían los rangos de distribución hipotética de la especie, y el mapa adquiere una mejor visualización y contextualización para la especie en estudio.

Contextualizando dicha imagen con un mapa vectorial con la división política provincial de Argentina en DivaGis, se pueden observar las áreas donde el insecto tiene los diversos valores de probabilidades de ocurrencia, según la escala cromática de la Figura 23.

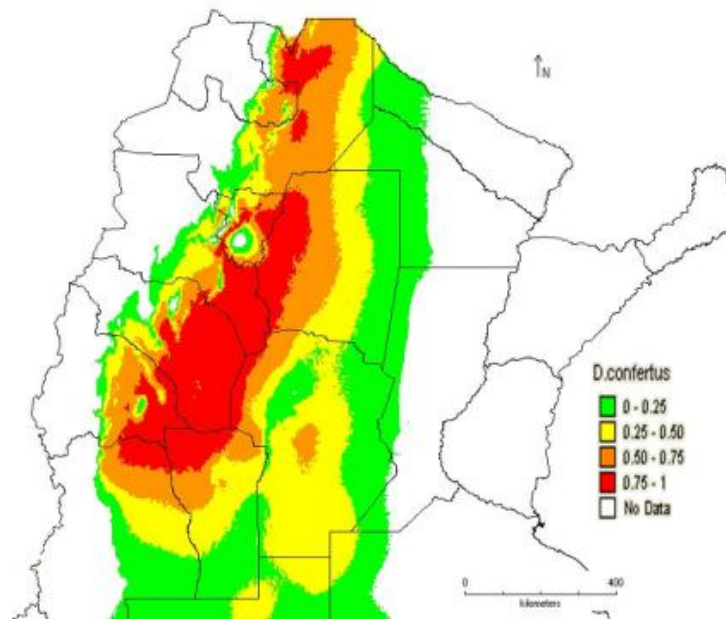


Figura 23. Distribución hipotética de *Dactylopius confertus*. Los tonos rojos muestran las áreas con mayor probabilidad de ocurrencia de la especie; los tonos verde claro indican áreas con menor probabilidad de ocurrencia

Se puede observar en el mapa que los puntos de muestreo se hallan hacia el este del área de mayor probabilidad de ocurrencia de la especie, lo que sugiere la conveniencia de incrementar el esfuerzo de muestreo en las áreas indicadas como más probables por el software.

En el modelo para *D. confertus* intervinieron seis de las 13 variables explicativas utilizadas. Éstas se exhiben en la Tabla 5, ordenadas en función de su contribución porcentual al modelo:

Tabla 6. Contribución de las variables en la distribución de *D. confertus*.

Variable	Contribucion (%)
Precip. trimestre seco	54.9
Estacionalidad en t°	19.7
T° media trim. lluvioso	18.4
Rango medio diurno	3.5
Precip. trimestre lluvioso	3.3
Estacion.de precipitación	0.1
T° mín per. más frío	0
T° máx. período más cálido	0
T° media trim. seco	0
T° Prom. anual	0
Rango anual de t°	0
Precipitación. anual	0

En este caso, las variables con mayor participación en el modelo, y el porcentaje de contribución de cada una, fueron: precipitación en el trimestre más seco (54,9%), estacionalidad en temperatura (19,7%) y temperatura media del trimestre más lluvioso (18,4%).

Los puntos de muestreo utilizados para obtener el mapa de distribución demostraron un muy buen ajuste a las variables como lo indica el valor de AUC (Área Bajo la Curva) de 0.916.

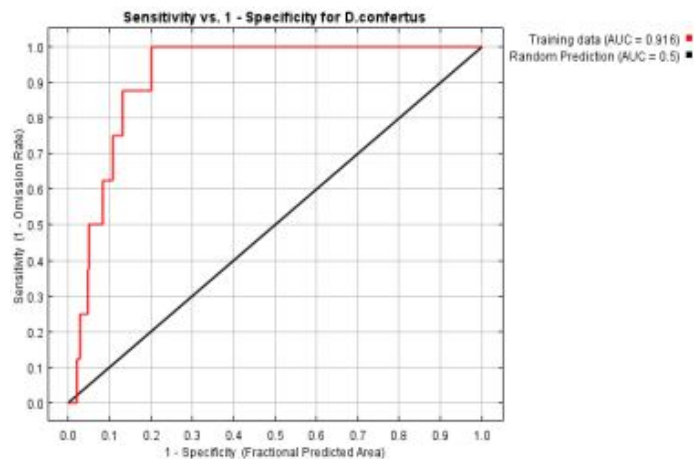


Figura 24. Grafica del AUC para los registros de *D. confertus*.

Las gráficas de respuesta de probabilidad de presencia para las variables explicativas de mayor importancia en la construcción del modelo son las siguientes:

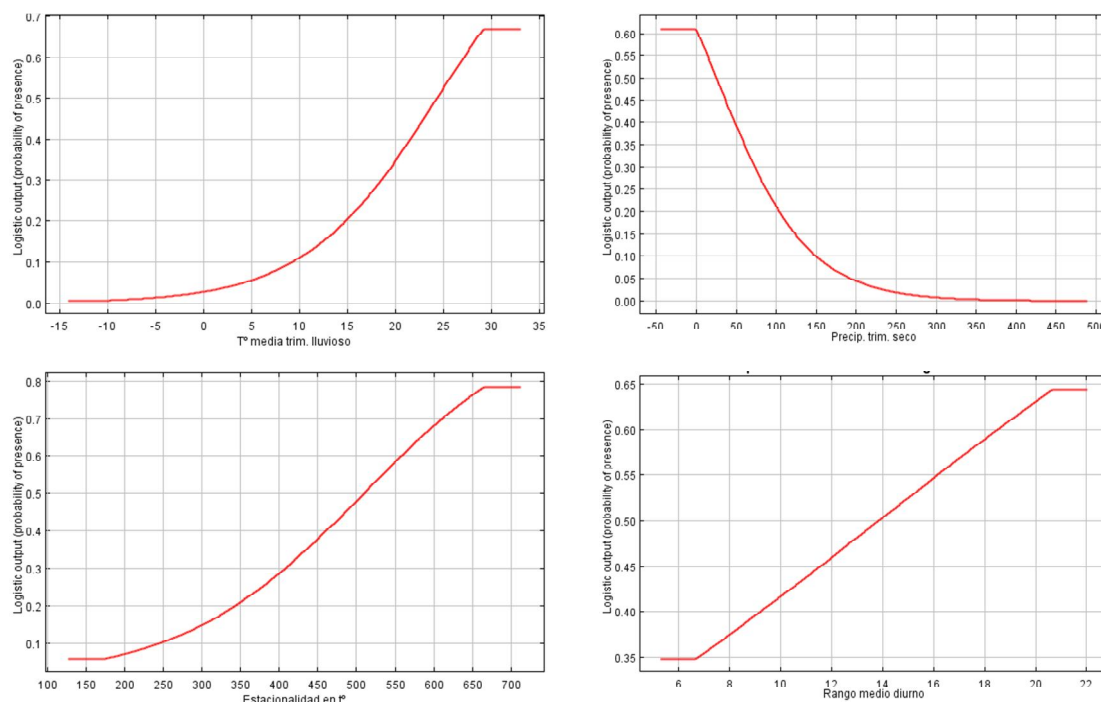


Figura 25. Respuesta de la probabilidad de presencia según las variables explicativas que intervinieron en el ajuste de los modelos para *D. confertus*.

Se observa en las gráficas individuales que las temperaturas promedio en el período más húmedo por encima de los 25 °C y la ausencia de lluvias durante el período seco son factores que favorecen al óptimo desarrollo de la especie, a medida que las precipitaciones se acumulan, la probabilidad de presencia va disminuyendo.

1.3.1 Zonificación climática de *Dactylopius coccus* Costa y agroecológica de *Opuntia ficus-indica* para la provincia de Santiago del Estero

A partir de la digitalización de las imágenes satelitales en las áreas correspondientes a cuerpos de agua y salinas en la provincia, se obtuvo el mapa temático base correspondiente a las áreas no aptas para los cultivos en estudio (Fig. 26).

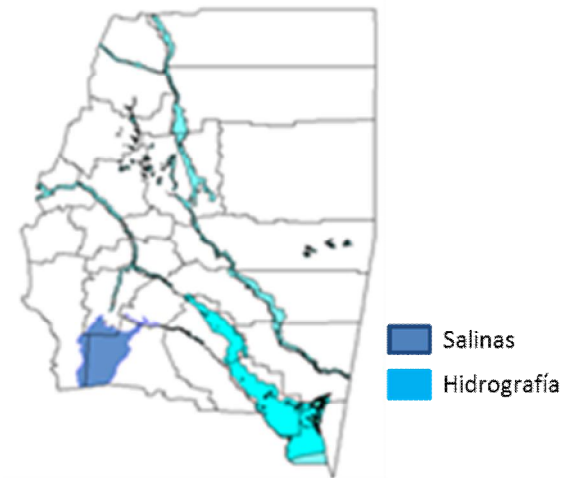


Figura 26. Hidrografía y salinas de la provincia.
Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las restricciones impuestas por los requerimientos de las especies en estudio, se llevó a cabo la combinación de capas ambientales dentro de los rangos indicados.

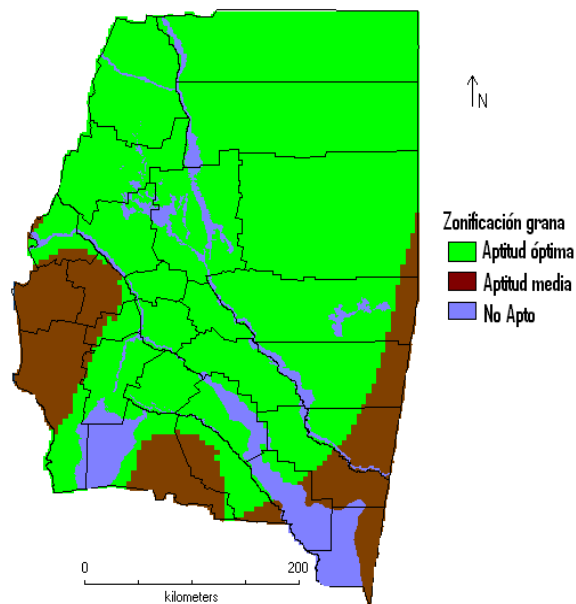


Figura 27. Imagen de Zonificación climática de la provincia de Santiago del Estero, para *Dactylopius coccus* Costa, en formato raster (grid).

El mapa raster obtenido de Diva-Gis, fue transformado a formato vectorial con el empleo de ArcView3.1, para una mejor visualización, manipulación y cálculo de superficies.

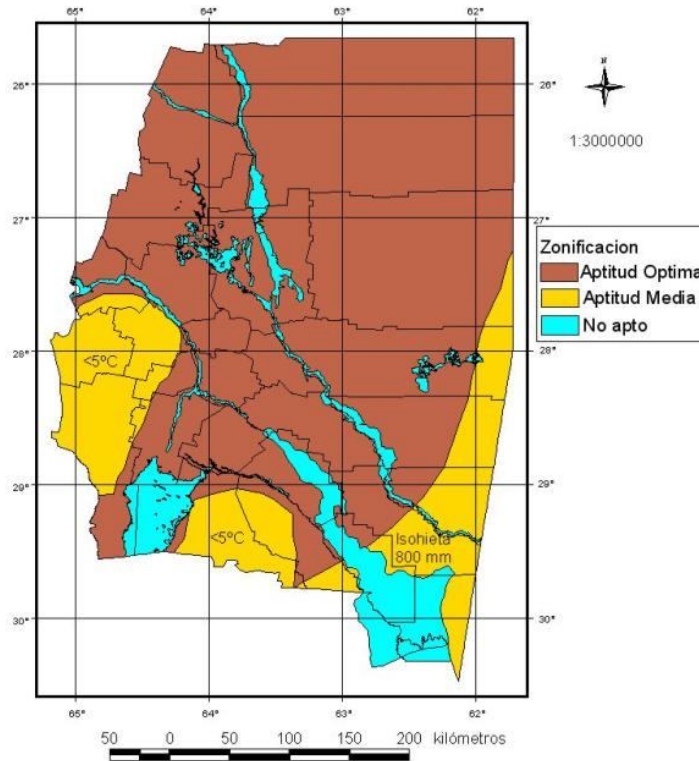


Figura 28. Zonificación climática de *Dactylopius coccus* para Santiago del Estero, en formato vectorial (archivo de forma)

Tomando en consideración la clasificación aptitudinal presentada en el mapa de la provincia, las superficies en hectáreas y porcentaje de territorio apto para cultivo de grana cochinilla, son las siguientes:

Tabla 7. Superficie apta para la cría de grana cochinilla.

Superficie en Hectáreas	Porcentaje de territorio
9.137.156,4	67%
3.070.152,6	22.5%
1.427.791	10.5%

El contraste entre la superficie de tierras con aptitud para el cultivo de grana cochinilla, de la que no la posee se puede apreciar de manera gráfica en el siguiente gráfico:

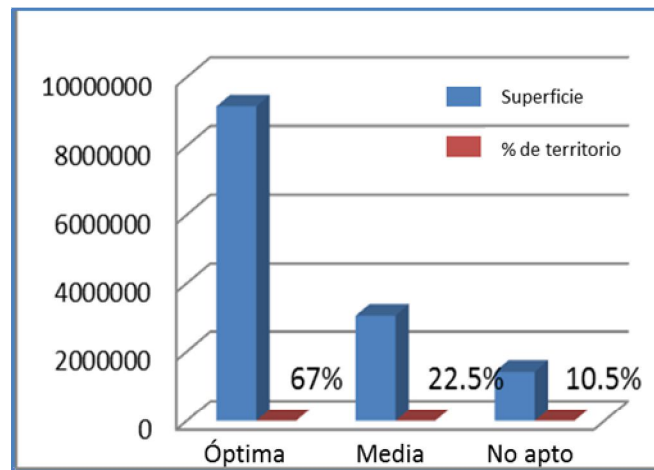


Figura 29. Proporción de superficie y porcentaje de territorio según su aptitud para producción de grana cochinilla.

Partiendo de las restricciones impuestas para la especie, se procedió a la combinación de capas ambientales de acuerdo con los requerimientos edafoclimáticos de la tuna, y se obtuvo el mapa de zonificación que se exhibe en la Figura 30.

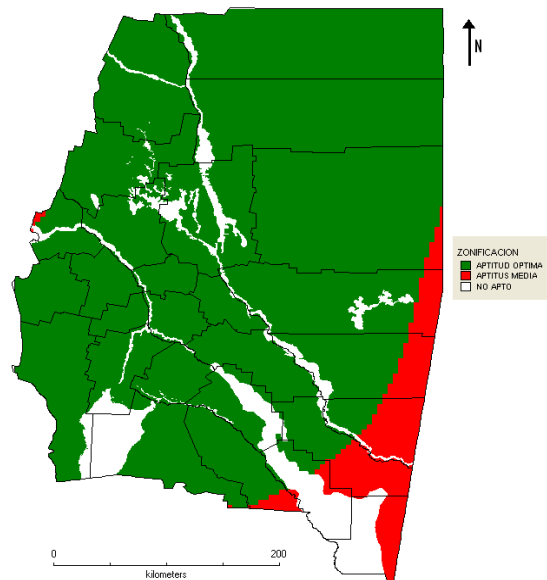


Figura 30. Imagen de Zonificación agroecológica de la provincia de Santiago del Estero, para *Opuntia ficus-indica* en formato raster (grid).

De la misma manera que se trabajó en el caso anterior, la imagen fue transformada de formato raster a shape, con las posibilidades que brinda Arcview de contextualización, obteniéndose la siguiente:

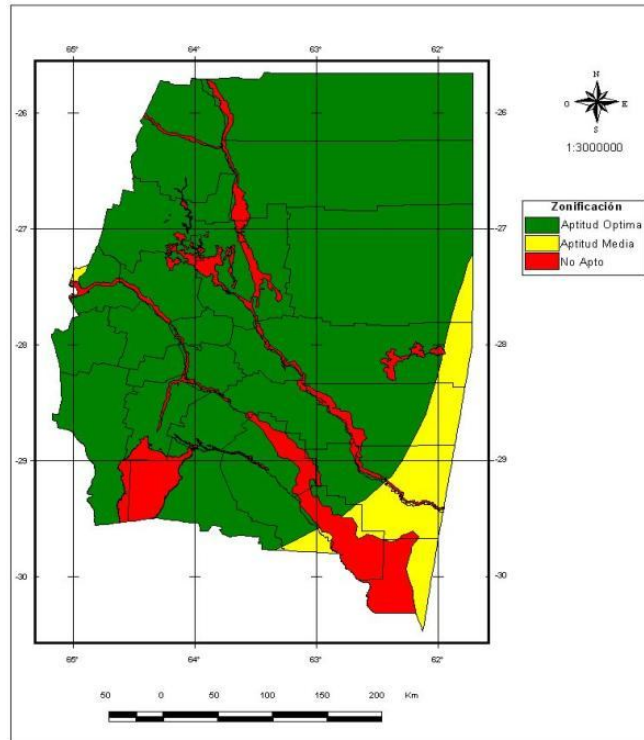


Figura 31. Zonificación agroecológica de *Opuntia ficus-indica* para Santiago del Estero, en formato vectorial (archivo de forma).

