

Revista de
Investigaciones
Agropecuarias

RIA

La Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA) es una publicación de información científica editada por el INTA. Los artículos presentados son admitidos por un Comité Editorial compuesto por prestigiosas figuras del ámbito académico y científico agropecuario. Abarca diferentes temas preparados por profesionales del INTA y de otras instituciones, y está destinada a la comunidad científica nacional e internacional. Lo expresado por autores, corresponsales o columnistas no necesariamente reflejan el pensamiento del Comité Editorial, de la revista o de su institución editora.

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL INTA

Presidente: Ing. Agr. Mariano Garmendia	Dr. Pablo Paillone FAA	Dirección Nacional Asistente Transferencia y Extensión Ing. Agr. María Rosa Scala
Vicepresidenta: Dra. Nacira Belen Muñoz	Med. Vet. Juan Manuel Bautista SRA	Dirección General Administración CPN Lic. Rosendo Tarsetti
Consejeros Nacionales: Ing. Agr. Joaquín Manuel Serrano MAGyP	Director Nacional: Ing. Agr. Carlos Parera	Dirección Nacional Asistente Desarrollo, Gestión y Fortalecimiento de las Personas Mg. Constanza Inés Necuzzi
Ing. Agr. Liliana Monterroso Facultades de Cs. Agrarias	Directores Nacionales Asistentes: Dirección Nacional Asistente Operaciones y Asuntos Jurídicos Ing. Agr. José Luis Spontón	Dirección Nacional Asistente Sistemas de Información, Tecnología y Procesos Ing. Fernando Ricitelli
Med. Vet. Guillermo Bernardes Facultades de Cs. Veterinarias	Dirección Nacional Asistente Investigación y Desarrollo Ing. Agr. Martín Irurueta	Dirección Nacional Asistente Comunicación Institucional Lic. Máximo Bontempo
Ing. Agr. Alejandro Conci AACREA	Dirección Nacional Asistente Planificación, Monitoreo y Evaluación Lic. Leticia Gabriela Tamburo	Coordinación Nacional Vinculación Tecnológica y Relaciones Institucionales Ing. Zootecnista Juan Sebastián Llorens
Ing. Agr. Mario Nicolás Carlino CONINAGRO		
Ing. Agr. Sergio Melgarejo CRA		

MIEMBROS DEL COMITÉ EDITORIAL

EDITOR GENERAL

Dr. Ariel Pereda.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA) y Consejo
Nacional de Investigaciones Científicas
y Técnicas (CONICET). Argentina.

EDITORES

Ing. Agr. M. Sci. Jorge Mariotti.
Universidad Nacional de Salta (UNSA).
Argentina.

Dr. Tomas Miguel Schlichter.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Dra. Ana María Romero.
Universidad de Buenos Aires (UBA).
Argentina.

Dr. Carlos Parera.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Ing. Agr. M. Sc. María Eugenia Beget.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Dr. Miguel Ángel Taboada.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA) y Consejo Nacional
de Investigaciones Científicas y Técnicas
(CONICET). Argentina.

Dr. Aníbal Pordomingo.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Dr. Martín Durante.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Dr. Laureano Frizzo.
Universidad Nacional del Litoral
(UNL). Argentina.

Dr. Juan Wahren.
Instituto de Investigaciones Gino
Germani (IIGG). Facultad de Ciencias
Sociales. Universidad de Buenos Aires.
Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas (CONICET).
Argentina.

Dra. Karina Trono.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA) y Consejo Nacional
de Investigaciones Científicas y
Técnicas (CONICET). Argentina.

Dra. Gabriela Posse.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Dr. Sergio Vaudagna.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Dr. Ditmar Kurtz.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Ing. Agro. M. Sc. Alejandro Valeiro.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Dr. Oscar Taboga.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Dr. Sergio E. Feingold.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Dr. Darío Fernández.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Ing. Agr. M. Sc. Marina Di Filippo.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Ing. Agr. M. Sc. Emiliano Quiroga.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Ing. Agr. M. Sc. Alejandro Rago.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

M. Sc. María Isabel Tort.
Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA). Argentina.

Ing. Agr. M. Sc. Damián Vega.
Universidad de Buenos Aires (UBA).
Argentina.

INDEXACIONES

Scopus
Latindex (Folio 3346)
CABI Publishing
DOAJ (Directory of Open Access Journals)
Redalyc.org
Núcleo Básico
Thomson Reuters
Dialnet
Scielo
CiteFactor

DATOS EDITORIALES

Chile 460 2.º piso. Ciudad Autónoma de
Buenos Aires, Argentina. CP (C1098AAJ)
+54 (011) 4339-0600
<http://ria.inta.gov.ar>
ria@inta.gov.ar

ISSN 0325-8718 ISSN 1669-2314
Propiedad Intelectual N.º 5231354

Institución Editora: Instituto Nacional
de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Cuatrimestral. Vol. 48 N.º 11
Agosto 2022, Buenos Aires, Argentina.



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina

STAFF

Dirección:
Dra. Norma Pense
Lic. Máximo Bontempo

Coordinación editorial:
Mg. Mario Migliorati

Asistente editorial:
Lic. Gustavo Ciuffo
Lic. Cecile Esperbent

Producción Editorial:
Asesores técnicos y de contenido
Ing. Agr. Cristian Zuchini
Dr. Martín Irurueta

Corrección:
Laura Lima

Diseño y Edición:
Dirección Nacional Asistente
Comunicación Institucional.

Esta publicación es propiedad del Instituto
Nacional de Tecnología Agropecuaria.
Rivadavia 1439. CABA. Buenos Aires,
Argentina.

TRABAJOS

ARTÍCULOS | COMUNICACIONES BREVES

Distribución radical en plantaciones de kiwi (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa*) en el sudeste bonaerense y su implicancia en el manejo racional del riego

David, M.A.; Ligier, H.D.; Sánchez, E.E.
 _____ 126

Evaluación de la sustentabilidad de un sistema productivo familiar: aplicación de un set de indicadores adaptados a la provincia de Santa Cruz

Birgi, J.A.; Peri, P.L.; Ceconello, M.M.; Gargaglione, V.
 _____ 132

Primer aislamiento de *Leptospira borgpetersenii* de un feto de jabalí (*Sus scrofa*)

Brihuega, B.; Samartino, L.; Romero, G.; Auteri, C.; Martínez, M.; Grune Löffler, S.
 _____ 140

Efecto de pies clonales sobre el crecimiento y productividad en manzano cv Cripps Pink en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén

De Angelis, V.; Calvo, P.
 _____ 144

Ecología de comunidades de malezas de arroz (*Oryza sativa* L.) como aporte hacia una agricultura sustentable