Manteniendo la misma clasificación aptitudinal para el cultivo de tuna en la provincia, las superficies en porcentaje son las siguientes:

Tabla 8. Proporción del territorio con aptitud agroclimática para el cultivo de tunas en la provincia de Santiago del Estero.

Superficie en Hectáreas	Porcentaje de territorio
11.118.858	81.5 %
1.088451	8 %
1.427.791	10.5 %

La marcada diferencia entre las tierras aptas y las no aptas para el cultivo de tuna en la provincia se puede observar claramente en la Figura 32.

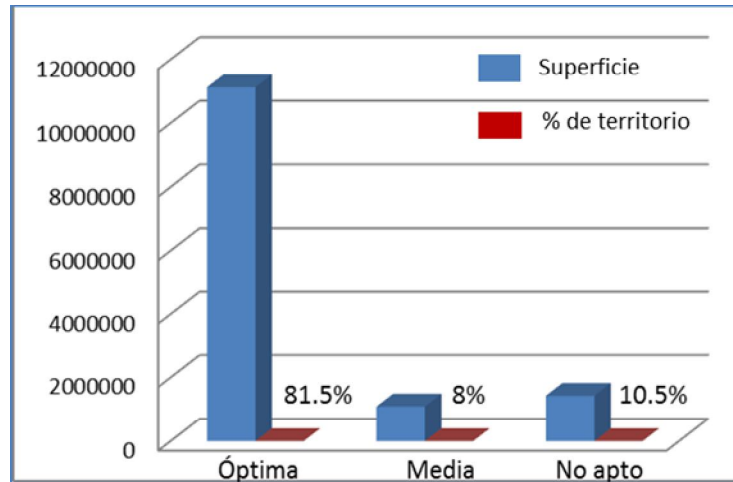


Figura 32. Proporción de superficie y porcentaje de territorio según su aptitud para producción de tuna.

Si se comparan las superficies aptas para dichos cultivos, respecto con las superficies de tierras forestales y agrícolas, (Tabla 22), se puede inferir que existe en la provincia una gran disponibilidad de tierras que pueden destinarse a estas actividades.

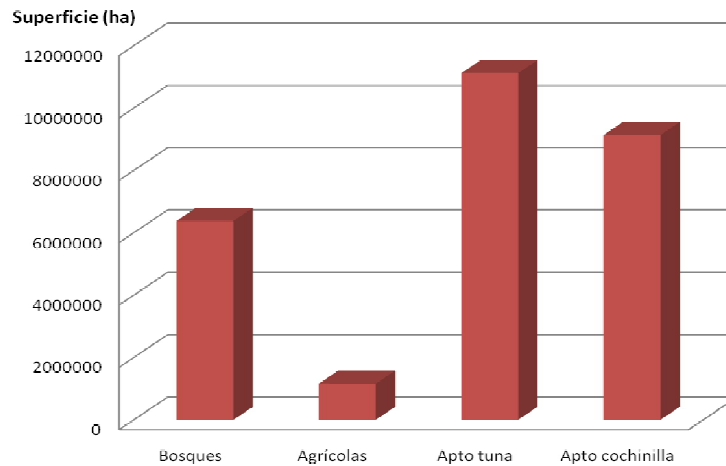


Figura 33. Superficies aptas para cultivo de tuna y cochinilla comparadas con el actual uso del suelo en la provincia de Santiago del Estero

1.4 DISCUSIÓN

En la actualidad, la aproximación al modelado con Maxent se extiende a numerosos grupos taxonómicos, distintas áreas geográficas y diversos objetivos específicos (Ferrier, *et. al.*, 2007; Guisan, *et.al.*, 2007a; Giovanelli, *et. al.*, 2008; Rodriguez-Sanchez y Arroyo, 2008; Alsos *et. al.*, 2009; Jayat *et. al.*, 2009).

Los resultados obtenidos del modelo de distribución potencial para las tres especies se superponen en parte con la distribución conocida (puntos de muestreo) de cada una de ellas. En México, Chavez-Moreno *et al.*, (2011), indican que algunas especies de *Dactylopius* cohabitan en diferentes hospedantes y localidades.

Debido a que algunos datos de puntos de presencia fueron obtenidos de bibliografía e información de colecciones, y posteriormente georeferenciados, estos podrían estar sesgados. Varela *et al.*, (2013), indica que en los estudios macroecológicos es cada vez más habitual descargar y usar la información disponible en grandes bases de datos sobre decenas o centenares de especies, lo que hace inviable su revisión minuciosa y conduce a calibrar los modelos con datos susceptibles de contener sesgos y errores. Ante estas situaciones, por defecto, Maxent es un método robusto aún con datos que contengan tanto sesgos como errores.

Otra cuestión crítica en la confección de modelos de distribución es su evaluación estadística. El AUC ha sido aplicada con éxito en la evaluación de modelos de distribución basados en algoritmos de presencia-absencia (Fielding y Bell 1997, Segurado y Araújo 2004; Muñoz y Felicísimo 2004) y en algoritmos de solo presencia (Phillips *et al.*, 2006).

La especie modelada con más puntos de presencia fue *D. ceylonicus*. La predicción de las áreas con potencialidades para albergarla en la región (como se mostró en los mapas) indica que esta especie presenta un área de distribución menor que las otras dos restantes. Esto podría deberse a que el algoritmo permite una mejor discriminación de áreas aptas con mayor número de puntos o localidades de presencia.

En los tres casos modelados existe un alto porcentaje de contribución de dos de las variables utilizadas: precipitación en el trimestre más seco y rango medio diurno (t^0). Esto indica que las especies son sensibles a esas variables, que actúan como limitantes en su distribución y supervivencia, y las relaciona con los ambientes semiáridos, lo que

concuera con el área de presencia de cactáceas en la región. Según Cervantes, (2004), durante la producción de grana a la intemperie es favorable la baja o nula precipitación, la lluvia o granizo son responsables de la eliminación de hasta el 100% de poblaciones.

Solamente mediante trabajo de campo será posible detectar en qué magnitud el modelo generado sobreestima o subestima sus límites reales el área de distribución potencial de las especies.

En cuanto a las áreas aptas para producir cochinilla fina, en Argentina, Claps y De Haro (2001) menciona la presencia de *D. coccus* sobre plantas de *Opuntia ficus-indica* en Anillaco, La Rioja. En este caso, las cochinillas se naturalizaron a partir de poblaciones que podrían haber sido introducida, originalmente con propósitos comerciales y, fueron capaces de sobrevivir bajo las condiciones locales.

La distribución de *Opuntia* ha sido mencionada como parte de la descripción de las especies en los tratados sobre cactáceas (Bravo, 1978; Anderson, 2001; Guzmán *et al.*, 2007).

Con respecto a las áreas aptas para cultivo de tunas, Falasca *et al.*, 2013, indican que, la República Argentina posee condiciones agroclimáticas para la explotación de *Opuntia ficus-indica* con el fin de producir frutos y bioetanol en sectores de las provincias de La Rioja, Catamarca, San Juan, Mendoza, San Luis, Córdoba, Santiago del Estero, Neuquén, La Pampa y Río Negro. En coincidencia con lo obtenido en este estudio en ciertas áreas del sur de la provincia de Santiago del Estero, en donde las posibilidades de cultivo se ven restringidas debido a las bajas temperaturas invernales; aunque ese trabajo se basó en la oferta meteorológica, sin tomar en cuenta el factor edáfico, y analiza la distribución de *Opuntia* en Argentina a escala general, sin detalles que generen certezas sobre la posibilidad de desarrollo de la especie en situaciones agroclimáticas puntuales, sobre superficies pequeñas, que son las comúnmente utilizadas para este tipo de cultivo.

1.5 CONCLUSIONES

La visualización de la distribución espacial de especies, ubicando los puntos de las localidades en que fueron colectadas, permite realizar un análisis exploratorio, aunque no acabado, sobre la distribución de las especies. Cuando el número de observaciones es escaso, como ocurre con algunas de estas especies, las representaciones geográficas generadas mediante estas técnicas deben considerarse hipótesis provisionales cuya fiabilidad sólo podrá evaluarse a medida que se obtengan nuevas colectas.

Asumiendo que los factores climáticos usados como predictores son adecuados para representar la heterogeneidad ambiental capaz de describir la distribución de estas especies en la escala espacial considerada, los ejemplos que se proporcionan en este trabajo permiten obtener una indicación sobre la localización de futuros sitios de colecta, pues las áreas indicadas aún no fueron exploradas en profundidad.

De acuerdo con el criterio adoptado, la calidad de los mapas obtenidos fue adecuada,, ya que los mismos mostraron valores de AUC por encima de 0.9 en todos los casos modelados.

De los mapas de distribución surge que las especies *D. austrinus* y *D. confertus* se encuentran preferentemente en áreas de serranías y, en general, con ausencia de lluvias durante el mes más seco. Por su parte, la distribución de *D. ceylonicus* se relaciona con el rango medio diurno de temperatura, lo que confirma la plasticidad de la especie.

Las distribuciones potenciales obtenidas para las especies *D. austrinus* y *D. confertus* amplían su rango de distribución conocido desde el Chaco Seco hacia la ecorregión de Sierras y Bolsones, que se encuentra al oeste del Chaco Seco, compartiendo ambas especies un porcentaje importante el área de distribución potencial.

La oferta ambiental de la provincia es amplia. Su característica principal es la semiaridez, que proporciona condiciones comparables con las áreas productoras tanto de cochinilla fina como de tuna.

En el 22,5% del territorio provincial, las temperaturas mínimas absolutas, en combinación con el régimen de precipitaciones, se presentan como limitantes para la producción de grana cochinilla pues el insecto es de temperamento delicado. Esto

contrasta con las posibilidades agroclimáticas de la provincia para el cultivo de tuna, ya que ésta ha demostrado una alta tolerancia a las condiciones adversas y constituye, por lo tanto, una buena opción productiva debido a la cantidad de usos que posee y a la óptima aptitud para su cultivo en el 81% del territorio provincial. Las diferencias en las superficies aptas para la cría de grana cochinilla y para el cultivo de tuna podrían aumentar si se extendiese el estudio a una mayor porción del territorio, a escala regional o nacional. Existe una gran superficie del territorio provincial con una óptima aptitud para albergar a ambas especies y brindar beneficios tanto económicos como ecológicos, que deberían ser tomados en cuenta para el desarrollo de políticas adecuadas orientadas a la producción de estas especies.

Si bien Santiago del Estero cuenta con más de 12 millones de hectáreas (casi 90% del territorio) con condiciones adecuadas para la producción de tuna, su cultivo sólo se realiza en pequeñas superficies, dispersas especialmente en el centro-oeste de la provincia. Por lo tanto, será necesaria una producción más intensiva y mejor distribuida en el territorio provincial.

CAPÍTULO 2

FACTORES BIOCLIMÁTICOS EN LA PRODUCCIÓN DE *DACTYLOPIUS COCCUS COSTA*, EN LA PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO, REPÚBLICA ARGENTINA

2.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene por objeto analizar el comportamiento de la especie, cultivada bajo las condiciones locales.

A la grana cochinilla, *Dactylopius coccus* Costa, desde el punto de vista taxonómico, se la clasifica de la siguiente manera (Comstock, 1972). Conforme se presenta en el cuadro a continuación:

Reino	<i>Animal</i>
Phyllum	<i>Arthropoda</i>
Subphyllum	<i>Mandibulata</i>
Clase	<i>Insecta</i>
Orden	<i>Hemíptera</i>
Suborden	<i>Sternorrhyncha</i>
Superfamilia	<i>Coccoidea</i>
Familia	<i>Dactylopiidae</i>
Género	<i>Dactylopius</i>
Especie	<i>Coccus</i>
Nombre científico	<i>Dactylopius coccus</i>

La superfamilia Coccoidea incluye las formas más especializadas y evolucionadas del suborden Sternorrhyncha, las cuales son conocidas como insectos escama o piojos harinosos, debido a la producción de secreciones cerosas. Este grupo de insectos puede reproducirse en forma sexual o de manera asexual.

Las especies del género *Dactylopius*, determinadas hasta la actualidad, según De Lotto (1974), son:

- 1.- *Dactylopius coccus* O. Costa, 1835
- 2.- *Dactylopius austrinus* De Lotto (Sp. Nov.)
- 3.- *Dactylopius ceylonicus* (Green, 1896)
- 4.- *Dactylopius confertus* De Lotto (Sp. Nov.)
- 5.- *Dactylopius confusus* (Cockerell, 1893)
- 6.- *Dactylopius opuntiae* (Cockerell, 1896)
- 7.- *Dactylopius salmianus* De Lotto (Sp. Nov.)
- 8.- *Dactylopius tomentosus* (Lamarck, 1801)
- 9.- *Dactylopius zimmermanni* De Lotto (Sp. Nov.)

2.1.1 Principales características de *Dactylopius coccus Costa*

Los huevos de *Dactylopius* son ovalados, más largos que anchos, el corion es delgado y transparente, sin ornamentaciones. Tiene una longitud promedio de 672 μm y un ancho de 330 μm (Montiel *et al.*, 1998). La presencia de ácido carmínico sugiere una relación con el aparato reproductor aunque esto no está del todo confirmado (Cortes *et al.*, 2005). Una hembra puede producir aproximadamente de 150 a 400 huevos.

La principal forma de dispersión de *Dactylopiidae* y otras familias de Coccoidae (Quayle, 1916; Greathead, 1997; Foxcroft y Hoffman, 2000) es a través del viento, y está restringida al primer instar, conocido como “migrantes” (Moran *et al.*, 1982; Foxcroft y Hoffman, 2000). El proceso evolutivo de estos organismos originó adaptaciones, en este estado biológico, presentando características físicas y etológicas que favorecen la dispersión de las ninfas hembras: tienen un fototropismo positivo y una conducta gregaria, esperan las corrientes de aire para ser transportadas. Para este propósito poseen sedas dorsales más largas que los machos, las que les permiten planear, permanecer más tiempo en el aire y aumentar la probabilidad de encontrar un hospedero, llegando a distancias de hasta seis metros. Las ninfas que darán origen a machos, por lo general, no utilizan este recurso ya que poseen un fototropismo negativo, y suelen completar su ciclo sobre el dorso de las hembras adultas, aprovechando la protección que da la cera (Moran *et al.*, 1982).

Las hembras adultas poseen cuerpo oval, cubierto por una sustancia algodonosa o pulverulenta cerosa que sirve de defensa contra enemigos naturales, con antenas cortas de siete segmentos, patas cortas y carecen de alas. Una vez que éstas colonizan un cladodio, se sujetan mediante su aparato bucal de tipo picador-suctor y pasan todo el ciclo en el mismo sitio succionando la savia. Los machos por su parte son más pequeños que las hembras; miden 2.5 mm de largo y 5 mm de expansión alar; su cuerpo es alargado y delgado, estos pupan encima de ella.; su pequeño tamaño (1 mm) permite que varios machos completen el estado pupal sobre una sola hembra. Al emerger, sólo poseen un par de alas con poca venación, las que utilizan para desplazarse en busca de hembras para su fecundación, mediante una feromona sexual aún no determinada (Rodríguez *et al.*, 2005). El desarrollo sexual de la hembra coincide con la emergencia del macho adulto. La vida del macho adulto es efímera: entre 2 y 3 días. Una vez que las ninfas colonizan un cladodio pasan todo el ciclo en el mismo sitio succionando la savia, sujetas mediante su aparato bucal.

A diferencia de las otras especies del género, *Dactylopius coccus* es una especie ampliamente estudiada, y además posee la característica que se cultiva con fines productivos de dos maneras diferentes:

Planta en pie: puede realizarse a cielo abierto, como es el caso de Perú, ya que las condiciones ambientales son favorables, o en microtúnel, donde las plantas se cubren con malla de media sombra, atemperando de esta manera las condiciones ambientales, y produciendo una situación más favorable para el establecimiento y desarrollo del insecto (SAGARPA, 2010).

Penca colgada: para realizarlo, se debe contar con un módulo de cría en el cual se emplean pencas de entre 1 y 2 años (SAGARPA, 2010). Este sistema brinda mayor protección y es el que se utilizó en el presente estudio.

2.1.2 Ciclo biológico de la grana cochinilla

El conocimiento de los factores que inciden en el campo de la dinámica poblacional es un elemento de importancia en la producción de grana cochinilla ya que permite conocer lo que le ocurre a la población del insecto, durante el período de tiempo necesario para completar su ciclo. Esta información permite realizar estimaciones y planear estrategias de producción sostenida bajo determinadas condiciones.

El ciclo biológico de la grana cochinilla hembra dura, en promedio tres meses mientras que el del macho dura dos meses (Figura 34), tiempo necesario para aparearse y luego mueren, aunque este periodo puede variar, tanto en hembras como en machos, de acuerdo a las condiciones climáticas, dado que a mayor calor se acorta el ciclo y al disminuir la temperatura, el ciclo se alarga (Méndez 1992).