Lovato Echeverría, R.A.; Giménez, L.I.; López, M.G.
 _____ 148

Efecto de la fertilización y aplicación de fitohormonas sobre la floración y rendimiento de *Hylocereus megalanthus* (*K.Schum. ex Vaupel*)

Sánchez-Herrera, J.H.; Oliva, M.; Collazos, R.; Meléndez-Mori, J.B.
 _____ 155

Evaluación de la aceptabilidad de chips de pepino orgánico: estudio de mercado y análisis sensorial

Yañez, G.; Sotera, T.; Rodríguez, A.
 _____ 160

Diseño de tres pares de oligonucleótidos específicos para la detección del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV)

Cruz, J.K.; Ochoa, J.; Ortega, V.; Ruiz, F.G.
 _____ 167

Contribución del bienestar animal a la calidad de la carne vacuna

Munilla, M.E.; Vittone, J.S.; Romera, S.A.; Teira, G.A.
 _____ 174

Secuencias de cultivos anuales para forraje y pastura perenne en suelo agrícola degradado

Bertin, O.D.; Camarasa, J.N.; Barletta, P.F.; Mattered, J.; Pacente, E.; Beribe, M.J.
 _____ 181

Avances sobre la caracterización del “mal de la tela” en plantas de yerba mate *Ilex paraguariensis* a. St. Hil.

Dummel, D.M.; Badaracco, A.; Kramer, R.; Rohatsch, P.; Agostini, J.P.
 _____ 188

Distribución radical en plantaciones de kiwi (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa*) en el sudeste bonaerense y su implicancia en el manejo racional del riego

David, M.A.¹; Ligier, H.D.¹; Sánchez, E.E.¹

RESUMEN

Actualmente, el 50% de la superficie implantada con kiwi en Argentina se concentra en el sudeste bonaerense. El cultivo es sensible al estrés hídrico y requiere altos niveles de agua, por lo que el riego es indispensable para su producción. Sin embargo, esta labor se realiza en la zona de manera arbitraria, sin considerar las características del suelo y el volumen explorado por las raíces que haga más eficiente el uso del agua. Los objetivos de este trabajo fueron i) caracterizar los suelos de 7 establecimientos de productores de kiwi (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa* "Hayward") localizados en Sierra de los Padres, Mar del Plata, Batán, Miramar y Mar del Sur; ii) estimar la densidad, ocupación y conformación (finas ≤ 2 mm y gruesas > 2 mm) de raíces de kiwi en el eje vertical. Entre octubre y noviembre de 2016, se realizaron calicatas en cada uno de los campos en el sentido de la fila de plantación a 0,6 m del tronco. Sobre la pared de cada calicata se colocó un marco de 1 x 0,70 m dividido en celdas de 0,10 x 0,10 m. Se contó el número de raíces finas y gruesas en cada celda. A partir de esos datos se calculó la densidad (número de raíces) y el porcentaje de ocupación (uniformidad) de raíces totales, finas y gruesas, por cada capa de 0,1 m de profundidad del suelo. La distribución de raíces de kiwi se concentró en los primeros 40 cm del suelo, presentando el cultivo un sistema radical superficial. La mayor densidad de raíces se observó en los primeros 20 cm de profundidad del suelo, y la mayor ocupación en los primeros 40 cm. Los resultados observados se correspondieron con suelos francos en los primeros 40 cm del suelo y franco-arcillosos a arcillosos por debajo con un horizonte Bt. Se concluye que la profundidad efectiva de las raíces representa una determinación de utilidad a tener en cuenta para el mejor manejo del agua de riego.

Palabras clave: raíces, marco, densidad, ocupación, limitaciones.

ABSTRACT

Currently, 50% of the surface planted with kiwifruit in Argentina is concentrated in the southeast of Buenos Aires province. The crop is sensitive to water stress and requires irrigation for its production. However, irrigation is carried out without taking into consideration the characteristics of the soil and the volume explored by the roots. The objectives of this work were: i) to characterize the soils of 7 establishments of kiwifruit producers (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa* "Hayward") located in Sierra de los Padres, Mar del Plata, Batán, Miramar and Mar del Sur; ii) estimate the density, occupation by fine (≤ 2 mm) and coarse (> 2 mm) roots on the vertical axis. Root distribution was determined by excavating the soil parallel to the tree row 0.6 m from the trunk between October and November 2016. A frame of 1 x 0.70 m divided into 0.10 x 0.10 m cells was placed on the wall of each hole. The number of fine and coarse roots in each cell was counted. From these data the density (number of roots) and the percentage of occupation (uniformity) of total roots, fine and coarse, for each layer of 0.1 m depth of the soil were calculated. The distribution of

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Balcarce, Ruta 226 km 73,5 (7620), Balcarce, Buenos Aires.
Correo electrónico: david.maria@inta.gob.ar

kiwifruit roots was in the first 40 cm of the soil, with the crop presenting a surface root system. The highest density of roots was observed in the first 20 cm of soil depth, and the highest occupation in the first 40 cm. The observed results corresponded with loamy soils in the first 40 cm of the soil and clay loam to clay below with a Bt horizon. It is concluded that the effective depth of the roots represents a useful determination to be taken into account for the best management of irrigation water.

Keywords: roots, frame, density, occupation, limitations.

INTRODUCCIÓN

El kiwi de pulpa verde (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa*) comenzó a cultivarse en Argentina hacia fines de los 80, aunque el auge comenzó en 2004 cuando se produjo un gran incremento de la superficie implantada con el consiguiente aumento de la producción. El cultivo se desarrolló principalmente en la provincia de Buenos Aires, en la región norte (La Plata, San Pedro y Baradero) y en el sudeste (partidos de General Pueyrredón, Gral. Madariaga, Gral. Alvarado, Balcarce y Mar Chiquita). En los alrededores de Mar del Plata se ha concentrado prácticamente el 50% de la superficie implantada en el país (Benés *et al.*, 2014).

La planta de kiwi se caracteriza por tener un sistema de raíces con una baja dominancia del ápice radical y un gran número de raíces laterales fibrosas que a su vez se van subdividiendo (Xiloyannis *et al.*, 2012). Xiloyannis *et al.* (1993) observaron que las raíces finas laterales representaban entre el 11 y 18% del peso seco de las raíces totales, pero el 90% de su longitud. El cultivo presenta una gran densidad de raíces en comparación con otras especies (Greaves, 1985; Hughes *et al.*, 1995), pero la baja dominancia apical reduce la capacidad de exploración del suelo en profundidad (Xiloyannis *et al.*, 1993). Warfield y Seim (1992) observaron en un lote de kiwi que el sistema radical estaba distribuido superficialmente, alcanzando entre 30 y 60 cm de profundidad del suelo. Algunas discrepancias fueron halladas por Gandar y Hughes (1988), quienes observaron en plantas maduras raíces a más de 1 m de profundidad.