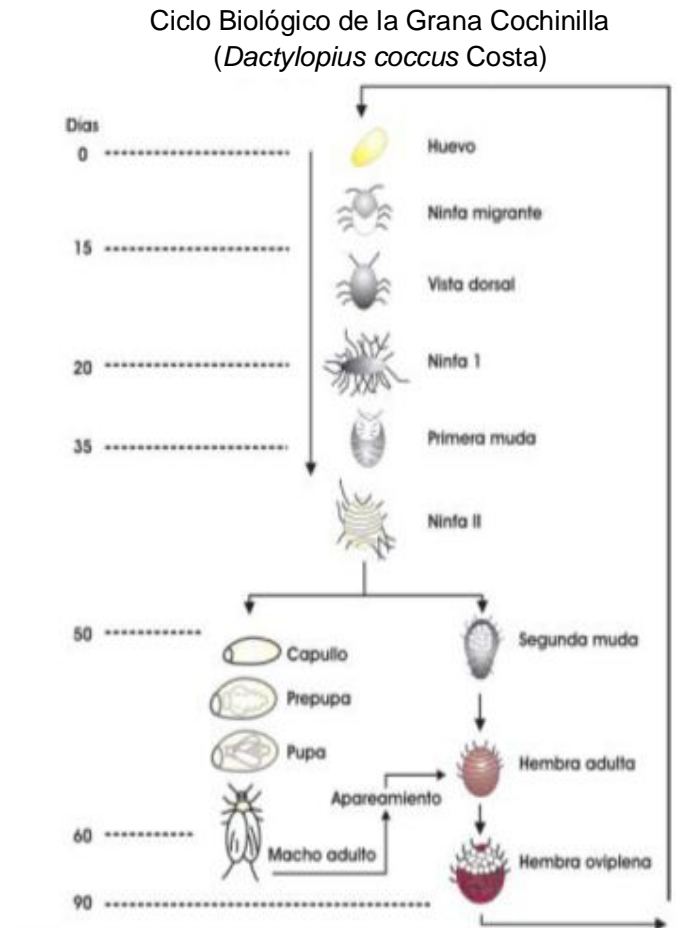


Figura 34. Esquema del Ciclo biológico de la grana cochinilla
Del Río y Dueñas, 2006

Las especies de *Dactylopius*, al igual que otras especies de Coccoidea, presentan un tipo de metamorfosis intermedia entre la considerada simple o hemimetábola y la llamada metamorfosis completa u holometábola (Borror *et al.*, 1989). Los adultos exhiben un dimorfismo sexual marcado (Gullan y Kosztarab, 1997), las hembras difieren de los machos en su ciclo de vida; mientras que las hembras presentan tres estados: huevo, ninfa (I y II) y adulto, los machos, por su parte, presentan cinco estados: huevo, ninfa (I y

II), prepupa, pupa y adulto. Estas características ocasionan, en el cultivo de grana cochinilla, una diferencia marcada en el tiempo de duración del ciclo biológico según el sexo, a partir de la fecha de infestación.

Entre los factores abióticos, en concordancia con lo que ocurre en otras áreas productoras, el clima en general es uno de los principales limitantes a sortear en la coccidocultura (Marín y Cisneros, 1983; Portillo y Viguera, 1998). Debido a ello, el cultivo en la región del Chaco Seco se lo debe realizar bajo condiciones semicontroladas, por lo tanto, algunas de estas variables (lluvia, viento y granizo) no serán desarrolladas en profundidad, ya que la producción no estará expuesta.

Al igual que otros insectos, los de la familia *Dactylopiidae* son capaces de sobrevivir dentro de ciertos límites marcados por factores ambientales como la temperatura, la humedad relativa o el fotoperíodo. Se pueden mencionar algunas condiciones que favorecen su desarrollo (Méndez Gallegos *et al.*, 1993; Llanderal y Campos, 2001):

- La temperatura puede oscilar entre 20 y 32 °C, pero el óptimo se halla entre 24 ± 3 °C.
- La humedad relativa puede oscilar de 40 a 75%, con un óptimo entre $65 \pm 5\%$.

Dentro de estos rangos, estos factores influyen a su vez sobre el nivel de respuesta de actividades tales como la alimentación, la dispersión, el desarrollo (Marco, 2001) o la proporción (%) de ácido carmínico.

De todos los factores ambientales, el que ejerce un efecto mayor sobre el desarrollo es, probablemente, la temperatura, debido principalmente a su importante incidencia sobre los procesos bioquímicos de los organismos poiquiloterms. Por esto es que se utiliza la temperatura y su influencia sobre el tiempo de desarrollo como instrumento de predicción (Wagner *et al.*, 1984).

Es de gran importancia, desde el punto de vista productivo, hallar la posibilidad de predecir los sucesivos eventos que tienen lugar a lo largo del ciclo de vida de la cochinilla fina.

Las condiciones ambientales hacen necesaria la producción en pencas de tuna cortadas y bajo protección. Las características ambientales de la provincia ocasionan situaciones muy diferentes a las de otras áreas productoras. Estas diferencias se dan,

básicamente, por la marcada estacionalidad climática que la región presenta, lo que trae aparejado una fluctuación de los enemigos naturales, competidores, y del desarrollo del insecto, según la estación del año en que nos encontremos.

2.1.3 Factores bióticos que influyen en la producción de grana cochinilla

Los organismos se hallan en permanente interacción con el hábitat en que se desarrollan. La grana cochinilla, al igual que el resto de los individuos en la naturaleza, presenta una población, cuyo equilibrio está dado por factores bióticos y abióticos que componen el ecosistema (Nassif, 1999). Esto hace que esté expuesta a los elementos del ambiente, que mantienen su población en equilibrio, asimismo en este sentido, ella a la vez ayuda a controlar las poblaciones de sus hospederos.

Al ser la grana cochinilla un insecto parásito de la tuna, también deben evaluarse los factores que influyen en el óptimo desarrollo de la planta hospedante. Por lo tanto, los principales factores bióticos que afectan la producción de grana cochinilla son: los enemigos naturales y la planta hospedante (Flores *et al.*, 1985; Bátiz, 1987).

2.1.3.1 Enemigos naturales

Este es uno de los principales elementos que limita la producción de grana cochinilla, ya que puede disminuir el rendimiento de la de la producción en gran medida. Entre los enemigos naturales encontramos: aves, insectos, reptiles, roedores, etc. (Portillo y Viguera, 1988). Por tal motivo, constituyen un elemento relevante en el éxito o fracaso del cultivo de grana cochinilla, ya que los daños afectan la producción pudiendo alcanzar hasta el 100% de la misma. Por lo tanto, debemos considerar la influencia y control de los mismos en la coccidocultura.

La grana cochinilla es considerada una presa fácil por sus hábitos gregarios y sedentarios, siendo atacada por larvas y adultos de muchas especies de coccinélidos (Coccinellidae: Coleoptera), larvas de lepidópteros (Pyralidae: Lepidóptera), de Syrphidos

(Syrphidae: Diptera), así como crisopas (Hemerobidae: Neuróptera), aves, reptiles y roedores.

En Argentina se menciona la presencia de las especies *Salambona analamprella* (Lepidóptera; Pyralidae), *Baccha* sp. (Diptera; Syrphidae) y *Symphorobius marmoratipennis* (Neuroptera; Hemerobiidae), en *Dactylopius ceylonicus* (Diodato et. al., 2004). De las recolecciones efectuadas en la provincia de Santiago del Estero, en los departamentos Loreto y Capital, fue posible verificar la presencia de un depredador del orden Díptera, de la familia Syrphidae, identificado como *Baccha* sp. En *D. ceylonicus*, desarrolladas sobre *Opuntia quimilo* y *O. retrorsa* (Diodato et. al., 2004).

Las especies depredadoras que poseen una mayor incidencia en el normal desarrollo de *Dactylopius* sp., son las de las familias Syrphidae (Diptera) y Pyralidae (Lepidoptera) (Zimmerman et. al, 1979; Portillo y Viguera, 1998). Entre las especies parasitoides, los especímenes de las familias Eupelmidae y Pteromalidae (Hymenoptera) son las mencionadas con mayor porcentaje de parasitoidismo (5-30%) (Zimmerman et. al, 1979). Las aves, los roedores y los reptiles (lagartijas), también se mencionan como organismos perjudiciales a la producción de grana cochinilla (Santibañez, 1990).

En Sudamérica, Zimmermann y Mc Fayden, 1978, reportaron diversos insectos entomófagos de cochinillas (*Dactylopius* spp.). En Perú se menciona que las larvas de un hemerobiído (*Symphorobius* sp.) reducen hasta en un 40% las poblaciones de ninfas de cochinilla que se cultivan en las zonas costeras (Macias, 1997. Comunicación personal)

En Bolivia se han observado ataques de *Allograpta* sp. (Diptera: Shyrphidae) como depredador de la grana cochinilla (Flores-Flores y Tekelemburg, 1995), en México *Baccha* sp., *Chilocorus* sp., *Hemerobius* sp., *Hyperaspis trifurcata*, *Leucopis* sp., *Laetilia coccidivora*, *Symphorobius* sp., en Argentina, *Salambona anallamprella* (Dyar), *Salpingogaster* sp., *Baccha* sp. y *Symphorobius* sp. (Viguera y Portillo 2001).

En cuanto a las experiencias sobre el control de los insectos depredadores de la cochinilla, se consigna como principal método el "gusanear" (Rossignon, 1884), que consiste en eliminar manualmente las larvas depredadoras. También se mencionan diversos preparados botánicos que sería conveniente evaluar ya que la aplicación de plaguicidas no se presenta como una opción posible, por ser la cochinilla un insecto sensible a éstos (Portillo y Viguera, 1988).

2.1.3.2 Especie hospedante

Las especies de cactáceas de mayor importancia, tanto económica como social, cultural y ambiental, son las pertenecientes al género *Opuntia*, conocidas vulgarmente como “tunas”.

Debido al parasitismo ejercido por la grana cochinilla sobre la tuna (*Opuntia ficus-indica*), resulta necesaria la información sobre aspectos básicos del cultivo (estado sanitario, manejo de plantación, etc.) de la especie en cuestión, resaltando aptitudes que puede brindar más allá de ser el sustrato de la grana cochinilla.

En la República Argentina se utiliza como planta hospedante de la grana cochinilla a *Opuntia ficus-indica* en sus diferentes variedades, lo que no ocurre en otros países. Por ejemplo, en México se usan, aparte de ésta, otras como *O. tomentosa* y *O. cochenillifera*, y otro hospedante perteneciente al género *Nopalea* (Ferris, 1955).

Las condiciones naturales para el crecimiento de la tuna están determinadas por el tipo de suelo y el clima. En cuanto al primero, deben ser delgados y calizos, en cuanto al clima, éste debe ser templado, con invierno seco no riguroso.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en 2 módulos de cría (Figura 35): el primero de ellos ubicado en instalaciones del Instituto de Protección Vegetal (INPROVE), localizado en 27°48'S y -64°15'O con capacidad para albergar 1500 pencas, y el segundo, en el Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA), en la localidad de El Zanjón localizado en -27°87'S y -64°23'O, con capacidad para 3500 pencas. Ambos institutos pertenecen a la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.



Figura 35. Módulos para cría para producción de grana cochinilla. **a)** Vista de la estructura interior y **b)** Vista lateral del módulo de cría.

Para evaluar la incidencia de la estacionalidad climática en la duración del ciclo biológico se llevaron a cabo sucesivas infestaciones durante un período de cuatro años empleando el método de penca colgada (Figura 36), que permitieron abarcar todos los meses y, de esta manera medir la duración del ciclo biológico para cada mes del año en la provincia.



Figura 36. Pencas de *Opuntia* en módulos de cría infestadas con grana cochinilla.

Los valores de temperatura que se registraron diariamente durante los sucesivos ciclos de producción se presentan a continuación:

Tabla 7. Temperaturas registradas en los módulos de cría durante los sucesivos ciclos de cultivo

Ciclo	TEMPERATURA °C		
	Tº Media	Máxima extrema	Mínima extrema
Ene-Mar	28.5	42°C	20°C
Feb-Abr	29°C	41°C	20°C
Mar-May	25°C	38°C	11°C
Abr-Jul	20°C	38°C	5°C
May-Sep	18.5°C	36°C	3°C
Jun-Sep	18°C	37°C	4°C
Jul-Oct	16°C	39°C	4°C
Ago-Nov	23°C	43°C	6°C
Sep-Dic	25°C	44°C	8°C
Oct-Dic	28°C	44°C	9°C
Nov-Ene	32°C	44°C	17°C
Dic-Feb	28°C	43°C	18°C

2.2.1 Modelización de la tasa de desarrollo

Para evaluar la tasa de desarrollo en función de la temperatura se emplearon cinco cladodios de *Opuntia ficus indica* de un año de edad colgados en el módulo de cría bajo condiciones semicontroladas. Las observaciones se realizaron desde el primer estadio ninfal hasta la oviposición del adulto. La estación del año elegida fue el invierno ya que se considera que es la que mayores limitaciones podría tener sobre la supervivencia del insecto en la región, debido a la marcada estacionalidad, lo que ocasiona temperaturas que llegan hasta los 3 °C en condiciones semicontroladas, y pueden ocasionar pérdidas en la producción.

La técnica empleada en la infestación para ambos estudios es la de nidos infestadores, en los cuales se colocaron 15 hembras ovíparas por cada nido y en cada paleta (Figura 37), del total de las ninfas emergentes se marcaron cinco al azar en cada cara del cladodio (50 en total), a las que se les realizó un seguimiento diario del estado evolutivo; al resto de las ninfas se les evaluó tasa de supervivencia y relación de sexos.



Figura 37. Paletas de *Opuntia ficus-indica* en módulos de cría con nidos infestadores conteniendo hembras oviplenas.

Para predecir la relación tasa de desarrollo-temperatura, se utilizó uno de los métodos más extendidos, el llamado **método de grados-día** ($^{\circ}\text{D}$) (Pedigo, 1996), que representa la acumulación de unidades de calor por encima de cierta temperatura, durante un período de un día. En el caso de los insectos, esa temperatura es el umbral mínimo de desarrollo.

Para cada día se calcularon los grados-día como la diferencia entre la temperatura media diaria y el umbral mínimo de desarrollo (límite térmico inferior en que la tasa de desarrollo es muy lenta o nula):

$$^{\circ}\text{D} = \text{temperatura media} - \text{temperatura umbral mínima}$$

De acuerdo con el modelo no lineal (Brière *et al.*, 1999), se fijó como umbral de desarrollo inferior los 10 $^{\circ}\text{C}$, y la temperatura media fue la correspondiente al promedio diario registrado en el módulo de cría, con las fluctuaciones propias de la estación del año. Por lo tanto, los grados-día acumulados se calcularon:

$$^{\circ}\text{D} = \text{Temp. media diaria} - 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

De este modo, se estimaron los grados-día acumulados hasta alcanzar el valor de su integral térmica, definida como el número de grados-día que han de ser acumulados para que las hembras adultas se hallen oviplenas.

Dado que este método es utilizado para predecir con fiabilidad la evolución estacional de los insectos se lo empleó con este fin para relacionar el efecto de la temperatura sobre el desarrollo de la especie en el período invernal, ya que ésta es la estación crítica.

2.2.2 Parámetros poblacionales

Con el objeto de obtener parámetros medios de los diferentes estados, se estudió una cohorte de la especie, de la cual se marcaron 30 individuos a los que se les realizó un seguimiento diario entre los meses de marzo y mayo. Este es un período con condiciones ambientales dentro de los promedios anuales de temperatura y humedad relativa.

Para el procesamiento de los datos, se empleó el programa PERIOD (La Rossa y Kahn, 1986), para estimar valores promedios y errores estándares de los principales parámetros biológicos y demográficos de *Dactylopius coccus* en la provincia de Santiago del Estero.

2.2.3 Enemigos naturales

Con el fin de determinar los enemigos naturales y competidores de la grana cochinilla, en los módulos de cría se procedió a la captura de insectos que habitan en las poblaciones de grana cochinilla de la provincia de Santiago del Estero. Para ello se recurrió a métodos de captura directos, método de extracción, con embudo de Berlesse y al empleo de trampas de luz. El material recogido, fue llevado a laboratorio para su identificación taxonómica, etiquetado y montaje.

Paralelamente, tanto en las plantaciones de las cuales se extraía el material como en los mismos módulos de cría, se observaron y registraron las plagas y enfermedades que afectan a la tuna. Una vez detectado el problema, se tomaron fotografías y se llevó el material a laboratorio con el fin de determinar el agente causal.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Duración del ciclo biológico en Santiago del Estero

Debido a las marcadas diferencias de temperatura en las distintas estaciones del año, el ciclo biológico durante el período estival se acorta (alrededor de 75 días) y en el período invernal se alarga (alrededor de 135 días). Como se puede apreciar en la Fig. 38.

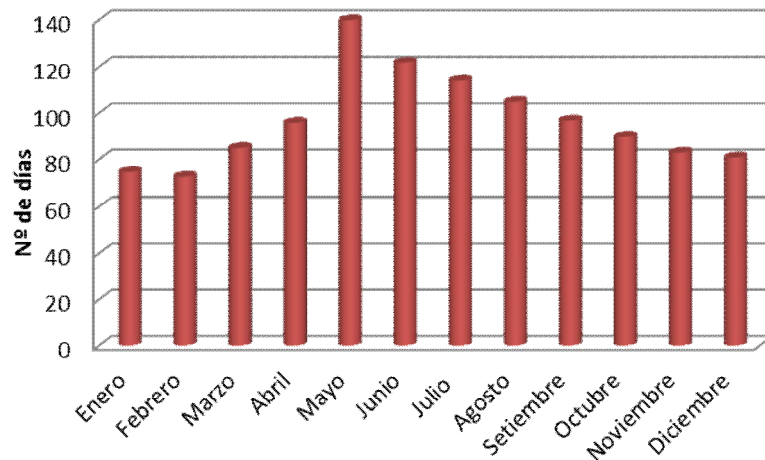


Figura 38. Duración del ciclo biológico con relación al mes de infestación

In situ, se observa que una vez pasado el rigor del invierno, cuando comienza a disminuir el frío, la cochinilla se reactiva, alcanzando la máxima actividad durante los meses estivales, siempre y cuando la temperatura no sea excesiva, lo que ocasiona la deshidratación del insecto. Sin embargo en invierno, si el frío no es intenso el insecto no detiene su actividad, si bien ésta queda visiblemente ralentizada.

2.3.2. Modelización de la tasa de desarrollo

En base al valor de umbral mínimo de desarrollo (establecido en 10,0°C), la integral térmica de desarrollo se estimó en 1410 grados-día, provenientes de la sumatoria de las temperaturas acumuladas en los 135 días de duración del ciclo biológico de la cohorte.

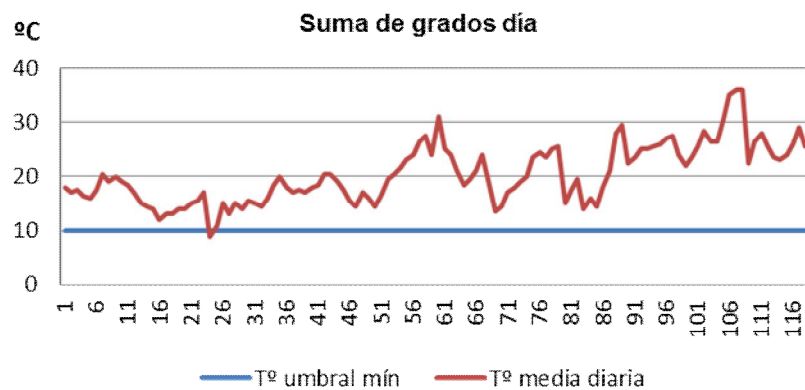


Figura 39. Grados de temperatura acumulados para completar el ciclo biológico

Las temperaturas extremas, tal como se mencionó, afectan la actividad del insecto. Las bajas temperaturas (hasta 5 °C) llegan a provocar su inactividad, al punto de parecer muerto pero, a medida que la temperatura aumenta, se puede observar un incremento de la actividad hasta recuperarse totalmente. Las temperaturas elevadas, por encima de los 40°C, pueden provocar la pérdida de los individuos, especialmente en el caso de las hembras adultas que se encuentran en período de reproducción. Se pudo observar que los huevos eran abortados, semejantes a un hilo de color oscuro sin emergencia de las ninfas (Figura 40).



Figura 40. Huevos abortados por efecto de las elevadas temperaturas

2.3.3. Parámetros poblacionales

A través del programa empleado (PERIOD), se obtuvo la Tabla edad-estado (Anexo 4), en la que se identifica la duración de los diferentes periodos de desarrollo de cada uno de los individuos de la cohorte, representados en la Fig. 41. También se obtuvo una salida con la duración de los períodos ninfal y reproductivo de cada individuo de la cohorte en estudio, con el número total de individuos que alcanzaron la edad adulta (Anexo 5).

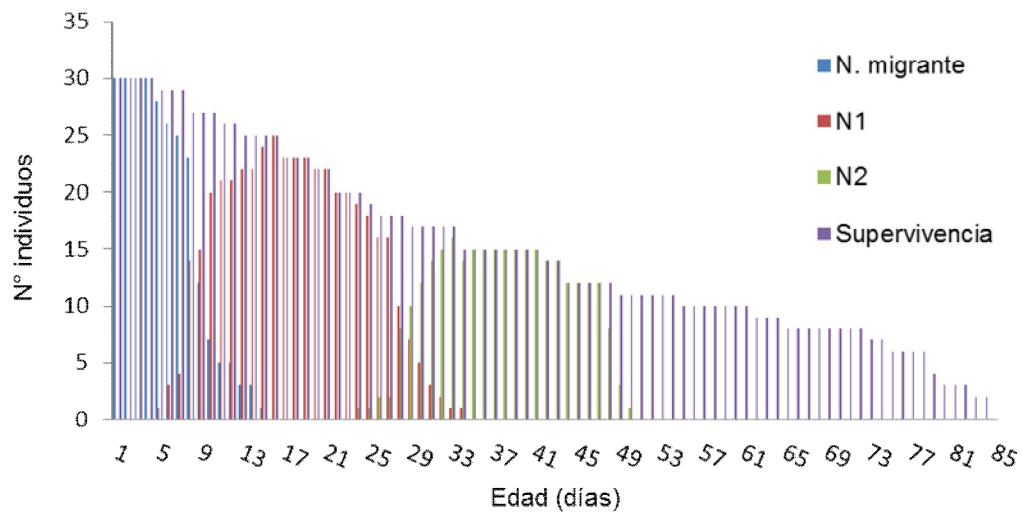


Figura 41. Parámetros de desarrollo de una cohorte de *D. coccus*

Además, una tercera salida muestra los promedios y los errores estándar de cada uno de los estados de desarrollo, la longevidad promedio de la cohorte y el porcentaje de mortalidad pre adulto, calculados mediante procedimientos comunes (Anexo 6).

Tabla 10. Duración promedio de estadios de desarrollo de *D. coccus*

Duración promedio de los períodos ninfal y adulto

Ninfal = 38.2 (.467)

Adulto = 29.4 (1.031)

Total = 64.6 (.693)

Mortalidad pre-adulto y Número total de adultos

Mort. pre-ad. = 63.333 %

Num. adult. = 10

A su vez, la tasa de supervivencia obtenida fue de 33%, por lo tanto, 10 individuos de la cohorte estudiada alcanzaron el estado adulto de los 30 iniciales.

Además, se determinó en base a la observación de la misma cohorte la proporción hembras-machos para la especie, que resultó ser de 2.5:1 (Fig. 42). Dicha cuantificación se realizó al inicio del estado de pupa.

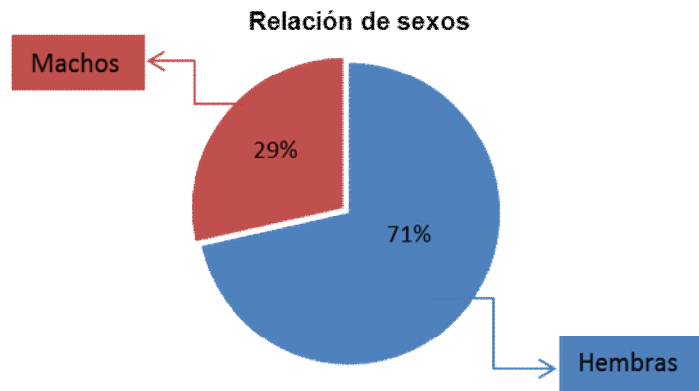


Figura 42. Proporción de sexos de la cohorte

2.3.4. Presencia de enemigos naturales

Los enemigos naturales de mayor influencia sobre la producción de grana cochinilla observados en la provincia son los insectos entomófagos, ya que son varias las especies y además permanecen entre las colonias de cochinilla.

Los registros tomados en los módulos de cría de grana cochinilla, tal como ocurre en otros países con el mismo cultivo, arrojaron como resultado que estos depredadores, en algunos casos, poseen una gran voracidad, llegando a eliminar un alto porcentaje de la población de grana cochinilla en estado de ninfa I y II, como en el caso de *Symphorobius* sp. (Figura 43) Las observaciones se realizaron entre los meses de abril, mayo y junio (Diodato *et al.*, 2010).



Figura 43. Individuo adulto de *Sympherobius* sp.

Ha sido posible detectar otras especies de insectos depredadores de la cochinilla mencionados en la literatura, como el gusano telero (*Laetilia coccidivora* Comstock), gusano tambor o armadillo (Diptera) Si bien estos ocasionan pérdidas en la producción, no son relevantes como las causadas por *Sympherobius* sp.

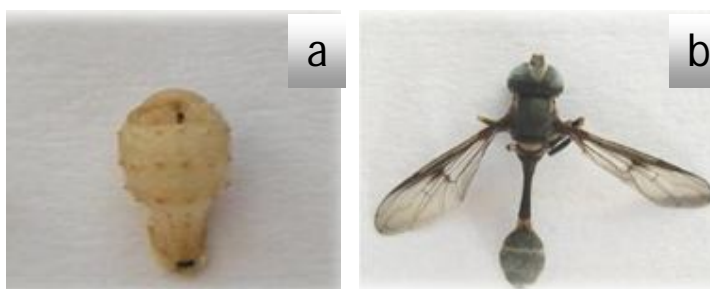


Figura 44. Gusano telero (*Laetilia coccidivora*), en sus estados: a) pupa, y b) adulto (Fuente: Diodato *et al.*, 2004)

Los enemigos naturales conocidos de la cochinilla silvestre, también depredan a la cochinilla fina, aunque en menor cantidad. Esto puede deberse a que esta última presenta un mayor contenido de ácido carmínico, lo que actuaría como disuasivo alimentario.

Paralelamente al trabajo desarrollado con la grana cochinilla, se realizó el seguimiento y la determinación de plagas y enfermedades que afectan a la tuna en la provincia.

La planta de *Opuntia ficus-indica* se ve expuesta a una serie de enfermedades y ataques de plagas que deben ser consideradas al momento de iniciar un emprendimiento productivo con grana cochinilla, o cualquier otro que involucre la plantación de tunales. Tal es el caso de *Diaspis* sp. (Figura 45), que tiene un alto impacto sobre la producción de grana cochinilla en la Provincia de Santiago del Estero ya que ejerce una competencia

sobre el mismo sustrato. Si bien el daño no es directo, este insecto desplaza en muchos casos a la cochinilla fina. Además, su actividad puede llegar a ser un elemento que favorezca el ingreso de agentes infecciosos para la penca.

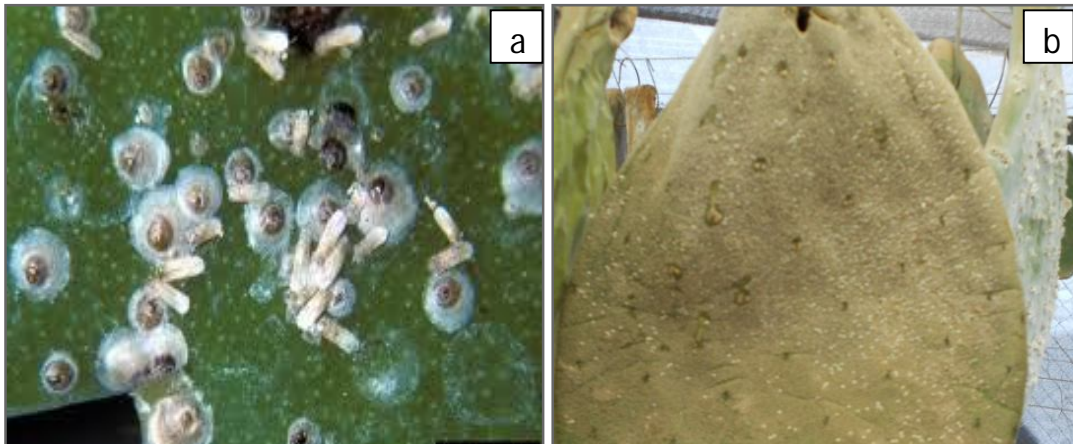


Figura 45. *Diaspis* sp., parasitando una paleta de *Opuntia ficus-indica* : a) Vista de capullos; b) Vista general de la penca.

La “chinche gris” *Chelinidea tabulata* (Figura 46), ocasiona manchas circulares de color amarillento. Cuando el daño es fuerte, la cutícula de la penca se endurece y agrieta. La chinche se alimenta de brotes tiernos, los que pueden llegar a desprenderse.



Figura 46. Chinche gris (*Chelinidea tabulata*), alimentándose de brotes de *Opuntia* sp..

El “Thrips”, *Neoydatothrips opuntiae* Hood (Figura 47) también ha sido observado afectando tunales. Ataca las paletas nuevas, provocando cicatrices y deformaciones de los cladodios. Este problema es más grave cuando ataca plantaciones jóvenes ya que afecta las paletas que formarán la estructura de la futura planta.



Figura 47. Cicatrices provocadas por “thrips” en cladodios de *Opuntia* sp.

Cactoblastis cactorum es la especie que ocasiona el mayor daño sobre las plantaciones de tunas en el norte argentino (Figura 36).

Las pencas terminales y subterminales son atacadas, las plantas más tiernas y suculentas son las más afectadas, causando amarillamiento y transparencia en las pencas.

Las larvas de los seis estadios causan un daño enorme ya que comen el interior de las pencas. Una sola colonia de larvas puede consumir de dos a cuatro pencas, provocando el amarillamiento, la putrefacción (ya que se presentan infecciones fungosas y bacterianas secundarias) y el decaimiento de las pencas.

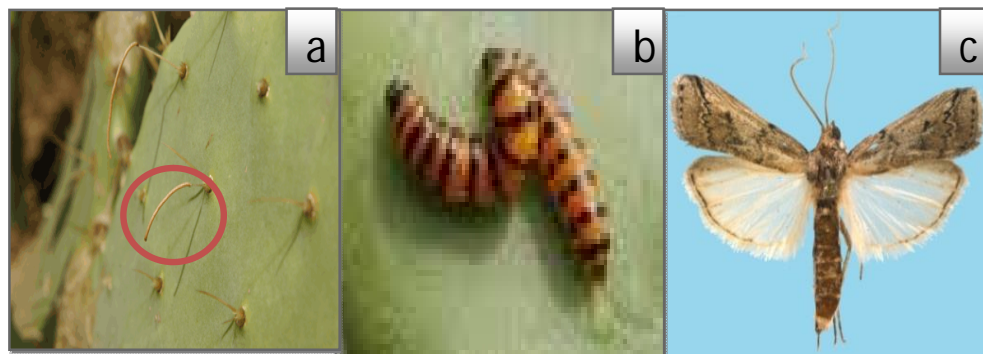


Figura 48. *Cactoblastis cactorum* en sus diferentes estados: a) Huevos, b) Larvas y, c) Adulto.

2.3.5. Enfermedades

En cuanto a las enfermedades en tunales de la provincia de Santiago del Estero, se observaron las siguientes:

Tabla 11. Enfermedades de *Opuntia ficus-indica* detectadas en Santiago del Estero

Enfermedad	Agente causal
Pudrición negra	<i>Macrophomia sp</i>
Engrosamiento de cladodios	Por virus o microplasma
Pudrición seca de la penca	<i>Phoma sp</i>
Mancha bacteriana	<i>Erwinia carotovora</i>
Amarillamiento del fruto	<i>Alternaria sp</i>
Antracnosis de la penca y el fruto	<i>Colletotrichum sp</i>

(Fuente: Borrego y Burgos, 1986)

2.4. DISCUSIÓN

La determinación del tiempo de duración del ciclo biológico a lo largo del año es la herramienta que permitirá al productor realizar una planificación adecuada para el cultivo de la especie. Mendez (2001), explica que a mayor temperatura el ciclo biológico se acorta, pero a temperaturas bajas se alarga, y menciona que la duración del ciclo biológico del insecto puede oscilar entre 60 y 150 días. En el presente estudio se observaron las marcadas diferencias en la duración del ciclo, por ser ésta de una provincia con una importante amplitud térmica a lo largo del año.

Muchos autores están de acuerdo en que la duración de los diferentes estadios biológicos es una función lineal de la temperatura (Cruz, 1990; Santibáñez, 1990; Velasco y García, 1988).

La determinación de los grados-día requeridos para completar el ciclo biológico de la especie se realizó con idéntico umbral mínimo de desarrollo para todos los estadios ya que no existen antecedentes en este aspecto para la especie mencionada. El manual para Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Trece, 1998), lo fija para cada especie sin diferenciar entre estadios. Marco (2001), indica que los modelos que relacionan tasa de desarrollo y temperatura han de ser determinados para cada estado y estadio debido a

que, dentro de una misma especie, los valores de los umbrales de desarrollo y de las integrales térmicas pueden variar de modo significativo en cada uno de ellos.

La tasa de supervivencia se mantuvo en niveles normales para la especie y estación del año, en comparación con valores obtenidos en otras regiones productoras. Méndez–Gallegos *et al.* (1993) registraron una supervivencia de 35 %. Para diferentes cultivares de *Opuntia*, de cada 100 individuos de la población inicial solo 29, 21 y 18 hembras, lograron llegar al estado adulto (Méndez–Gallegos *et al.*, 2010).

Los dos estadios ninfales duraron entre 15 y 20 días cada uno, lo que concuerda con lo obtenido por Velasco y García (1988), mientras que Romero López, *et al.* (2006) obtuvieron una duración de 18 a 20 días para *D. opuntiae*.

Las causas posibles de la mortalidad alta en la cochinilla fina o cultivada, de acuerdo con Gilreath y Smith (1987), Cruz (1990) y Méndez (1992), son los factores ambientales, como las temperaturas extremas y la falta de protección contra las mismas, ya que durante el primer estadio los individuos carecen de la capa cerosa que los cubre. Según Marín (1991), la época menos adecuada para infestación es el invierno, ya que se registran porcentajes de mortalidad más altos.