La baja capacidad de exploración del suelo en el eje vertical hace que el cultivo de kiwi sea muy sensible al déficit hídrico y las plantas no toleren un potencial agua en las hojas menor a -1,5 MPa. El contenido de agua del suelo no debe reducirse por debajo del 70% del agua disponible en la zona de las raíces, y debería mantenerse cercano a la capacidad de campo (Xiloyannis *et al.*, 2012).

Durante el verano, una plantación de kiwi consume entre 60 y 70 m³.ha⁻¹ de agua por día, y entre 300 y 350 litros por kilogramo de fruta producida en toda la temporada (para un rendimiento de 35 t.ha⁻¹) (Xiloyannis *et al.*, 2012). Esta alta demanda de agua sumada a la sensibilidad al estrés hídrico hace que el riego en este cultivo sea indispensable para su producción. Así tanto el tipo, frecuencia y caudal de riego como la calidad del agua aportada son de gran importancia en el manejo del cultivo.

Los periodos de brotación y de desarrollo de los frutos son los que demandan la mayor cantidad de agua. Su déficit en esos momentos críticos reduce notablemente la producción de fruta (AAKI). Actualmente, el riego del cultivo de kiwi en el sudeste bonaerense se realiza en primavera y verano de manera arbitraria, dos o tres veces por día durante periodos de 30 minutos, sin un manejo adecuado en función de las características del suelo y del volumen explorado por las raíces que haga más eficiente el uso del agua.

Para poder realizar un buen diseño y manejo del riego es necesario conocer la arquitectura de raíces en el eje vertical. Dicha arquitectura está representada por su distribución (densidad y ocupación) y conformación (proporción de raíces finas ≤ 2 mm, y estructurales o gruesas > 2 mm; Lemon, 1986) y posibilitaría calcular la lámina de agua útil del suelo por hectárea en función del volumen de suelo efectivo explorado por las raíces del cultivo. Actualmente, no hay estudios sobre la arquitectura de raíces del kiwi cultivado en la zona, por lo que los productores carecen de una guía para realizar el riego.

Algunos autores han relacionado la edad de las plantas y el riego con la distribución de raíces. Xiloyannis *et al.* (1993) observaron en un ensayo realizado durante cuatro temporadas que el kiwi presentó una alta densidad de raíces expresada tanto en peso como en longitud, y que esta se incrementaba además con la edad de la plantación.

Miller *et al.* (1998) evaluaron el efecto de un riego mínimo sobre raíces de plantas de kiwi y no encontraron efectos significativos de estrés hídrico a pesar de la susceptibilidad del cultivo a la falta de agua. El peso seco y la distribución de las raíces sometidas a estrés fueron similares al de las no tratadas. En ambos casos, las raíces finas estaban distribuidas uniformemente en el suelo y las raíces estructurales por debajo de los 15 cm de profundidad. Por una parte, Green y Clothier (1995) comprobaron que las plantas de kiwi pueden cambiar rápidamente su patrón de absorción de agua, dejando de extraer agua de las zonas radicales secas y comenzando a extraer de las zonas en donde el agua se encuentra más disponible. Por otra parte, Hughes y Wilde (1989) observaron que un suelo con exceso de agua presentó un sistema radical menos desarrollado respecto de uno bien drenado.

Todos los aspectos mencionados han sido evaluados en otros países y sería de suma importancia su regionalización para tener información sólida de la arquitectura de raíces en el eje vertical del cultivo de kiwi en el sudeste bonaerense. Así se adquiriría parte de la información necesaria para realizar un buen manejo del riego acorde a las características del suelo.

Los objetivos de este trabajo fueron los siguientes: i) caracterizar los suelos de diferentes establecimientos localizados en Sierra de los Padres, Mar del Plata, Batán, Miramar y Mar del Sur, donde se desarrolla el cultivo de kiwi en la zona; ii) estimar la densidad, ocupación y conformación (finas y gruesas) de raíces de kiwi en el eje vertical.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en 7 campos de productores de kiwi (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa* "Hayward") del sudeste bonaerense entre octubre y noviembre de 2016. El establecimiento 1 se localizó en Mar del Sur, el 2 en Batán, el 3 en Mar

Sitio	Localidad	Edad de la plantación	Sistema de conducción	Marco de plantación	Tipo de riego
1	Mar del Sur	20 años	Parral	5 x 2	Goteo/ Microaspersión
2	Batán	35 años	Parral	3 x 3	Microaspersión
3	Mar del Plata	2,5 años	Parral	5 x 3	Microaspersión
4	Miramar	4 años	Parral	5 x 3	Goteo
5	Sierra de los Padres	12 años	T-Bar	4,5 x 2	Doble goteo
6	Sierra de los Padres	3 años	GDC	5 x 1	Doble goteo
7	Sierra de los Padres	7 años	T-Bar	4,5 x 2,5	Doble goteo/ microaspersión

Tabla 1. Descripción de las 7 plantaciones en donde se realizó el relevamiento de raíces. 2016. Fuente: elaboración propia.

del Plata, el 4 en Miramar y los 5, 6 y 7 en Sierra de los Padres. Los cultivos de los establecimientos presentaban diferentes edades, tipos de riego, sistemas de conducción y marcos de plantación (tabla 1). En lotes (sitios) seleccionados de cada uno, se realizaron calicatas basadas en un protocolo establecido de 1,20 x 1,20 x 0,75 m, ubicadas a 0,6 m del tronco y en dirección de la línea de plantación. El centro de la calicata se ubicó a la altura del tronco de la planta. En los establecimientos 2, 3 y 7 se realizaron 2, 3 y 2 calicatas respectivamente en diferentes lotes del mismo campo.

En cada calicata se realizó una descripción de los horizontes del suelo y se observó la humedad del perfil. Sobre la pared se colocó un marco de 1 x 0,70 m dividido en sentido vertical y horizontal cada 0,10 m (fig. 1). La cantidad de raíces dentro de cada celda fue mapeada considerando el número de raíces finas (≤ 2 mm) y gruesas (> 2 mm). Los datos obtenidos se plasmaron en una grilla, realizando un mapeo de raíces totales. La metodología descrita está basada en lo realizado por Williams y Smith (1991).

A partir de esos datos se calculó la densidad (número de raíces) y el porcentaje de ocupación (uniformidad) de raíces totales, finas y gruesas, por cada capa de 0,1 m de profundidad del suelo. Para calcular la densidad, se sumó el número de raíces en las 10 celdas de cada capa de 0,1 m de la grilla y así hasta los 0,6 m de profundidad del suelo. Paralelamente, para cada tipo de raíz evaluada se sumó el número de celdas que estaban ocupadas en cada capa de 0,1 m y se las dividió por



Figura 1. Marco de 1 x 0,70 m constituido por celdas de 0,10 x 0,10 m sobre la pared del perfil de una calicata en un lote de kiwi del sudeste bonaerense. 2016.

las 10 celdas totales por capa para determinar el porcentaje de ocupación. Se representaron los valores para cada uno de los sitios evaluados en función de la profundidad, de 0-20, 20-40 y 40-60 cm, registrando las medias, desvíos y coeficientes de variación del total de sitios evaluados.

Los resultados experimentales de cada una de las variables analizadas fueron sometidos a análisis de varianza (ANDEVA) y los valores promedio comparados mediante el test de Tukey a través del programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del suelo

Los suelos observados poseen una textura franca en los horizontes más superficiales, y se caracterizan por un Ap de 0 a 20 y un A de 20 a 40 cm de profundidad. Solo el sitio 7.1 presentó una textura franco-arcillo arenosa en los 20-40 cm. Por debajo de los 40 cm, la textura fue en todos los sitios franco-arcillosa (horizonte AB) o arcillosa (horizonte Bt).

Densidad y porcentaje de ocupación de raíces totales

Coincidentemente con lo observado por Montanaro *et al.* (2007), el número de raíces totales de kiwi (finas + gruesas) se redujo con la profundidad, presentando diferencias estadísticas significativas entre los 0-20 y 40-60 cm ($P < 0,01$; tabla 2). En términos generales, la mayor densidad se concentró en los primeros 20 cm del suelo. Por un lado, solo dos sitios (3.1 y 3.3) mantuvieron el número de raíces constante hasta los 40 cm de profundidad (tabla 2) porque si bien el número de finas se redujo en los 20-40 cm, se incrementó allí el número de raíces gruesas. El sitio 5 presentó una densidad de raíces constante hasta los 40 cm de profundidad (tabla 2), pero en este caso por incrementarse el número de raíces finas en los 20-40 cm. Lo mismo sucedió con el sitio 6, que incluso presentó una densidad de raíces mayor por debajo de los 20 cm (tabla 2). En todos los sitios, la densidad de raíces totales se redujo notablemente por debajo de los 40 cm, más aún, solo el 23% del total de raíces promedio contabilizadas de 0-20 cm se encontraron en los 40-60 cm (tabla 2). Así, las raíces de kiwi se caracterizarían por ubicarse en esta capa superficial de suelo. Por otro lado, se observó una irregular distribución de raíces entre sitios, lo cual derivó en un importante desvío que refleja

Profundidad (cm)	S1	S2.1	S2.2	S3.1	S3.2	S3.3	S4	S5	S6	S7.1	S7.2	Media	Sd	CV
0-20	49	178	78	68	93	72	167	28	42	47	63	80,45b	49,02	60,94
20-40	26	37	35	73	73	73	81	29	57	11	13	46,18ab	25,95	56,20
40-60	10	14	10	40	35	20	29	22	28	0	3	19,18a	13,00	67,81

Tabla 2. Número de raíces totales (densidad) en 1 m de diámetro en tres profundidades del suelo para 11 sitios ubicados en Sierra de los Padres, Mar del Plata, Miramar y Mar del Sur, 2016. Los sitios 2.1 y 2.2 pertenecen al mismo campo, al igual que los sitios 3.1, 3.2 y 3.3. Los sitios 7.1 y 7.2 pertenecen al mismo campo, pero son de un relieve completamente diferente. Sd: desvío estándar y CV: coeficiente de variación. Fuente: elaboración propia.

Profundidad (cm)	S1	S2.1	S2.2	S3.1	S3.2	S3.3	S4	S5	S6	S7.1	S7.2	Media	Sd	CV
0-20	100	100	100	100	100	100	100	93	100	100	100	99,36b	2,11	2,12
20-40	64,5	100	100	93	100	100	100	93	100	57	72	89,04b	16,34	18,35
40-60	28,5	79	50,5	79	71,5	50	93	93	78,5	0	21,5	58,59a	31,01	52,92

Tabla 3. Porcentaje de ocupación promedio de raíces totales (distribución-uniformidad) en 1 m de diámetro en tres profundidades del suelo para 11 sitios ubicados en Sierra de los Padres, Mar del Plata, Miramar y Mar del Sur, 2016. Los sitios 2.1 y 2.2 pertenecen al mismo campo, al igual que los sitios 3.1, 3.2 y 3.3. Los sitios 7.1 y 7.2 pertenecen al mismo campo, pero son de un relieve completamente diferente. Sd: desvío estándar y CV: coeficiente de variación. Fuente: elaboración propia.

las diferencias en el manejo del cultivo (tipo de riego, sistema de conducción, entre otros) y en las edades de las plantas entre los sitios evaluados. Xiloyannis *et al.* (1993) registraron una alta densidad de raíces en kiwi, expresada tanto en valores de peso seco y longitud, como de superficie en contacto con el suelo. De todos modos, no expresaron la densidad como número de raíces, por lo que no es posible comparar esos resultados con los del presente trabajo.

A diferencia de lo observado por Xiloyannis *et al.* (1993), no se advirtió una relación entre la densidad de raíces y la edad de las plantas. Esto debido probablemente a las diferencias entre sitios en el manejo del cultivo. Habría que muestrear en un mismo establecimiento plantas de diferentes edades con las mismas prácticas culturales. Por la misma causa no se encontró relación alguna entre la densidad de raíces y el tipo, frecuencia y caudal de riego.

El mayor porcentaje de ocupación de raíces totales de kiwi se concentró en los primeros 40 cm de profundidad del suelo ($P < 0,01$; tabla 3). Independientemente de la densidad, el porcentaje de ocupación en los 0-20 cm de profundidad fue del 100% en casi todos los sitios, a excepción del 5. Quizás, un menor contenido de materia orgánica en el suelo del sitio 5 haya influido en estos resultados y en el menor número de raíces respecto al resto de los sitios (tabla 2). Si bien no hubo diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de ocupación de raíces entre los 0-20 y 20-40 cm, se observó una tendencia de una disminución gradual del porcentaje de ocupación entre dichas profundidades, mientras que la reducción fue estadísticamente significativa por debajo de los 40 cm de profundidad del suelo ($P < 0,01$; tabla 3).