Para el presente estudio, la proporción de hembras a machos fue de 2,5:1, lo que concuerda con lo indicado por Pérez–Guerra (1991) que consigna una relación de 0.5 a favor de las hembras mientras que según Méndez–Gallegos *et al.* (2010), la relación hembras-machos varía entre 2.4:1 a 4.2:1.

Las especies depredadoras que poseen una mayor incidencia en el normal desarrollo de *Dactylopius sp.* son las de las familias Syrphidae (Diptera) y Pyralidae (Lepidoptera) (Zimmerman *et al.*, 1979; Portillo y Viguera, 1998).

Los enemigos naturales de la cochinilla fina cultivada en Santiago del Estero, son los mismos que se pudieron encontrar en otras regiones productoras. En Sudamérica, Zimmermann y Mc Fayden (1978) reportaron diversos insectos entomófago de cochinillas (*Dactylopius sp.*). En Perú, las larvas de un hemeróbido (*Symphorobius sp.*) reducen las poblaciones de cochinilla en estado de ninfa hasta en un 40% (Macías, 1997. Com. pers.).

La marcada estacionalidad de la provincia, representa un elemento importante a tener en cuenta ya que las poblaciones de enemigos y su actividad fluctúan de acuerdo a la

época del año. Este elemento podría ser usado para proponer alguna forma de control alternativo a los empleados en otras regiones productoras que poseen un régimen climático diferente. En España, uno de los momentos más adecuados para combatir la chinche de los cereales (*Eurygaster sp*) es a la salida de su letargo invernal, lo que no permite el apareamiento y la oviposición, con la consiguiente eliminación de la generación siguiente (García Zumel y Alves Santos, 2003).

En cuanto a su hospedante (*Opuntia ficus-indica*), Lobos y Ochoa (1997) indican que el factor más crítico que atenta contra el cultivo es el “gusano de la tuna”, *Cactoblastis cactorum*, que por su peligrosidad se convierte en la principal plaga de las opuntias cultivadas.

Son numerosos los estudios sobre plagas y enfermedades que analizan la especie (Pimienta, 1990; Scheinvar, 1999; Sudzuki *et al.*, 1993). Mena-Covarrubias (2004), señala para *Opuntia* en México, un gran número de insectos que afectan a la tuna, entre las que se encuentran la “chinche gris”, el “thrips”, el “gusano barrenador” y otras que no fueron detectadas en Santiago del Estero.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta las múltiples cualidades de adaptación y vitalidad de la tuna, además del hecho de que contribuye a la recuperación de áreas degradadas, ya que a su amparo es posible el desarrollo de vegetación que a la larga contribuye a enriquecer el suelo e impedir su erosión.

En cuanto a las enfermedades que afectan a las tunas, Mendez-Gallego *et.al.* (2007), mencionan: *Pseudomonas sp.*, *Agrobacterium sp.*, *Erwinia sp.* y *Xanthomonas sp.* Dentro del grupo de hongos que afectan al cultivo de la tuna se pueden mencionar: *Phytophthora sp.*, *Armillaria sp.* y *Alternaria sp.*, ésta última causa una enfermedad conocida como “pudrición húmeda”, que ataca a la tuna cuando existen heridas, aunque los daños no son mayores.

2.5. CONCLUSIONES

Los principales factores bioclimáticos que influyen en la producción de grana cochinilla en las condiciones estudiadas son las temperaturas extremas debido a que, por debajo de los 5 °C o encima de los 40 °C ocasionan la mortandad de individuos, por lo que se debe tener en cuenta el tipo de cubierta a utilizar en los módulos de cría y una ventilación adecuada.

Las posibilidades de producción de grana cochinilla se restringen a condiciones semicontroladas, donde los insectos estén protegidos de eventos meteorológicos estacionales (lluvias torrenciales en verano, heladas en invierno, vientos intensos en primavera, etc.) típicos de la región.

El efecto negativo de la temperatura depende del estado de desarrollo en que se encuentra el insecto, y el umbral de desarrollo alcanzado. Durante la etapa de ninfa I, es la más sensible, incrementando su rusticidad con la evolución del insecto, alcanzando la mayor rusticidad en el estado de adulto.

Opuntia ficus-indica, presenta alta susceptibilidad al ataque de insectos y enfermedades en la provincia, por lo tanto, se debe poner énfasis en los tratamientos culturales que se debe dar a la plantación.

3. RECOMENDACIONES

La conservación y utilización sustentable de las especies de *Dactylopius* son importantes, tanto desde el punto de vista bioecológico como económico y cultural en la región del Chaco Seco Argentino. La eliminación del bosque nativo para dar lugar a otros usos del suelo es una constante actual en la región y un elemento que disminuye la diversidad de hábitats y de recursos para la fauna, en particular para la artrópodo-fauna, y por lo tanto, las posibilidades de sobrevivencia de las especies asociadas al bosque se reducen.

En la región deben intensificarse los trabajos a campo a fin de ampliar los registros geográficos de estas especies con el objeto de efectuar su modelización. Los modelos obtenidos pueden resultar herramientas útiles empleadas como guía para optimizar el esfuerzo de muestreo. La incorporación de nueva información o de puntos de recolección de todas las especies del género podrán mejorar la precisión de los modelos en futuros trabajos.

Debido a la marcada diferencia de tiempos de duración en el ciclo biológico del insecto entre el invierno y el resto de las estaciones del año, es necesario llevar a cabo una planificación adecuada por parte del productor que prevea la obtención de un ingreso adicional en el período invernal. Se deben profundizar los estudios sobre taxonomía y control de los insectos entomófagos y otros enemigos naturales o competidores de la grana cochinilla en Santiago del Estero.

Reconocer la importancia de la tuna en el contexto de políticas públicas como medio para favorecer su cultivo asociada a la cría de grana cochinilla.

Para la plantación de tunas destinada a la infestación con grana cochinilla, recomiéndase el manejo que contemple, de manera conjugada, los tratamientos culturales y el control químico.

Para cualquiera de las enfermedades es recomendable recolectar y quemar el material infectado o parte del mismo que se encuentre atacado para evitar su propagación.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Los modelos de distribución espacial permiten inferir, la relación entre las especies y sus hábitats por ello son importantes y, de interés los conocimientos que pueden aportarse al respecto. En el caso de las especies de cochinillas tintóreas, no existen estudios sobre esta temática en nivel nacional y se limitan sólo a menciones o citas sobre presencia de las mismas.

De los modelos de distribución de especies obtenidos, se comprobó que las especies *D. austrinus* y *D. confertus* muestran distribuciones más amplias y con tendencia a sobreponerse abarcando un gran porcentaje de la ecorregión de Sierras y Bolsones, superando las expectativas planteadas inicialmente de distribuciones potenciales restringidas a la ecorregión del Chaco Seco. Estas distribuciones se justifican, pues sobre estas especies los estudios taxonómicos han sido menos desarrollados que en las otras, teniendo como consecuencia un esfuerzo de muestreo menor que se refleja en el modelo de distribución.

En otro aspecto, los resultados logrados en el presente estudio, reflejan que las variables bioclimáticas seleccionadas fueron adecuadas para este grupo de especies, lo que demuestra que están asociadas a las condiciones de ambientes semiáridos. Esto se debe a evidencia de altos porcentajes con que participaron de los tres modelos las variables precipitación en el trimestre más seco y rango medio diurno (T°).

En el caso de *D. ceylonicus* el área de distribución se halla comprendida exclusivamente en el Chaco seco, en este caso los estudios y puntos de presencia de la especie empleados fueron sustancialmente superiores para la modelación con respecto a *D. Austrinus* y *D. confertus*.

Ante el escaso conocimiento de las especies modeladas y las variables ambientales asociadas a las mismas, estos aportes se muestran relevantes, y los primeros en cuanto a la identificación de áreas idóneas para albergar a las especies silvestres de cochinillas tintóreas, de interés en el desarrollo de emprendimientos para la producción y utilización sustentable tanto en aplicaciones artesanales y/o industriales.

La especie de este grupo más difundida mundialmente, *Dactylopius coccus*, encuentra condiciones ambientales favorables para su producción bajo cubierta en la provincia de Santiago del Estero.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J. 1590. t.1: 385, citado en Di Lullo, O. 1944. "El Folklore de Santiago del Estero".
Publicación Oficial. S. del Estero.
- Aldama-Aguilera, C. y C. Llanderal-Cázares. 2003. "Grana cochinilla; comparación
de métodos de producción en penca cortada". *Agrociencia* 37: 11-19.
- Aldama-Aguilera, C.; C. Llanderal-Cázares; M. Soto-Hernández y L. E. Castillo-Márquez.
2005. "Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) en
plantas de nopal a la intemperie y en microtúneles". *Agrociencia* 39: 161-
171.
- Alsos I. G.; T. Alm; S. Normand y C. Brochmann. 2009. "Past and future range shifts and
loss of diversity in dwarf willow (*Salix herbacea* L.) inferred from genetics,
fossils and modeling". *Global Ecology and Biogeography*, 18, pp 223-239.
- Allevi, P.; M. Anastasia y M. Bingham. 1998. "Synthesis of carminic acid, the colourant
principle of cochineal". *J. Chem. Soc. Perkin Trans 1* (3):575-582.
- Alvarez, B. 2007. Análisis de Factibilidad del cultivo de la Tuna en la Localidad de Icaño,
Departamento La Paz. Dirección Provincial de Programación del
Desarrollo. Ministerio de Producción y Desarrollo. Gobierno de la Provincia
de Catamarca. Argentina.
- Álvarez, P y F. Cáceres. 2003. Usos e importancia de las cactáceas en la cultura
Churajón (Dpto. Arequipa). *Quepo* 17: 20-27.
- Alvarez Valdes, D.; L. Diodato y M. A. Nazareno. 2006. "Comparison of carminic acid
content among different species of *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae)".
Boletín Nakari. 17, 3, 71-74,
- Amaya Robles, J. E. 2009. "El cultivo de tuna" *Opuntia ficus indica*. Gerencia Regional
Agraria La Libertad, Trujillo-Perú. 18p.
- Anderson, E. F. 2001. "The Cactus Family". Portland Timber Press Inc. 776 pp. USA.
- Anderson, R.; D. Lew y A. Townsend Peterson. 2003. "Evaluating predictive models of
species distributions: criteria for selecting optimal models", *Ecological
Modelling*, 162, pp. 211-232.

- Aquino, P. G. 1992. "Factores limitantes en el cultivo de la cochinilla (*Dactylopius* spp.) del nopal (*Opuntia* spp.) en el Altiplano Potosino". In: Memoria de resúmenes del Quinto Congreso Nacional y Tercer Congreso Internacional Sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. De México. Pp.75-76.
- Araújo, M. B. y R. G. Pearson. 2005. "Equilibrium of species' distributions with climate". *Ecography* 28, 693-695.
- Armas, C. Y F. Pugnairel. 2005. "Plant Interactions govern population dynamics in a semiarid plant community". *Journal of Ecology*, 93: 978-989.
- Austin, M. P.; A. O. Nicholls y C. R. Margules. 1990. "Measurement of the realised qualitative niche: environmental niches of five *Eucalyptus* species". *Ecol. Monogr.* 60, 161-177.
- Bátiz, M. A. 1987. "Aspectos biológicos agronómicos y experiencias actuales en torno al cultivo del nopal y la cochinilla en: La grana y el carmín".(Inédito). México.89 p.
- Barbera, G.1995. "The history of Nopal". FAO: Agroecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO Plant Production and Protection Paper 132: 1-3. Rome.
- Barbera, G. y P. Inglese.1993. "La coltura del ficodindia". Edagricola. Bologna.
- Barthlott, W. y D. R. Hunt. 1993. Cactaceae. In K. Kubitzki, J. G. Rohwer, y V. Bittrich [eds.], "The families and genera of vascular plants".Vol. 2, 161-197. Springer Verlag, Berlin, Germany.
- Benson, L. Y D.L.Walkington. 1965. "The southern California prickly Pears - invasion, adulteration and trial by fire". *An Missouri Bot. Gard.* 52: 262-273.
- Benson, L. 1982. "The cacti of the United States and Canada".1-1044 p. Stanford Univ. Press.California.
- Berger, A. 1912. "Hortus Mortolensis". West Newman y Co. Hatton Garden.London.1-460 Pp.
- Berry, N.; O. Phillips; R. Ong, y K. Hamer. 2002. "Impacts of selective logging on tree diversity across a rainforest landscape: the importance of spatial scale". *Landscape Ecology* 23(8):915-929.

- Biogeomancer Research Consortium. 2005. Fecha de consulta, Agosto de 2013. Disponible en: <http://www.biogeomancer.org>.
- Bolker, B. M.; S. W. Pacala y C. Neuhauser. 2003. "Spatial dynamics in model plant communities: What do we really know?". *American Naturalist* 162: 135-148.
- Borrego E., F. y N. Burgos. 1986. "El Nopal". Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. 202 p.
- Borror, D. J.; C. A. Triplehorn y N. F. Johnson. 1989. "An introduction to the study of insects". United States. 6th. Sunders College Publishing, 875 p.
- Brana, D. D.: "Cochineal: Aboriginal Dyestuff from Nueva España", en Actas y memorias del XXXVI Congreso Internacional de Americanistas 2, Sevilla 1966.
- Bravo, H. 1978. "Las cactáceas de México". Vol 1: 1-743. Univ. Nac. Autónoma de México.-- 1991. Id. Vol 3: 1-643.
- Bray, J. R. y J. T. Curtis. 1957. "An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin". *Ecol Monogr.* 27:325-349
- Briere, J. F.; P. Pracros; A. Le Roux y J. S. Pierr. 1999. "A novel model of temperature-dependent development for arthropods". *Environ. Entomol.*, 28: 22-29.
- Britton, N. L. y J. N. Rose. 1919. "The Cactaceae 1". Smithsonian Inst. Washington. 1-236.
- Bruchmann, E. T. 1981. Climatología general y agrícola de la Provincia de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Tucumán, 199 p., Tucumán.
- Brutsch, M. O. y H. G. Zimmermann. 1993. "Food habits of Some Pre-Columbian Mexican Indians". *Economic Botany* 19:335-343.
- Burrough, P. A. 1987. "Principles of geographical information systems for land resource assessment". Oxford: University Press.
- Cabria, F. N.; G. F. Domínguez y M. B. Calandroni. 2012. Génesis, clasificación y cartografía de suelos". Fascículo I. Taxonomía de suelos. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Callejas-Juárez, N.; J. A. Matus-Gardea; J. A. García-Salazar; M. A. Martínez-Damián y J. M. Salas-González. 2006. "Situación actual y perspectivas de mercado para la tuna, el nopalito y derivados en el estado de México". Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. México.

- Campos P. y V. I. Flores. 1988. "Estudio de factores que posibiliten cosechas de cochinillas del carmín (*Dactylopius coccus* Costa), en época lluviosa". CC. Santa Rosa de Huatatas, Ayacucho, Perú. Pp. 56-57.
- Campos Figueroa, M. y C. Llanderal Cázares. 2003. "Producción de grana cochinilla *dactylopius coccus* (homoptera: dactylopiidae) en invernadero". Agrociencia, vol. 37, núm. 2, pp. 149-155, Colegio de Postgraduados. México.
- Cardenas, M.H. 1947. "Los bosques de cactáceas del centro de Bolivia". Folia Universitaria (Imprenta Universitaria, Cochabamba) 1 (1):119-126. 1952. Un viaje botánico de Santa Cruz a Cochabamba. Rev. Agric. (Cochabamba) 10 (7):3-14. 1952. --1953. Un viaje botánico por el distrito petrolero de Bolivia. Rev. Agric. (Cochabamba) 11 (8):3-14. 1968. Un viaje por los Bañados de Izozog. Rev. Agric. (Cochabamba) 25 (11):5-11. 1969. Manual de Plantas económicas de Bolivia. Imprenta Ichtus.
- Carpio, M. D. A. 1952. "Nota sobre la cariología de dos especies de *Opuntia*". Genética Iberica 4:47-62. La Paz.
- Castellanos, A. y H. V. Lelong. 1934. "Cactáceas cultivadas que deben excluirse del catálogo de la flora argentina". Rev. Argent. Agron., Buenos Aires 1:213-222.
- Chapman, A. D. y J. R. Busby. 1994. "Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate and environmental monitoring". 177-195 in Miller, R.I. (ed.). Mapping the Diversity of Nature. London: Chapman and Hall.
- Chávez-Moreno C. K.; A. Tecante; A. Casas y L. E. Claps. 2011. "Distribution and Habitat in Mexico of *Dactylopius* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) and their Cacti Hosts (Cactaceae: Opuntioideae)". Neotropical Entomology. Vol 40 N°1. ISSN 1519-566X
- Chen, G. y A. T. Peterson. 2002. "Prioritization of areas in China for the conservation of endangered birds using modelled geographical distributions". Bird Conservation International 12:197-209.
- Chessa, I. (no publicado). "Role of Isoenzymes as molecular markers in *Opuntia* genotypes identification.correction". *Journal of Vegetation Science* 6: 575-582.

- Claps, L. 1999. "Biodiversidad de cochinillas (Hemiptera: Coccoidea) asociadas a Opuntia en la República Argentina". Jornadas sobre Aprovechamiento de Tuna. Santiago del Estero. Pp 14-16.
- Claps, L. E. y M. E. de Haro. 2001. "Coccoidea (Insecta: Hemiptera) Associated With Cactaceae in Argentina". Journal of Professional Association for Cactus Development 6.Pp 77-83.
- Comstock, J. 1972. "An introduction to entomology". 9th Ed. Publishing Associates. EUA.1064 pp.
- Cony, M. A.; J. C. Guevara; O. S. Trione y O. R. Estevez. 2008. "Response to freezing and high temperatures of detached cladodes from Opuntia species". J. PACTD: 36-48.
- Cortes, D.; A. L. Viguera y L. Portillo. 2005. "Relación del aparato reproductor femenino de *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae) en la síntesis del ácido carmínico". *Scientia-Cucba*, 7: 131-138.
- Cruz, D. M. 1990. "Determinación de algunos aspectos biológicos de la grana o cochinilla del nopal (*Dactylopius coccus* Costa: Coccoidea: Dactylopiidae) en Chapingo, México". Tesis, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. 71 p.
- Dale, M. R. T.1999. "*Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*".Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Dahlgren, B. 1963. La grana cochinilla. Ed. Porrúa. Mexico, D.F.
- De Lotto, G. 1974. "On the status and identity of the cochineal insects (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae)". Journal of the Entomological Society of Southern Africa 37: 167-193p.
- De Haro, M. E. 2004. "Homoptera: Dactylopiidadae". En: Cordo, H. A.; G. Logarzo; K. Braun y O. Di Iorio (Directores). 2004. *Catálogo de Insectos Fitófagos de la Argentina y sus Plantas Asociadas*. Sociedad Entomológica Argentina ediciones. Buenos Aires, Argentina. pp. 124-163.
- De Haro, M. E. y L. E. Claps.1995. "Conociendo nuestra fauna III: Familia Dactylopiidae (Insecta; Homoptera) Morfología, biología e importancia económica". Serie Monográfica y Didáctica N° 19. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo.

- De Haro, M. E. y L. E. Claps. 1998. "Contribución al conocimiento de la familia Dactylopiidae de la República Argentina (Insecta, Homoptera, Coccoidea). Cochinillas productoras del carmín". Proceeding Primer Congreso Internacional de Grana Cochinilla y Colorantes Naturales. Oaxaca, México 47-48p.
- De Haro, M. E. y L. E. Claps. 1999. "Primera cita de *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) para la República Argentina". Rev. Soc.Entomol. Argent. 58 (3-4):128.
- Del Río Y Dueñas, I. 2006. "Grana cochinilla fina. Regalo de México para el mundo". Instituto Estatal de Ecología de Oaxaca. México. 95 pp.
- Diggle, P. J. 1983. "Statistical Analysis of Spatial Point Patterns". Academic Press, Londres, Reino Unido.
- Diguet, L. 1928. "Les Cactacées utiles du Mexique". 1-551. Archives d'Historie Naturelle. Soc. Nat. D'Acclimatation de France. París.
- Dinerstein, E.; D. M. Olson; G. J. Douglas; A. L. Webster; S. A. Primm; M. P. Bookbinder; G. Ledec y World Wildlife found. 1995. "A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean". Washington (DC): World Bank.
- Diodato, L.; M. Iturre y M. Paz. 2004. "Especies de *Dactylopius* en Argentina y factores que inciden en su producción". Revista Quebracho 11:67-72.
- Diodato, L.; A. Fuster y C. Savino. 2010. "Conocimiento de la producción de la grana cochinilla en la República Argentina". Pp. 145-155. En: Portillo, L. y A. L. Viguera (eds.). Conocimiento y Aprovechamiento de la Grana Cochinilla. Universidad de Guadalajara, México. ISBN 978-607-7533-56-6.
- Diodato, L.; E. Gonzalez Olazo; F. Heredia y C. Savino. 2010. "Presencia de *Sympherobius marmoratipennis* (Hemeroibiidae, Neuroptera), depredando cochinillas sobre *Opuntia ficus indica*, en el departamento capital, Santiago del Estero, Argentina". XIII Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Z 24.
- Diodato, L.; E. Sanchez; D. Alvarez Valdez; A. Fuster y M. Nazareno. 2005. "El cultivo de grana cochinilla en la region del Chaco semiárido argentino, Santiago del Estero". 4tas Jornadas de Ciencia y Tecnología de la UNSE. D3-P.

- Duncan, R. P.; P. Cassey y T. M. Blackburn. 2009. "Do climate envelope models transfer? A manipulative test using dung beetle introductions". Proceedings of the Royal Society B267:1449-1457.
- Duque Michelena P. M. y H. R. Herrera Rivadeneira. 2002. "Proyecto de investigación de producción de tuna y cochinilla seca en Guayllabamba para exportar a Alemania en el año 2004. Tesis de Grado. Quito, Ecuador.
- Edith, J. 2002. "Quantitative methods for modeling species habitats: comparative performance and an application to Australian plants". In: Philips, S. J., and Dudík, M. 2008. Modeling species distributions with MAXENT: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecogeography*. 31:161-175.
- Eisner, T. S.; S. Nowicki; M. Goetz y J. J. Meinwald. 1980. "Red cochineal dye (carminic acid): its role in nature". *Science* 208: 1039-1042.
- Elith, J.; C. Graham; R. P. Anderson; M. Dudík; S. Ferrier; A. Guisan; R. J. Hijmans; F. Huettmann; J. R. Leathwick; A. Lehmann; J. Li; L. G. Lohmann; B. A. Loiselle; G. Manion; C. Moritz; M. Nakamura; Y. Nakazawa; J. McOverton; A. T. Peterson; S. J. Phillips; K. Richardson; R. Scachetti-Pereira; R. E. Schapire; J. Soberon; S. Williams; M. S. Wisz y N. E. Zimmermann. 2006. "Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data". *Ecography* 29: 129- 151.
- Evangelista, P. H.; S. Kumar; T. J. Stohlgren y C. S. Jarnevich; A. W. Crall; J. B. Norman III y D. T. Barnett. 2008. "Modelling invasion for a habitat generalist and a specialist plant species".
- Falasca, S.; M. A. Bernabé y C. Lamas. 2011. "Aptitud agroclimática de áreas áridas y semiáridas de Argentina para el cultivo de tuna (*Opuntia ficus indica*) como fuente de bioetanol". *Revista Quebracho* Vol.19(1,2):66-74
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1993a. "Agro-ecological assessment for national planning: the example of Kenya. FAO Soils". Bulletin N° 67. Rome, Italy. Also nine technical annexes issued as World Soil Resources Reports 71/1-71/9.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1994. "Erosión de suelos en América Latina". *Suelos y Aguas*. p. 33-52.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1997. "Zonificación agro-ecológica. Guía general". Boletín de Suelos núm.73. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Roma, Italia.
- FAO/OMS. 2000. Electronic forum on biotechnology in food and agriculture: Summary of conference 5 (a synopsis of the main arguments and concerns discussed), <http://www.fao.org/biotech/logs/c5sum.htm>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).2011. "Escasez y degradación de las tierras y el agua: creciente amenaza para la seguridad alimentaria". Roma.176 p.
- Fernandez De Oviedo. 1535. Historia general. Libro X (no visto, reproducido en López Piñero, J.M. *et al.*, 1992. "Medicinas, drogas y alimentos vegetales del Nuevo Mundo". Ito. Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencia. Universidad de Valencia.España.
- Ferrier, S. y A, Guisan. 2006. "Spatial modelling of biodiversity at the community level", *Journal of Applied Ecology*, 43, pp. 393-404.
- Ferrier, S.; G. Manion; J. Elith y K. Richardson. 2007. "Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment". *A Journal of Conservation Biogeography*.Vol. 13.Issue 3.P. 252-264..
- Ferris, G. F. 1955. "Atlas of the Scale Insects of North America".Vol. 7. The Families Aclerdidae, Asterolecaniidae, Conchaspidae Dactylopiidae and Lacciferidae. Stanford University Press, Palo Alto, California.233pp.
- Fester, G. A. 1941. "Colorantes de insectos".*Anales Soc. Cient. Argentina* 131:100-103. - Lexow, S. 1943. Colorantes de insectos (2ª comunicación) *Anales Soc. Cient. Argentina* 135:89-96.
- Fischer, G.; F. O. Nachtergaele; S. Prieler; E. Teixeira; G. Tóth; H. Van Velthuisen; L. Verels y D. Wiberg. 2001. "Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st Century". IIASA Research Report 02-02, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, p. 119.

- Flores, I. V., D. Alviar y J. Vilca. 1985. "Época desiembrada de la cochinilla del carmín *D. coccus* Costa en la comunidad campesina de Santa Rosa de Huatatas, Ayacucho, Perú". Resúmenes del 1er congreso Nacional de Tuna y Cochinilla, Ayacucho, Perú. pp 36-37
- Flores, I. V. y A. D. Zamarripa. 1991. "Efecto de diferentes condiciones de fotoperíodo en el desarrollo de la cochinilla del nopal *Dactylopius coccus* Costa (Homóptera: Dactylopiidae), Zapopan, Jalisco". En resúmenes del XXVI Congreso Nacional de Entomología. Veracruz, México. Pp 131.
- Flores, V. I. y T. Tekelenburg. 1995. "Dacti (*Dactylopius coccus* Costa) dye production". En: Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO. Plant Production and Protection Paper. pp. 32.
- Flores-Hernández A.; B. Murillo-Amador; E. O. Rueda-Puente; J. Cruz Salazar-Torres; J. L. García-Hernández y E. Troyo-Diéguez. 2006. "Reproducción de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homóptera: Dactylopiidae)". *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 97-102.
- Fortin, M. J. y M. R. T. Dale. 2005. "Spatial Analysis: A Guide for Ecologists". Cambridge University Press, Cambridge, Reino.
- Foxcroft, L. y J. H. Hoffman. 2000. "Dispersal of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae), a biological control agent of *Opuntia stricta* (Haworth.) (Cactaceae) in the Kruger National Park". *Koedoe* 43: 1-5.
- Fyllas, N. M. y A. Y. Troumbis. 2009. "Simulating vegetation shifts in northeastern Mediterranean mountain forests under climate change scenarios". *Global Ecology and Biogeography*, 18, pp 64-77.
- GADM Database of Global Administrative Areas. 2012. Fecha de consulta Setiembre 2013. Disponible en: <<http://www.gadm.org/>>.
- Galmarini, A. y G. Raffo Del Campo. 1964. "Rasgos fundamentales que caracterizan el clima de la Región Chaqueña". CONADE, 178 pp.
- Gallegos-Vázquez, O y S. de J. Méndez-Gallegos. 2000. "La tuna. Criterios y Técnicas para su Producción Comercial". Universidad Autónoma Chapingo – Colegio de Postgraduados – Fundación PRODUCE – Zacatecas A.C. Ed. México. pp:13.

- García Zumel, M. A. y F. M. Alves Santos. 2003. "Daños y métodos de control de plagas en cereales". Rev. Vida Rural.Pp. 46-49.
- Gibson, A. C. y P. S. Nobel. 1986. "The Cactus Primer".Pp. 286.Harvard Univ. Press.
- Gil, G. E. Y J. M. Lobo. 2012. "El uso de modelos predictivos de distribución para el diseño de muestreos de especies poco conocidas". Mastozoología neotropical vol.19 no.1. ISSN 0327-9383
- Gilreath, M. E. y J. W. Smith. 1988. "Natural enemies of *Dactylopius confusus* (Homoptera: Dactylopiidae): exclusion and subsequent impact on *Opuntia* (Cactaceae)". Environmental Entomology 17: 730-738. Lizer, C. 1922. Nota sobre tres especies del género *Dactylopius* (Coccidae) halladas en el país. PHYSIS, Buenos Aires: 106-111.
- Giovanelli, J. G. R.; C. F. B. Haddad y J. Alexandrino. 2008. "Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil". Biological Invasions 10:585-590.
- Gonzales Luna, O. A. 2012. "Mecanismo de exportación y rentabilidad de la cochinilla en el Departamento de Tacna (*Dactylopius coccus* Costa)". Tesis Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad de Tacsa. Perú. 95 p.
- Greathead, D. J. 1997. "Crawler behaviour and dispersal". Pp. 339–342 in Ben-Dov, Y.; Hodgson, C.J. (eds), Soft Scale Insects, Their Biology Natural Enemies and Control. World Crop Pests Series, 7A. Amsterdam, Elsevier Press. v–xxiv + 452 pp.
- Greig-Smith, P. 1983. "Quantitative Plant Ecology". 3rd edn. Oxford: Blackwell Scientific.
- Greig-Smith, P. 1979. "Pattern in vegetation". J. Ecol., 67: 755-759.
- Griffiths, D. 1914. "Reversion in Prickly Pears". Journal of Heredity 5:222-225.
- Guisan, A. N.; E. Zimmermann; J. Elith; C. H. Graham; S. Phillips y A. T. Peterson. 2009."What matters for predicting the occurrences of trees: techniques, data, or species' characteristics?". Ecological Monographs, 77(4), 2007, pp. 615–630. Ecological Society of America.
- Guisan, A. y N. E. Zimmermann. 2000."Predictive habitat distribution models in ecology". Ecological Modelling 135: 147-186.

- Guisan, A. y W. Thuiller. 2005. "Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models". *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- Guisan, A.; C. H. Graham, J. Elith, F. Huettmann y the NCEAS Species Distribution Modelling Group. 2007a. Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Divers. Distrib.* 13: 332- 340.
- Gullan, P. y M. Kosztarab. 1997. "Adaptations in scale insects". *Annual Review of Entomology*. Pp 42:23-50.
- Guralnick, R. P.; J. Wiecek; R. Beaman y R. J. Hijmans. 2006. "The BioGeomancer" Working Group. Disponible en: <http://bg.berkeley.edu:8080/bgworkbench/Workbench.html>.
- Gutiérrez, D.; P. Fernández; A. S. Seymour y D. Jordano. 2005. "Habitat distribution models: Are mutualist distributions good predictors of their associates?". *Ecological Applications* 15: 3-18.
- Guzmán, U.; S. Arias y P. Dávila. 2007. "Catálogo de autoridades taxonómicas de las cactáceas (Cactaceae: Magnoliopsida) de México". Facultad de Estudios Superiores de Iztacala, UNAM. Base de datos SNIB-CONABIO, Proyectos Q045 y AS021. México.
- Haase, P.; S. P. Pugnaire; S. C. Clark y L. D. Incoll. 1996. "Spatial patterns in a two-tiered semi-arid shrubland in southeastern Spain". *J. Veg. Sci.* 7, 527-534.
- Haase, P. 1995. "Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-Function: Introduction and methods of edgecorrection". *J. Veg. Sci.* 6: 575-582..
- Hampe, A. 2004. "Bioclimate envelope models: What they detect and what they hide". *Global Ecology and Biogeography* 13: 469-471.
- Hernandez, P.; C. H. Graham; M. L. Lawrence y D. L. Albert. 2006. "The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods". *Ecography* 29: 773-785
- Hijmans, R. J.; S. E. Cameron; J. L. Parra; P. G. Jones y A. Jarvis. 2004. "The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces". Version 1.3. Available at: <http://biogeo.berkeley.edu/worldclim>.

- Hoffman, W. 1995. "Ethnobotany". En: Agroecology, cultivation and uses of Cactus-pear. FAO, Plant Production and Protection Paper: 12-19.
- Kiesling, R. 1999. Nuevos sinónimos en *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae). *Hickenia* 2 (66):309-314.
- Hueck, K. 1978. "Los bosques de Sudamérica". Ecología, composición e importancia económica. GTZ, Eschborn. 476 pág.
- Hutchinson, G. E. 1957. "Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative". *Biology* 22:415-427.
- Jayat, J. P.; S. E. Pacheco y P. E. Ortiz. 2009. "A predictive distribution model for *Andynomys edax* (Rodentia: cricetidae) in Argentina". *Mastozoología Neotropical* 16 (2):321-332.
- Kershaw, K. A. 1973. "Quantitative and Dynamic Plant Ecology". 2d ed. Arnold London.
- Kiesling, R. 2003. "Origen, Domiciliación y Distribución de *Opuntia ficus indica*". Instituto de Botánica Darwinion. p. 1 – 3.
- Krabill, K.; J. M. Jamison; J. Gilloteaux y J. L. Summers. 1993. "Subcellular localization and antiviral activity of carminic acid/poly r(A-U) combinations". *Cell Biol. Int.* 17(10):919-933.
- Lafone Quevedo, S.A. 1927. "Tesoro de Catamarqueños". Ed. Coni. Buenos Aires.
- Le Houérou, H. N. 1994. "Drought-tolerant and water-efficient fodder shrubs (DTFS), their role as a "drought insurance" in the agricultural development of arid and semi-arid zones in Southern Africa". Pretoria, South Africa: Report to the Water Research Commission of South Africa. 139 pp.
- Le Houérou, H.N. 1996. "The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean basin". *Journal of Arid Environments* 33:135-159.
- Legendre, P. y L. Legendre. 1998. "Numerical ecology". Second English edition. Elsevier Publishers, Amsterdam, Holanda.
- Lindenmayer, D. B.; R. B. Cunningham; H. A. Nix; M. T. Tanton y A. P. Smith. 1991. "Predicting the abundance of hollow-bearing trees in montane ash forests of south-eastern Australia". *Aus. J. Eco.* 16, 91–98.