A pesar de las diferencias entre lotes en el manejo y edad del cultivo, todos los sitios tuvieron en común la concentración de raíces en los primeros 40 cm de profundidad del suelo. Las características del suelo condicionan la profundidad alcanzada por el sistema radical (Hodge *et al.*, 2009). En el Alto Valle

de río Negro, en manzanos se informó el efecto negativo de la rastra de suelo en la ocupación de raíces en los primeros centímetros de profundidad como así también el efecto de la capa freática y de las compactaciones de suelo (Aruani y Sánchez, 2004). En este estudio, la escasa profundidad radical habría estado relacionada principalmente con la distribución de los horizontes del suelo, puesto que la textura franco-arcillosa y arcillosa observada por debajo de los 40 cm de profundidad se constituiría en una limitación para las raíces. Hasey (1994) afirmó que ante la presencia de horizontes restrictivos la profundidad de raíces se iguala a la profundidad del horizonte en cuestión. La distribución superficial de raíces coincide con lo observado por Xiloyannis *et al.* (1993) y Warfield y Seim (1992). Las discrepancias halladas por otros autores como Gandar y Hugues (1988) se deberían entonces a las diferencias en el tipo de suelo, puesto que evaluaron suelos franco-limosos y franco-arenosos, en donde las raíces alcanzaron mayor profundidad. Al respecto, Hasey (1994) menciona que en Nueva Zelanda se han encontrado raíces a una profundidad de 3 m en suelos franco-limosos y franco-arenosos. En cambio, en suelos más someros el sistema radical ha alcanzado como máximo los 70 cm de profundidad del suelo.

En general, los árboles frutales como el manzano muestran una mayor densidad de raíces en los primeros 80 cm de suelo (Silva y Rodríguez, 1995) que aseguran un buen almacenamiento de agua, pero existen casos, como en este estudio donde se deba realizar monitoreos continuos a efecto de optimizar la eficiencia del riego debido a la escasa profundidad de exploración del sistema radical.

Raíces finas y gruesas

Del análisis conjunto de todos los sitios, se observó que las raíces finas y gruesas siguieron la misma tendencia que las raíces totales, disminuyendo los valores promedio de las 11 calicatas con la profundidad y concentrándose en los primeros

Profundidad (cm)	N.º F	N.º G	% F	% G
0-20	64 ± 49b	16 ± 8b	80	20
20-40	35 ± 21ab	12 ± 10b	75	25
40-60	16 ± 11a	3 ± 2a	82	18

Tabla 4. Valores promedio del número y porcentaje de raíces finas y gruesas para tres profundidades del suelo en 1 m de diámetro, de 11 sitios ubicados en Sierra de los Padres, Mar del Plata, Miramar y Mar del Sur. 2016. Fuente: elaboración propia.

Número de raíces finas (N.º F), gruesas (N.º G), y porcentaje de raíces finas (% F) y gruesas (% G) respecto al total.

40 cm del suelo (tabla 4). En el caso del número de raíces finas se registraron diferencias estadísticas significativas entre los 0-20 y 40-60 cm de profundidad ($P < 0,01$). Esta variable no difirió en los 20-40 cm de las otras dos profundidades, aunque su valor fue intermedio. El número de raíces gruesas no difirió estadísticamente entre los 0-20 y 20-40 cm, pero sí a partir de los 40-60 cm, en donde su reducción fue más pronunciada ($P < 0,01$, tabla 4). El importante desvío observado refleja nuevamente la variación de las muestras debida a los distintos manejos y edades de las plantas en los sitios evaluados. Kogan y Honorato (1991) observaron que el 86% del total de raíces finas se localizaron en los primeros 40 cm del suelo. Miller *et al.* (1998), en cambio, observaron que las raíces finas se distribuyeron uniformemente con la profundidad, y que las raíces gruesas se ubicaron mayormente por debajo de los 15 cm. Esto debido a que el tipo de suelo muestreado por dichos autores fue franco-arenoso, por lo que la textura más gruesa probablemente promovió el desarrollo de las raíces en profundidad.

La densidad y la proporción de raíces finas fueron muy superiores a la densidad y a la proporción de las raíces gruesas en las tres profundidades evaluadas (tabla 4), lo que coincide con lo mencionado por Xiloyannis *et al.* (1993) y Miller *et al.* (1998). Bennowitz *et al.* (2019) también observó en kiwi un mayor crecimiento de las raíces finas respecto a las gruesas. La gran cantidad de raíces finas del kiwi hace que utilice más eficientemente el agua y los recursos del suelo, aunque también refleja nuevamente su sensibilidad tanto a la falta como al exceso de agua.

Factores que limitaron o favorecieron del desarrollo de raíces

Se registró una importante reducción tanto de densidad como de ocupación de raíces en los casos en que había compactación en los horizontes AB o BA (sitio 7.2, entre los 20 y 30 cm de profundidad; fig. 2A). Por una parte, la presencia del horizonte Bt (argílico) también se constituyó en una limitación para las raíces (sitios 7.1 y 7.2; fig. 2A), tal como observaron Prendergast *et al.* (1987). Por otra parte, la presencia de tosca a partir de los 60 cm de profundidad limitó el desarrollo de raíces (sitio 3.3; fig. 2B). El suelo mojado o saturado de agua en algún sector del perfil por exceso de riego también generó una reducción en la densidad de raíces debido a la falta de oxígeno, las cuales presentaban una coloración rojiza (sitio 3.1). Este último punto coincide con lo observado por Hughes y Wilde (1989) respecto al menor desarrollo radicular ante la falta de drenaje. A su vez, remarca la necesidad de realizar un manejo del riego acorde al tipo de suelo, lo cual es importante no solo para evitar el déficit de agua, sino también el exceso.

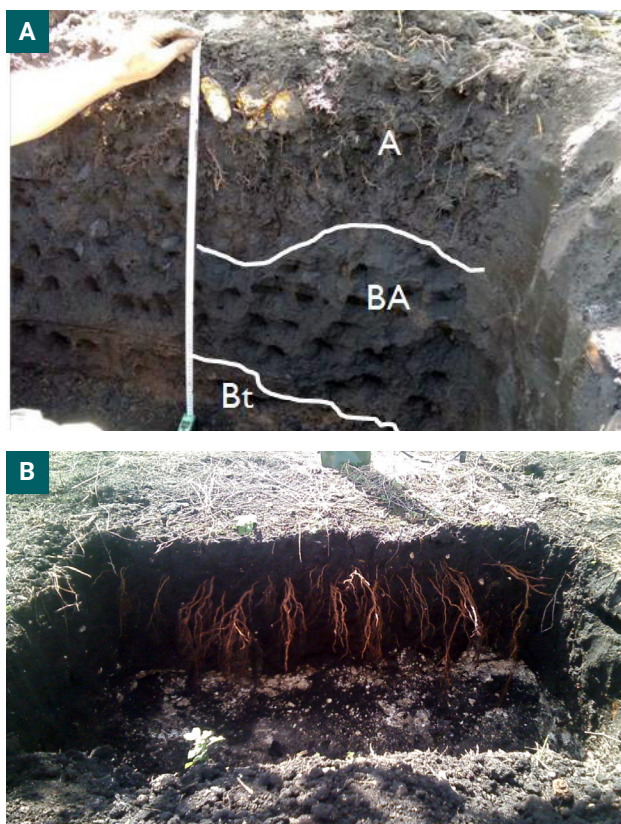


Figura 2. Algunas limitaciones para el desarrollo de raíces de kiwi. A. Compactación en los horizontes AB-BA y presencia de horizonte Bt. B. Tosca a partir de los 60 cm de profundidad del suelo.

En los sitios 3.1 y 3.2, entre los 40 y 50 cm de profundidad, se observó una gran densidad de raíces que superaba ampliamente el promedio debido a la presencia de raíces de pino por plantación previa de un monte forestal. Estas generaban grietas en el suelo por donde penetraban las raíces de kiwi.

CONCLUSIONES

La distribución de raíces de kiwi en la zona del sudeste bonaerense se caracteriza por concentrarse en los primeros 40 cm del suelo, presentando el cultivo un sistema radical superficial. La mayor densidad de raíces se observó en los primeros 20 cm de profundidad del suelo, y la mayor ocupación en los primeros 40 cm. Esta característica se corresponde con suelos de tipo franco en los primeros 40 cm del suelo y franco-arcillosos a arcillosos por debajo con un horizonte Bt.

A partir de la información generada en este estudio, se podrán determinar los parámetros hídricos (CC, PMP) y el agua disponible para las plantas en el volumen de suelo explorado por las raíces. Se concluye que la profundidad efectiva de las raíces representa una determinación de utilidad para tener en cuenta para el mejor manejo del agua de riego.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se encuentra enmarcado dentro del proyecto específico INTA PNFRU 1105082 "Superación de brechas tecnológicas que limitan la calidad en las cadenas frutícolas".

BIBLIOGRAFÍA

- ARUANI, M.C.; SÁNCHEZ, E. 2004. Frutales: Manejo del suelo y distribución radical. *Fertilizar* 34, 14-17.
- BENÉS, G.; VITERI, M.L.; YOMMI, A. 2014. Kiwi marplatense: trayectoria de un negocio innovador. Trabajo de Investigación. (Disponible: https://www.researchgate.net/publication/317570180_KIWI_MARPLATENSE_TRAYECTORIA_DE_UN_NEGOCIO_INNOVADOR verificado: 17 de enero de 2018).
- BENNEWITZ, E.; SUAZO, S.; KEUTGEN, A.J.; LOSAK, T.; CARRASCO-BENAVIDES, M. 2019. Seasonal Root, Shoot, and Fruit Growth Patterns in Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* a. Chev.) in Central Chile. *Erwerbs-Obstbau* 61(3), 283-292.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (Disponible: <http://www.infostat.com.ar> verificado: mayo de 2020).
- GANDAR, P.W.; HUGHES, K.A. 1988. Kiwifruit root systems. 1. Root-length densities. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 16, 35-46.
- GREAVES, A.J. 1985. Root distribution of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) in a deep sandy loam soil of the Te Puke district, New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 28, 433-436.
- GREEN, S.R.; CLOTHIER, B.E. 1995. Root water uptake by kiwifruit vines following partial wetting of the root zone. *Plant and Soil* 173, 317-328, 1995.
- HASEY, J.K. 1994. Kiwifruit growing and handling. UCANR Publications, 134 p.
- HODGE, A.; BERTA, G.; DOUSSAN, C.; MERCHAN, F.; CRESPI, M. 2009. Plant root growth, architecture and function. *Plant Soil* 321, 153-187.
- HUGHES, K.A.; WILDE, R.H. 1989. The effect of poor drainage on the root distribution of kiwifruit vines. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 17, 239-244.
- HUGHES, K.A.; GANDAR, R.W.; DE SILVA, H.N. 1995. Exploration and exploitation of soil by apple, kiwifruit, peach, Asian pear and grape roots. *Plant and Soil* 175, 301-309.
- KOGAN, M.; HONORATO, R. 1991. Informe final Proyecto CONICYT "Manejo de huertos de kiwi y control de malezas". Pontificia Universidad Católica de Chile, 107 p.
- LEMON, C.W. 1986. The root system of *Actinidia deliciosa* (A. Chev.) C. F. Liang et A. R. Ferguson var. *deliciosa*, (Kiwifruit vine). M.Sc. Thesis, University of Auckland.
- MILLER, S.A.; SMITH, G.S.; BOLDINGH, H.L.; JOHANSSON, A. 1998. Effects of water stress on fruit quality attributes of kiwifruit. *Annals of Botany* 81, 73-81.
- MONTANARO, G.; DICHIO, B.; CELANO, G.; XILOYANNIS, C. 2007. Sustainable kiwifruit orchard management in semi-arid environments. *Acta Hort.* 753, 591-598.
- PRENDERGAST, P.; MCANENEY, K.J.; ASTILL, M.S.; WILSON, A.D.; BARBER, R.F. 1987. Water extraction and fruit expansion by kiwifruit. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 15, 345-350.
- SILVA, H.; RODRIGUEZ, J. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Publicación de la Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, 519 p.
- WARFIELD, D.L.; SEIM, E. 1992. Root structure of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Hort Science* 6 (27), 668.
- WILLIAMS, L.E.; SMITH, R.J. 1991. The effect of rootstock on the partitioning of dry weight, nitrogen and potassium, and root distribution of cabernet sauvignon grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 42 (2), 118-122.
- XILOYANNIS, C.; MASSAI, R.; PICCOTINO, D.; BARONI, G.; BOVO, M. 1993. Method and technique of irrigation in relation to root system characteristics in fruit growing. *Acta Horticulturae* 335, 505-511.
- XILOYANNIS, C.; MONTANARO, G.; DICHIO, B. 2012. Chapter 5. 14 Kiwifruit. FAO Irrigation and drainage paper 66. Crop yield response to water, Food and Agriculture. Organization of the United Nations. 350-358 pp.