- Llanderal Cazares, C. y M. Campos Figueroa. 2001. Sistemas de producción de la grana cochinilla. In Producción de Grana Cochinilla. Llanderal C., y Nieto R. (eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp. 61-67
- Llorente, J., y J. Castro. 2002. Colecciones entomológicas en instituciones taxonómicas de Iberoamérica: ¿Hacia estrategias para el inventario de la biodiversidad? Monografías Tercer Milenio (Sociedad Entomológica Aragonesa-cyted) 2: 207-318.
- Lobo, J. M. 2000. "Es posible predecir la distribución geográfica de las especies basándonos en variables ambientales?". Fecha de consulta Agosto de 2013. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/pribes>.
- Lobo, J. M. y J. Hortal. 2003. "Modelos predictivos: Un atajo para describir la distribución de la diversidad biológica". Ecosistemas 2003/1. Disponible en: <http://www.aeet.org/ecosistemas/>
- Lobos, E. y J. Ochoa. 1997. Observations on *Cactoblastis cactorum* (Berg) as a Pest of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) in Argentina with Suggestions On Possible Control Methods. J. PACD. Pp. 97-102
- Lorenz, G. 1995. Caracterización ecológica de un suelo Eutric Regosol bajo bosque en el Chaco Semiárido, Argentina. Revista Quebracho: (3): 13-23
- Macías, L. 1987. Com. Pers. Citado en Portillo, L. y A. L. Viguera. 1988. "Enemigos naturales de la cochinilla del carmín". Primer Congreso Internacional sobre grana cochinilla y colorantes naturales. Oaxaca. México.
- Mann, J. 1969. "Cactus feeding insects and mites". U.S. Nat. Mus. Bulletin. 256.158 p.
- Marco, V. 2001. "Modelización de la tasa de desarrollo de insectos en función de la temperatura. Aplicación al Manejo Integrado de Plagas mediante el método de grados-día". Aracnet 7 -Bol. S.E.A., nº 28: 147—150.
- Marín, R. y F. Cisneros. 1983." Factores que deben considerarse en la producción de la cochinilla del carmine *Dactylopius coccus* (Costa) en ambientes mejorados". Revista Peruana de Entomología. Vol. 26. Nº 11. Pp. 81-83
- Marín, R. 1991. "Dactylopius coccus (Costa), cochinilla de la tuna sobre *Opuntia ficus-indica*". Quepo 5:37-43.
- Marín, R. 1991. "Sobrevivencia de *D. coccus* según épocas de infestación artificial en la costa peruana". Revista Peruana de Entomología. 34:77-80.

- Marín, R. 1986. "Factores que deben considerarse en la producción de la cochinilla del carmín *Dactylopius coccus* (Costa) en ambientes mejorados". En: Resúmenes del Primer Congreso Nacional de Tuna y Cochinilla. Ayacucho, Perú. pp. 34.
- Marín, R. y F. Cisneros. 1977. "Biología y morfología de la cochinilla del carmine (*Dactylopius coccus* Costa) Homóptera: Dactylopiidae". Revista Peruana de Entomología. Vol. 20.Nº1. Pp 115-120
- Martins, S. N.; D. D. Breshears; C. W. Meyer y F. J. Barnes. 1997. "Scales of above-ground and below-ground competition in a semi-arid woodland detected from spatial pattern". Journal of Vegetation Science 8: 655-664.
- McLeod, M.G. 1975. "A new hybrid fleshy-fruited prickly-pear in California". Madroño 23 (2):96-98.
- Mena-Covarrubias, J. 2004. "Manejo integrado de las plagas del nopal: una propuesta para tomar mejores decisiones de control". In G. Esparza, R.D. Valdéz and S. Méndez (eds). Nopal: tópicos de actualidad. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Mexico. pp. 125-140
- Méndez Gallego, S. J. 2001. "Cultivo y manejo de la grana cochinilla. In: Producción de Grana Cochinilla". Llanderal C., y R. Nieto. (eds.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. pp: 69-77.
- Méndez-Gallego, S. J.; J. Vera-Graziano; H. Bravo-Mojica y J. López-Collado. 1993. "Tasas de supervivencia y reproducción de la grana-cochinilla *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae) a diferentes temperaturas". Agrociencia. Serie Protección Vegetal 4(1):7-22.
- Méndez, G. S. de J. y V. C. Gallegos. 2007. "Establecimiento y manejo de huertos de nopal para la cría de la grana o cochinilla (*Dactylopius coccus*). Colegio de Postgraduados. Campus San Luis Potosí".
- Méndez-Gallego, S. de J.; L. A. Tarango-Arámbula; A. Carnero; R. Tiberi y O. Díaz-Gómez. 2010. "Crecimiento poblacional de la cochinilla *Dactylopius coccus* Costa criada en cinco cultivares de nopal *Opuntia ficus-indica* Mill". Agrociencia vol.44 no.2 México
- M.I.P. 1998. "Una Guía Práctica para un monitoreo más efectivo de Plagas de Insectos". El manual para el socio. 3ª ed. Trécé Inc. Chile.

- Montiel, L.; J. Valdez y C. Llanderal-Cazares. 1998." Morfología externa de *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae)". In: Memorias del I Congreso Internacional de Grana cochinilla y Colorantes Naturales. Oaxaca, México.
- Moran, V. C.; B. H. Gunn y H. Walter.1982. "Wind dispersal and setting of first instar crawlers of the cochineal insect *Dactylopius austrinus* (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae)". *Ecological Entomology* 7:409-419
- Morello J. y J. Adámoli, 1974. "Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco Argentino". Segunda parte: vegetación y ambiente de la provincia del Chaco. INTA. Serie fitogeográfica N°: 13. 130 págs.
- Moringo, M. A. 1966. "Diccionario de Americanismos". 1-738. Mochnik Ed. Buenos Aires.
- Nasif, N. 1999. Ecología. Biology Cabinet Organization. Disponible en: <http://www.biocab.org/ecologia.html>
- Nix, H. A. 1986. "A biogeographic analysis of the Australian elapid snakes". In: R. Longmore (ed.) Atlas of elapid snakes. Australian Flora and Fauna Series No. 7, pp. 4-15.
- Nobel, P. S. 1988. "Environmental biology of Agaves and cacti".Pp. 273.Cambridge Univ.Press.
- Nobel, P. S. 1990. "Low-temperature tolerance and CO2 uptake for platyopuntias -a laboratory assessment". *Journal of Arid Environments* 18:313-324.
- Nobel, P. 1999. Ecofisiología de *Opuntia ficus-indica*. In: El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. Estudio FAO producción y protección vegetal. Pp 169. México
- Nobel, P. S. y M. E. Loik. 1993. "Freezing tolerance and water potentials of *Opuntia fragilis* from Canada and the United States". *Ecology* 74:1722-1732.
- Nobel, P. S. y E. De la Barrera.2002.Tolerances and acclimation to low and high temperatures for cladodes, fruits and roots of a widely cultivated cactus, *Opuntia ficus-indica*.*New Phytologist* 157: 271–279
- Ochoa, J. 1997a. "Aspects of *Opuntia* cultivation and post-harvest handling in South America". International Workshop on Promotion of minor fruits crops: Cactus pear. University of Sassari, Sassari, Italy and FAO. Roma.

- Ochoa, J. 1997b. "Estado actual del nopal en la Republica Argentina". *In: Memorias VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Monterrey, México. p 21-27.
- Ochoa, J. 2003. "Principales características de las distintas variedades de tuna (*Opuntia* spp.) de la República Argentina". *In: Inglesse, P. y Nefzaoui, A. eds. Cactusnet Newsletter. FAO International Technical Cooperation Network on Cactus pear. Número especial. Roma.*
- Ochoa, J. y S. Uhart. 2004. "Nitrogen availability and fruit yield generation in tuna (*Opuntia ficus-indica*): IV. Effects on fruit yield on dry matter partitioning to reproductive sinks". *In: Memorias. X Congreso Nacional y VIII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Chapingo, México. p 65-76
- Osorio, A. F. y A. Soto. 1994. Enfermedades del nopal tunero. En: Aportaciones técnicas y experiencias de la producción de tuna en Zacatecas. Memorias. CP. CECCAM. Morelos, Zacatecas. p. 46-48.
- Pacheco Martínez, M. L. 2011. "La actividad de la grana cochinilla como Patrimonio Común de la Humanidad y parte de la estrategia de Desarrollo Sustentable en la Región de los Valles centrales de Oaxaca". Tesis Lic. en Rel. Internacionales. Universidad del Mar. Oaxaca, México.
- Pearson, R. G. y T. P. Dawson. 2003. "Preceding the impacts of climate change on distribution of species: Are bioclimate envelope models useful?". *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.
- Pearson, R. G. y T. P. Dawson. 2004. "Bioclimate envelope models: What they detect and what they hide" - response to Hampe (2004). *Global Ecology and Biogeography* 13:469-476.
- Pearson, R. G.; W. Thuiller; M. B. Araújo; E. Martinez-Meyer y L. Brotons. 2006. "Model-based uncertainty in species range prediction". *Journal of Biogeography* 33: 1704-711.
- Pearson, G. P. 2007. "Species distribution modelling for conservation educators and predictioners". Synthesis. American Museum of Natural History.

- Pearson, R. G. y T. P. Dawson. 2004. "Long-distance plant dispersal and habitat fragmentation: identifying conservation targets for spatial landscape planning under climate change". *Biological Conservation* 123: 389-401.
- Pedigo, L. 1996. "Entomology and pest management". 2nd Edition. Ed. Prentice-Hall Inc. New Jersey. 679 pp.
- Pérez-Guerra, G. 1991. Biosystematics of the family Dactylopiidae (Homoptera: Coccinea) with emphasis on the life cycle of *Dactylopius coccus* Costa. Ph. Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. 168 p.
- Perez-Sandi, M. C. 2001. Addressing the threat of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae), to opuntia in Mexico. *Threat of Cactoblastis in Mexico*. Pp. 499-502.
- Perry, J. N.; M. Liebhold; M. S. Rosenberg ; J. Dungan; M. Miriti; A. Jakomulska y S. Citron-Pousty. 2002. "Illustrations and guidelines for selecting statistical methods for quantifying spatial pattern in ecological data". *Ecography* 25:
- Peterson, A. T. 2003. "Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling". *Quarterly Review of Biology* 78:419-433.
- Peterson, A. T., V. Sánchez-Cordero, C. Ben Beard y J. M. Ramsey. 2002b. "Ecologic niche modeling and potential reservoirs for Chagas disease, Mexico". *Emerging Infectious Diseases* 8: 662-667.
- Phillips, S. J; R. P. Anderson y R. E. Schapire. 2006. "A maximum entropy modelling of species geographic distributions", *Ecological Modelling*, 190, pp. 231-259.
- Pinkava D. J. y B. D. Parfitt. 1982. "Chromosome numbers in some cacti of North America". IV. *Bull. Torrey Bot. Club* 109:121-128.
- Pinkava, D. J.; M. A. Backer; B. D. Parfitt; M. W. Mohlenbrock y R. D. Worthington. 1985. "Chromosome numbers in some cacti of North America". V. *Systematic Botany* 10 (4):471-483.
- Pinkava, D. J; M. G. McLeod; L. A. Mc Gill y R. C. Brown. 1973. "Chromosome numbers in some cacti of Western North America I". *Brittonia* 25:2-9.
- Pinkava, D. J.; B. D. Parfitt; M. A. Backer y R. D. Worthington. 1992. "Chromosome numbers in some cacti of North America VI, with nomenclatural changes". *Madroño* 39:98-113.

- Portillo, M. L. 1995. Los hospederos de las cochinillas del carmín (*Dactylopius spp.*) y algunas consideraciones sobre su aprovechamiento. En: Pimienta B., E.; C. Neri L. A. Muñoz U. F.M. Huerta M. Memorias del VI. Congreso Nacional y IV. Congreso Internacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. Universidad de Guadalajara, Red Internacional de Cooperación técnica en nopal FAO-ONU. Zapopan, Jalisco, México.
- Portillo, L. 2005. "Origen de *Dactylopius coccus Costa* (Hemiptera: Dactylopiidae): ¿Norte o Sudamérica?". Universidad de Guadalajara. *Dugesiana* 12(1): 1-8.
- Portillo, L. y A. L. Viguera. 1988. "Enemigos naturales de la cochinilla del carmín". Primer Congreso Internacional sobre grana cochinilla y colorantes naturales. Oaxaca. México.
- Portillo, L. y A. L. Viguera. 1998. "Natural enemies of cochineal (*Dactylopius coccus Costa*): Importance in México". *Journal of Professional Association for Cactus Development*.3:43. 49.
- Portillo, L. y A. L. Viguera. 2003. "Cría de Grana Cochinilla". Universidad de Guadalajara. México. 51p.
- Puente, M. R. 1992. "El género *Opuntia* (Cactaceae) en el Valle de San Luis Potosí". Tesis profesional. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP. 145 pp.
- Quayle, H. J., 1916. "Dispersion of scale insects by the wind". *Journal of Economic Entomology* 9:486-493.
- Ramammorthy, T. P.; R. Bye; A. Lot y J. Fa.1998. "Diversidad biológica de México: orígenes y distribución". Instituto de Biología, UNAM. México. 792 p.
- Riat, P. 2011. "Conocimiento campesino, el monte santiagueño, como recurso forrajero". *Rev. Trabajo y Sociedad*. Núm. 19.
- Ríos, R. J. y M. V. Quintana. 2004. Manejo general del cultivo del nopal. Manual del participante, Secretaría de la Reforma Agraria y Colegio de Postgraduados 1-81.
- Rodríguez, M. y L. Portillo.1990. "Algunas especies del género *Opuntia* como hospederos de *Dactylopius coccus Costa*". En: Memorias de la 3er. Reunión Nacional y 1er. Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. pp. 92.

- Rodriguez-Sanchez F. y J. Arroyo.2008. Reconstructing the demise of Tethyan plants: climatedriven range dynamics of Laurus since the Pliocene. *Global Ecology and Biogeography* 17:685-695.
- Rodriguez, L. C.; E. H. Faúndez y H. M. Niemeyer.2005. "Mate searching in the scale insects, *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae)". *European Journal of Entomology* 102:305-306.
- Rojas, M. P. 1961. "Aprovechamiento de las zonas áridas". Cultive nopal tierno. *Agronomía* 79. ITESM. Monterrey, N. L., México.
- Romero, R. 2006. "La nutria en Galicia: Distribución geográfica y ecología trófica de las poblaciones costeras". Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- Romero López, B. E.; A. Flores Hernández; E. C. Santamaría ; J. C. Salazar Torres ; M. Ramírez Delgado y A. Pedroza Sandoval . 2006. Identificación, Biología y Adaptacion de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homóptera: Dactylopiidae) a las condiciones ambientales de Bermejillo, Durango. *Revista Chapingo; Serie Zonas Aridas.* 5: 41-48
- Rossi, R. E.;D. J.Mulla;A. G. Journel y E. H.Franz.1992. "Geostatistical tools for modelling and interpreting ecological spatial dependence". *Ecological Monographs* 62: 277-314.
- Rosignon, J.1884. "Manual del cultivo del añil y del nopal". Educación y cosecha de la cochinilla. México. pp. 157.
- SAyDS. 2005. "Manual de Desertificación de la República Argentina". Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina (SAyDS).
- Sáenz, C. 1999. "Elaboración de alimentos y obtención de subproductos". In G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta, eds. *Agroecología, cultivo y usos del nopal*. FAO Plant Production and Protection.Paper 132.Rome, pp. 144–150.
- Saézn, C. 2006. "Utilización agroindustrial del nopal". Boletín de servicios agrícolas de la FAO. pp 162. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- SDSyPA. 2001. "Estrategia Nacional de Desarrollo Sustentable". Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental de la República Argentina.

- SAGARPA. 2010. Producción de grana cochinilla. Fecha de consulta: 15-08-2013. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Producci%C3%B3n%20de%20Grana%20Cochinilla.pdf>
- Secretaría de la Producción y Medio Ambiente de Santiago del Estero. Caracterización de la Provincia de Santiago del Estero. Disponible en: <http://www.medioambiente.gov.ar/sian/sestero/consulta.htm>
- Sánchez-Cordero, V. A.; A. T. Peterson y P. Escalante-Pliego. 2001. "Modelado de la distribución de especies y conservación de la diversidad biológica". p. 359-379. In: Enfoques Contemporáneos en el Estudio de la Diversidad Biológica. Instituto de Biología, UNAM y Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Sánchez-Cordero, V. y E. Martínez-Meyer. 2000. "Museum specimen data predict crop damage by tropical rodents". Proceedings of the National Academy of Sciences USA 97:7074-7077.
- Santibañez, M. 1990. "El cultivo de la grana cochinilla". Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. N°23; 35 p.
- Scheinvar, L. 1999. "Taxonomía de las Opuntias utilizadas. pp. 21-28. In: Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal N° 132.
- Schelle, E. 1907. "Kakteen": 1-368 + 197 ilustr. A. Fischer Vlg. Tübingen.
- Snyman, H. A. 2006. "Frost Sensitivity of *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* in a Semiarid Climate of South Africa". J. PACT: 1-21.
- Soberón, J. 2007. "Grinnellian and Eltonian niches and geographic distribution of species". Ecology letters, 10, 1115-1123.
- Soberon, J y A. T. Peterson. 2005. "Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas". Biodiversity Informatics 2:1-10.
- Sosa, R. y A. Acosta. 1966. "Poliploidia en *Opuntia* sps.". Agrociencia (Chapingo) 1:100-106. southeastern. *Journal of Vegetation Science* 7: 527-534.
- Sosa, V. E. y M. P. García. 1997. "Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina". 100-105. FAO. Santiago de Chile.