Evaluación de la sustentabilidad de un sistema productivo familiar: aplicación de un set de indicadores adaptados a la provincia de Santa Cruz

Birgi, J.A.^{1,2}; Peri, P.L.^{1,2,3}; Ceconello, M.M.^{1,2,4}; Gargaglione, V.B.^{1,2}

RESUMEN

Para que un sistema productivo sea considerado sustentable, este debe ser factible de satisfacer sus necesidades actuales, sin comprometer la posibilidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. En la actualidad, existen distintos tipos de herramientas que se pueden implementar a fin de poder determinar si un sistema es sustentable o no. Contar con este tipo de herramientas ajustadas para un sitio y tipo de productor determinado es de fundamental importancia a fin de poder clasificar rápidamente los sistemas y determinar cuáles aspectos son necesarios mejorar o modificar para alcanzar la sustentabilidad del sistema productivo. En este trabajo se estudió la sustentabilidad de un núcleo de agricultura familiar (NAF) de la provincia de Santa Cruz (Argentina) con el objetivo de probar un set de indicadores adaptado a la realidad productiva de los NAF de esta región. Para ello se tomó como base un caso real representativo de la provincia y se analizó su sustentabilidad general a través del uso de 20 indicadores divididos en tres dimensiones: ecológica, económica y sociocultural. El estudio estableció que el índice de sustentabilidad general del núcleo debe alcanzar un mínimo de 3 puntos y además lograr la sustentabilidad individual de cada una de las dimensiones para hacer sustentable al sistema. El NAF analizado obtuvo una puntuación de 2,97, cercano al límite establecido. Sin embargo, tanto la dimensión económica, como la ecológica, no alcanzaron la sustentabilidad en el análisis individual, por lo que el sistema analizado fue clasificado como no sustentable. El presente trabajo presentó una metodología que se mostró factible para relevar la sustentabilidad de los NAF de la provincia de Santa Cruz, presentando un set de indicadores que está adaptado a las condiciones de producción de la región. Contar con herramientas de este tipo es clave no solo para los productores del sector, sino también para las instituciones públicas y privadas las cuales podrían direccionar sus políticas y acciones a fin de detectar y fortalecer aquellos puntos esenciales para mejorar la sustentabilidad de los NAF de Santa Cruz.

Palabras clave: desarrollo rural, producción periurbana, agricultura intensificada.

ABSTRACT

For a productive system can be considered sustainable, it must be feasible to satisfy its current needs, without compromising the possibility of satisfying the needs of future generations. Nowadays, there are different types of tools that can be implemented in order to determine if a system is sustainable or not. Having this type of tools adjusted for a specific site and type of producer is very important in order to quickly classify the systems and determine which aspects need to be improved and / or modified to achieve the sustainability of the production system. In this work, the sustainability of a family farming nucleus (NAF) in the province of Santa Cruz (Argentina) was studied in order to test a set of indicators adapted to the productive reality of the NAF of this region. For this, a representative real case of the province was taken as a base and its general sustainability was analyzed through 20 indicators divided into three dimensions: ecological, economic and sociocultural. The study established that the general sustainability index of

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Santa Cruz, Mahatma Gandhi 1322, Río Gallegos, Santa Cruz. Correo electrónico: birgi.jorge@inta.gob.ar

²Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Instituto Ciencias del Ambiente, Sustentabilidad y Recursos Naturales (ICASUR), Río Gallegos.

³Consejo Nacional del Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

⁴Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia, San Miguel de Tucumán.

the nucleus must reach a minimum of 3 points, in addition to the obligation to achieve individual sustainability of the different dimensions to make the system sustainable. The NAF analyzed got a score of 2.97 points, very close to the minimum. However, both the economic and the ecological dimension did not achieve sustainability in the individual analysis, so the entire analyzed system was classified as unsustainable. This work presented a methodology that proved feasible to survey the sustainability of the NAF of the province of Santa Cruz, presenting a set of indicators that is adapted to the production conditions of the region. This type of tools is important not only for producers, but also for public and private institutions which could direct their policies and / or actions in order to detect and strengthen those essential points to improve the sustainability of NAFs from Santa Cruz.

Keywords: rural Development, peri-urban production, agriculture intensification.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen distintas definiciones de la palabra “sustentabilidad” aunque la mayoría de ellas concuerdan en el concepto de satisfacer necesidades actuales sin comprometer la posibilidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medioambiente y Desarrollo de 2014 definió la agricultura y el desarrollo rural sostenibles como “la gestión y conservación de la base de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas de las generaciones actuales y futuras”. Según el informe Brundtland (World Commission on Environment and Development) de 1987 el desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades. Para Ikerd (1990) la agricultura sustentable es aquella capaz de mantener niveles aceptables de productividad biológica y económica, preservando el ambiente, los recursos naturales y satisfaciendo al mismo tiempo un requerimiento de la sociedad. Para lograr la sustentabilidad de los sistemas productivos resulta imprescindible disponer de parámetros comunes de evaluación a lo largo del tiempo que permitan realizar un seguimiento de la sustentabilidad e indicar tendencias a futuro. Además, es necesario medir de manera integrada sus características económicas, ecológicas y sociales, de modo que estas dimensiones sean por sí solas sustentables y no que la sustentabilidad de una se alcance a costa de las demás. Para realizar este tipo de análisis existen herramientas sumamente útiles como la evaluación del sistema a través de indicadores. Es de fundamental importancia contar con este tipo de herramientas (ajustadas para un sitio y tipo de productor determinado) para poder clasificar rápidamente los sistemas y determinar cuáles aspectos son necesarios mejorar o modificar por completo para alcanzar la sustentabilidad del sistema productivo.

En la provincia de Santa Cruz (Argentina) el sector de la agricultura familiar produce anualmente cerca de 220 toneladas de productos en 516 núcleos de agricultura familiar (NAF). Un NAF está comprendido por una persona o grupo de personas que habitan bajo un mismo techo en un régimen de tipo familiar; es decir, comparten sus gastos en alimentación u otros esenciales para vivir y que aportan o no fuerza de trabajo para el desarrollo de alguna actividad del ámbito rural (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 2007). Estos NAF poseen

una superficie media de 5 ha y son predominantemente agrícolas (60,5%), aunque también realizan producciones pecuarias orientadas sobre todo a la avicultura (Birgi, 2018). Asimismo, la mayoría posee una marcada dificultad para generar alimentos, debido principalmente a una baja fertilidad en sus suelos y calidad del agua, y a condiciones climáticas de producción extremas que se manifiestan a través de altas intensidades de viento (sobre todo en verano), bajas temperaturas y escasas precipitaciones.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la sustentabilidad de un NAF de la ciudad de Río Gallegos como base para evaluar la pertinencia de uso de un set de indicadores de sustentabilidad adaptado a las condiciones de producción de los NAF de la provincia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Basado en las condiciones generales de los NAF de la provincia se analizó un estudio de caso real. El NAF elegido para este trabajo es representativo de los demás productores familiares de la provincia de Santa Cruz, según lo descrito en Birgi (2018), ya que a pesar de que poseer una superficie menor al promedio provincial es un NAF muy eficiente en el uso del espacio, logrando explotar las principales actividades agrícolas y pecuarias relevadas en la provincia. Además, los servicios disponibles en la chacra son compatibles con los relevados como generales en la provincia, la carga laboral está balanceada en cuanto al género, el rango etario es avanzado, los ingresos extraprediales se corresponden con los demás agricultores familiares de la provincia y también las metodologías de trabajo (riego, fertilización, manejo sanitario, etc.). El NAF bajo estudio se encuentra ubicado en una zona rural a unos 7 km de la localidad de Río Gallegos, en un terreno cuya superficie aproximada es de 1 hectárea y se divide en 10 parcelas productivas, la casa de familia y una serie de espacios verdes para recreación. Este NAF fue entrevistado en el mes de septiembre de 2015, y en ese momento estaba compuesto por el titular, su mujer y 4 hijos que no residen actualmente en la casa de familia. El titular y su mujer son los encargados de casi todo el trabajo, que incluye la cría y reproducción de los animales, el acondicionamiento de los espacios y el mantenimiento de la infraestructura. El sistema de producción del NAF es diversificado, y consiste principalmente en la producción de frutas finas, verduras de hoja, especies aromáticas, un estaquero forestal y avicultura orientada a la producción de huevos. La frutihorticultura, principal actividad del NAF, se compone de