- Spencer, J. L. 1955. "A cytological study of the Cactaceae of Puerto Rico". *Botanical Gazette* 117:33-37.
- Stockwell, P. 1935. "Chromosome numbers of some of the Cactaceae". *Botanical Gazette* 96: 565-570.
- Sudzuki, F., C. Muñoz y H. Berger. 1993. *El cultivo de la tuna (Cactus Pear)*. Departamento de Reproducción Agrícola. Universidad de Chile.
- Svenning, J. C. y S. N.F. Skov. 2004. "Limited filling of the potential range in European tree species". *Ecology Letters* 7: 565-573.
- Torres, R y P. Jayat, 2010. "Modelos predictivos de distribución para cuatro especies de mamíferos (cingulata, artiodactyla y rodentia) típicas del Chaco en Argentina". *Mastozool.neotrop.* vol.17 no.2. Mendoza.
- Trece, I. 1998. *El manual para el socio (MIP). Una guía práctica para monitoreo más efectivo de plagas de insectos*. 3° Edición. Chile.
- Trehane, P. 1995. "International Code of Nomenclature for Cultivated Plants". XVI + 175 pp. *Regnum Vegetabile* 133. Unido.
- Tüttem, E.; R. Apak y K. Sozgen. 1996. "The interaction of antitumor-active anthraquinones with biologically important redox couples: I. Spectrophotometric investigation of the interaction of carminic acid and mitoxantrone with the iron (II, III) and copper (I, II) redox couples". *J. Inorg. Biochem.* 61(2):79-96.
- Varela, S.; R. G. Mateo; R. García-Valdés y F. Fernández-González. 2013. "Macroecología yecoinformática: sesgos, errores y predicciones en el modelado de distribuciones". *Ecosistemas* 23(1):46-53. ISSN 1697-2473
- Varnero, T. M y V. García de Cortázar. 2006. "Producción de bioenergía y fertilizantes a partir de los nopales". In: *Utilización agroindustrial del nopal*. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 162. pp. 113-120. ISBN: 92-5-305518-9.
- Velasco, P. H. y G. F. García. 1988. "Estudio del ciclo biológico de la cochinilla o grana del nopal". In: *Resúmenes del XXXIII Congreso Nacional de Entomología*. Michoacán, p. 101-102.

- Viglizzo, E. F.; L. V. Carreño; H. Pereyra; F. Ricard; J. Clatt y D. Pincén. 2010. "Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental". Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Vigueras A. L. y L. Portillo. 2001. "Factores limitantes en el cultivo de grana cochinilla". In: Producción de grana cochinilla. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México, México. Pp: 79-91
- Wagner, T. L.; H. Wu; P. J. H. Sharpe; R. M. Schoolfield y R. N. Coulson. 1984." Modeling insect development rates: a literature review and application of a biophysical model". *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 77: 208-225.
- Walkington, D. L. 1968. "The taxonomic history of Southern California Prickly Pears". *Cactus Succ.* 40:186-192.
- Weedin, J. F. y A.M. Powell. 1978. "Chromosome numbers in Chihuahuan desert Cactaceae". *Trans. Pecos Texas. Amer. Journ. Bot.* 65:531-537.
- Whittaker, R. H. 1956. "Vegetation of the Great Smoky Mountains". *Ecol. Monogr.* 26:1-80.
- Zimmermann, H. G.; H. E. Erb y R. E. Mc Fayden. 1979. "Annotated list of some cactus-feeding insects of South America". *Acta Zoologica Lilloana* 33: 101-112.
- Zurell, D; F. Jeltsch; C. F. Dormann y B. Schroder. 2009. "Static species distribution models in dynamically changing systems: How good can predictions really be?"-*Ecography* 32:733-744.

6. ANEXOS

ANEXO 1: Cactáceas del Parque Chaqueño Seco

Nombre científico	Nombre vulgar
<i>Acanthocalycium klimpelianum</i>	
<i>Acanthocalycium thionanthum</i>	
<i>Austrocylindropuntia vershafeldtii</i>	
<i>Cereus aethiops</i>	Ucle
<i>Cereus forbesii</i>	Cardoncito, hachón
<i>Cleistocactus baumanni</i>	Ullivinchá, cola de zorro
<i>Cleistocactus smaragdiformis</i>	
<i>Echinocactus leucantha</i>	Michoga
<i>Echinopsis aurea</i>	Alao
<i>Gymnocalycium leptanthum</i>	
<i>Gymnocalycium monvillei</i>	
<i>Gymnocalycium pflanzii</i>	
<i>Gymnocalycium schikendatzii</i>	Mishoja
<i>Gymnocalycium spegazzinii</i>	
<i>Harrisia bondplandii</i>	
<i>Harrisia pomanensis</i>	Ulua
<i>Harrisia tortuosa</i>	
<i>Monvillea spegazzini</i>	Caspi ucle
<i>Opuntia anacantha</i>	Tuna de perro, utkiyo
<i>Opuntia auricantha</i>	
<i>Opuntia discolor</i>	
<i>Opuntia elata</i>	
<i>Opuntia ficus indica</i>	Tuna sin espinas
<i>Opuntia lasiacantha</i>	Tuna colorada
<i>Opuntia quimilo</i>	Quimil
<i>Opuntia retrorsa</i>	Quishcaloro
<i>Opuntia salmiana</i>	Lora tigre, huacanchina
<i>Opuntiaschikendatzii</i>	
<i>Opuntia sulphurea</i>	Penca, kiska loro
<i>Opuntia sp.</i>	Tuna de invierno
<i>Opuntia utkilio</i>	Utkilio
<i>Ouiabentia chacoensis</i>	Horrida
<i>Parodia auricentra</i>	
<i>Parodia microsperma</i>	Horrida
<i>Pereskia sacharosa</i>	Sacha rosa
<i>Rhipsalis lumbricoides</i>	Soldaquín, suelda
<i>Rhipsalis aculeata</i>	Suelda
<i>Setiechinopsis mirabilis</i>	Flor de la oración
<i>Stetsonia coryne</i>	Cardón
<i>Tephrocactus articulatus</i>	
<i>Tephrocactus molinensis</i>	
<i>Trichocereus andalgalensis</i>	
<i>Trichocereus angelisii</i>	
<i>Trichocereus lamprachlorus</i>	Alau
<i>Trichocereus smrzianus</i>	
<i>Trichocereus thelegonus</i>	Cola de león

ANEXO2: Matriz de Datos empleada para predicción de Distribución de las especies

Especie	Huésped	Localidad
D. austrinus	Opuntia anacanta (Perez Guerra & Kostarab)	Pampa Blanca (Juj)
	Opuntia anacanta (Perez Guerra & Kostarab)	La Merced (Cat)
	Opuntia anacanta (Perez Guerra & Kostarab)	Vipos (Tuc)
	Opuntia aurantiaca (Perez Guerra & Kostarab)	Campana (La Rioja)
	Opuntia aurantiaca (Perez Guerra & Kostarab)	Las Lomitas (La Rioja)
	Opuntia sulfurea (de Haro, M. E.)	Andalgalá (Cat)
	Opuntia sulfurea (de Haro, M. E.)	Casa de Piedra (Cat)
	Opuntia sulfurea (de Haro, M. E.)	Cuesta La Chilca (Cat)
	Opuntia sulfurea (de Haro, M. E.)	Alemanía (Salta)
	Opuntia sulfúrea (de Haro, M. E.)	Yacochuya (Sal)
	Opuntia quimilo (de Haro, M. E.)	Agua Colorada (Cat)
	Opuntia quimilo (de Haro, M. E.)	Las Peñas (Cat)
	Opuntia quimilo (de Haro, M. E.)	Quebrada La Cévila (Cat)
	Opuntia quimilo (de Haro, M. E.)	Naranjito (S. E.)
	Opuntia quimilo (de Haro, M. E.)	Termas de Río Hondo (S. E.)
	Opuntia quimilo (de Haro, M. E.)	Ticucho (Tuc)
	Opuntia quimilo (de Haro, M. E.)	Trancas (Tuc)
	Opuntia quimilo (Perez Guerra & Kostarab)	Vipos (Tuc)
	Opuntia sulfúrea (de Haro, M. E.)	Casa de Piedra (Cat)
	Opuntia anacantha (Diodato, L.)	Isla Vrde (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Pampa Muyo (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Doña Juana (S. E.)
	Opuntia sulfúrea (de Haro, M. E.)	San Martín (Cat)
	Opuntia sulfurea (de Haro, M. E.)	Cruz del Eje (Cba)
	Opuntia sulfurea (de Haro, M. E.)	Alemanía (Sal)
	Opuntia sulfurea (de Haro, M. E.)	Angastaco (Sal)
	Opuntia sulfurea (de Haro, M. E.)	Molinos (Sal)
Opuntia sulfurea (de Haro, M. E.)	Puerta La Paya (Sal)	
Opuntia sulfúrea (de Haro, M. E.)	Rumibola (Sal)	
Opuntia sulfúrea (Perez Guerra & Kostarab)	San Carlos (Sal)	
D. ceylonicus	Opuntia sulfúrea (de Haro, M. E.)	Atamisqui (S. E.)
	Opuntia sulfúrea (de Haro, M. E.)	Amaicha del Valle (Tuc)
	Opuntia sulfúrea (de Haro, M. E.)	Caspichango (Tuc)
	Opuntia sulfúrea (de Haro, M. E.)	Colalao (Tuc)
	Opuntia sulfúrea (de Haro, M. E.)	Yocavil (Tuc)
	Opuntia retrorsa (Diodato, L.)	Los Perales (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Los Pirpintos (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Colonia Dora (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Monte Quemado (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Negra Muerta (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Sumampa (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Blanca Pozo (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Quimili Paso (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	El Tableado (S. E.)
	Tunilla sp. (Diodato, L.)	Boca del Tigre (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Choya (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Pinto (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Nueva Esperanza (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Rubia Paso (S. E.)
	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	La Manga (S. E.)

	Opuntia quimilo (Diodato, L.)	Gramilla (S. E.)
	Cleistocactus baumanni (Diodato L.)	Frías (S. E.)
	Echinopsis leucantha (de Haro , M. E.)	San José de las Salinas (Cba)
	Echinopsis leucantha (Perez Guerra & Kostarab)	San Luis
D. confertus	Gymnocalycium monvillei (de Haro, M. E.)	Cruz del Eje (Cba)
	Harrisia tortuosa (de Haro, M. E.)	Córdoba
	Monvillea spegazzini (Perez Guerra & Kostarab)	Frías (S.E.)
D. salmianus	Opuntia sulphurea (Hayward, K. J.)	Atamisqui (S.E.)
	Opuntia salmiana (Perez Guerra & Kostarab)	Santa Silvina (Chaco)
	Opuntia salmiana (Perez Guerra & Kostarab)	La Puerta (Cat)
D. tomentosus	Opuntia sulphurea (Hayward, K. J.)	(Tuc)
	Opuntia sulphurea (Hayward, K. J.)	Cafayate (Sal)

Referencias:

S. E.: Santiago del Estero

Tuc.: Tucumán

Cba.: Córdoba

Cat.: Catamarca

Sal.: Salta

Juj.: Jujuy

ANEXO 3. Variables bioclimáticas proporcionadas por WorldClim

BIO1	Temperatura promedio anual
BIO2	Rango medio diario (temp max – temp min; promedio mensual)
BIO3	Isotermalidad (BIO1/BIO7) * 100
BIO4	Estacionalidad en temperatura (coeficiente de variación)
BIO5	Temperatura máxima del período más caliente
BIO6	Temperatura mínima del período más frío
BIO7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO8	Temperatura media en el trimestre más lluvioso
BIO9	Temperatura promedio en el trimestre más seco
BIO10	Temperatura promedio en el trimestre más caluroso
BIO11	Temperatura promedio en el trimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación en el trimestre más lluvioso
BIO14	Precipitación en el trimestre más seco
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación en el trimestre más lluvioso
BIO17	Precipitación en el trimestre más seco
BIO18	Precipitación en el trimestre más caluroso
BIO19	Precipitación en el trimestre más frío

ANEXO 4. Parámetros poblacionales

Nombre de la cohorte: F:\grana22.txt (*Dactylopius coccus*)

Edad	n1	n2	n3	vivas	muertas
.5	30	0	0	30	0
1.5	30	0	0	30	0
2.5	30	0	0	30	0
3.5	30	0	0	30	0
4.5	29	1	0	30	0
5.5	27	3	0	30	0
6.5	17	12	0	29	1
7.5	16	12	0	28	2
8.5	14	13	0	27	3
9.5	9	18	0	27	3
10.5	9	18	0	27	3
11.5	8	18	0	26	4
12.5	7	19	0	26	4
13.5	2	24	0	26	4
14.5	0	26	0	26	4

15.5	0	25	0	25	5
16.5	0	24	0	24	6
17.5	0	23	0	23	7
18.5	0	22	0	22	8
19.5	0	22	0	22	8
20.5	0	21	0	21	9
21.5	0	20	0	20	10
22.5	0	20	0	20	10
23.5	0	19	1	20	10
24.5	0	19	1	20	10
25.5	0	19	1	20	10
26.5	0	17	1	18	12
27.5	0	13	5	18	12
28.5	0	10	8	18	12
29.5	0	10	9	19	11
30.5	0	6	13	19	11
31.5	0	4	15	19	11
32.5	0	4	15	19	11
33.5	0	4	13	18	12
34.5	0	4	13	18	12
35.5	0	2	14	18	12
36.5	0	1	11	18	12
37.5	0	1	9	18	12
38.5	0	1	6	18	12
39.5	0	0	7	18	12
40.5	0	0	7	18	12
41.5	0	0	5	18	12
42.5	0	0	3	16	14
43.5	0	0	3	16	14
44.5	0	0	2	15	15
45.5	0	0	1	14	16
46.5	0	0	0	14	16
47.5	0	0	0	13	17
48.5	0	0	0	13	17
49.5	0	0	0	13	17
50.5	0	0	0	13	17
51.5	0	0	0	14	16
52.5	0	0	0	13	17
53.5	0	0	0	12	18
54.5	0	0	0	12	18
55.5	0	0	0	11	19
56.5	0	0	0	11	19
57.5	0	0	0	11	19
58.5	0	0	0	11	19

59.5	0	0	0	11	19
60.5	0	0	0	11	19
61.5	0	0	0	11	19
62.5	0	0	0	11	19
63.5	0	0	0	11	19
64.5	0	0	0	11	19
65.5	0	0	0	10	20
66.5	0	0	0	10	20
67.5	0	0	0	9	21
68.5	0	0	0	9	21
69.5	0	0	0	9	21
70.5	0	0	0	8	22
71.5	0	0	0	8	22
72.5	0	0	0	7	23
73.5	0	0	0	6	24
74.5	0	0	0	6	24
75.5	0	0	0	6	24
76.5	0	0	0	6	24
77.5	0	0	0	5	25
78.5	0	0	0	5	25
79.5	0	0	0	5	25
80.5	0	0	0	4	26
81.5	0	0	0	4	26
82.5	0	0	0	3	27
83.5	0	0	0	2	28
84.5	0	0	0	0	30

ANEXO 5

Duración de los periodos ninfal, prereproductivo y reproductivo, de la cohorte F:\grana22.txt (*Dactylopius coccus*)

# Ind.	Ninfal	Pre	Nin+Rep	Rep	Total
1	37	27	64	27	64
2	36	5	41	5	41
3	35	36	71	36	71
4	16	0	36	0	16
5	32	51	83	51	83
6	35	44	79	44	79
7	32	0	32	0	32
8	35	41	76	41	76
9	25	0	25	0	25
10	36	15	51	15	51
11	35	37	72	37	72
12	7	0	7	0	7
13	19	0	19	0	19
14	34	32	66	32	66
15	37	6	43	6	43
16	44	0	44	0	44
17	25	0	25	0	25
18	10	0	10	0	10
19	43	3	46	3	46
20	41	0	41	0	41
21	14	0	14	0	14
22	32	0	32	0	20
23	17	0	17	0	17
24	6	0	6	0	6
25	37	43	80	43	80
26	45	38	83	38	83
27	40	42	82	42	82
28	15	0	15	0	15
29	41	13	54	13	54
30	5	0	5	0	5

ANEXO 6

Parámetros de la cohorte F:\grana22.txt (*Dactylopius coccus*)

Periodos medios (E.S.) en días

Ninfal = 38.2 (.467)

Ninf+Pre = 64.6 (1.693)

Adulto = 29.4 (1.031)

Total = 64.6 (.693)

Mortalidad pre-adulto y Descendencia

Mort. pre-ad. = 33.333 %

Num. adult. = 10

Desc. total = 0

Desc. prom. = 0 (0)