especies como habas (*Vicia faba*), arvejas (*Pisum sativum*), acelga (*Beta vulgaris*), rabanito (*Raphanus sativus*), ruibarbo (*Rheum rhabarbarum*), peras (*Pyrus communis*) y manzanas (*Malus domestica*). También se producen especies aromáticas como menta (*Mentha piperita*), yerba buena (*Mentha spicata*), orégano (*Origanum vulgare*), tomillo (*Thymus vulgaris*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y melisa (*Melissa officinalis*), pero solo para autoconsumo. Otras producciones que se destacan son las papas (*Solanum tuberosum*), ajo (*Allium sativum*), lechuga (*Lactuca sativa*), perejil (*Petroselinum crispum*) y diversas frutas finas como cassis (*Ribes nigrum*), corinto (*Ribes rubrum*), grosella (*Ribes uva crispata*) y frambuesa roja (*Rubus idaeus*) que se destinan principalmente a la venta directa, aunque también se utilizan para la elaboración de dulces. La actividad pecuaria es fuertemente avícola y está compuesta por 25 gallinas ponedoras (*Gallus gallus domesticus*), 10 pollos, 10 pavos (*Meleagris gallopavo*), 20 patos (*Anas platyrhynchos domesticus*), 2 gansos (*Anser anser domesticus*) y 24 gallinas japonesas de copete (o sedosas del Japón). También se encuentran en producción 4 cerdas reproductoras de la raza Landrace con 12 lechones destetados cuyo principal destino es la venta en fresco (faenado). Todos los espacios ocupados con animales se encuentran distribuidos en las proximidades de la casa de familia, y ocupan un total de 4 parcelas de entre 150 y 300 m² cada una.

La venta de los productos es por medio de canales de comercialización cortos (cara a cara), lo que permite vender rápidamente lo producido y disminuir las horas de trabajo destinadas a la tarea.

Por un lado, para el análisis de la sustentabilidad del NAF se consideró el criterio de sustentabilidad fuerte, definido por Sarandón *et al.* (2006) en donde la satisfacción de las necesidades económicas del NAF no puede llevarse a cabo a costa del medioambiente o la aceptación social de la actividad. En consecuencia, para que el núcleo de agricultura familiar sea sustentable es necesario que todas sus dimensiones lo sean.

Por otro lado, se priorizó la construcción de indicadores de relevamiento sencillo, aplicables a múltiples situaciones (alta sensibilidad) y que suministren información útil a tomadores de decisiones del sector público y privado. Para ello, se tomaron como base los conceptos vertidos por Sarandón *et al.* (2006), donde un sistema sustentable debe ser suficientemente productivo, económicamente viable, ecológicamente adecuado (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global) y ser cultural y socialmente aceptable. Estos indicadores se estimaron según la metodología de Sarandón (2002) con adaptaciones en su ponderación, e incorporación de nuevos indicadores más representativos de las condiciones de la región. Asimismo, es importante aclarar que en la selección de los indicadores se tomaron como referencia los atributos expuestos por López-Ridaura *et al.* (2002) sobre la productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, patrimonio neto y autosuficiencia; estos criterios sirvieron como guía en la selección final. El relevamiento de la información se realizó mediante mediciones directas de datos a campo, aunque también se realizaron entrevistas, formales e informales, durante tres temporadas productivas, tanto a los integrantes del NAF como a su entorno más próximo.

Para el cálculo de la sustentabilidad general del sistema se consideraron 20 indicadores (tabla 1) con 5 valoraciones (para todos por igual) de 0 a 4, que en su conjunto constituyen un set que se divide en tres dimensiones, la dimensión ecológica, la

dimensión económica y la dimensión sociocultural. Si bien en la metodología planteada por Sarandón *et al.* (2006) los autores fijan un umbral de sustentabilidad igual al valor medio de la escala (2), para este trabajo se buscó obtener resultados más conservadores fijando el umbral en 3 o, dicho de otra manera, para que el sistema sea considerado sustentable, debe alcanzar el 60% de la valoración total.

Dimensión ecológica (DEc)

Para el cálculo de la dimensión ecológica se tuvieron en cuenta 8 indicadores (tabla 1). Los fundamentos de cada indicador son los siguientes:

- Riesgo de erosión o daño a causa del viento (Ec_1): se considera a la acción del viento como un factor climático fuertemente negativo para el suelo y el desarrollo de los cultivos, ya que no solo genera la pérdida de suelo por erosión, sino también la disminución de la calidad de los productos y los rendimientos.
- Rotación de cultivos (Ec_2): la rotación de cultivos permite una extracción de nutrientes equilibrada, mejora la sanidad de los cultivos y colabora en el mantenimiento de los microorganismos del suelo.
- Diversidad productiva (Ec_3): los ecosistemas sanos se caracterizan por una alta diversidad de especies. Según Requesens (2011, página 77), la diversificación productiva además, "constituye una herramienta sumamente valiosa para interpretar la estructura de los sistemas de producción, y su relación con diversos mecanismos homeostáticos que regulan su funcionamiento", y agrega que algunos de los beneficios resultantes de la diversificación son "el aumento de la productividad, estabilidad y sustentabilidad de los sistemas productivos, la conservación de los recursos naturales, particularmente el suelo, y la reducción de los riesgos económicos".
- Relación en el uso de fertilizantes orgánicos y químicos (Ec_4): un sistema será más sustentable si las prácticas que en él se realizan mantienen o mejoran la vida en el suelo (Brundtland *et al.*, 1987), y para ello se considera esencial el aporte de fertilizantes orgánicos.
- Relación en manejo de plagas y enfermedades por métodos químicos y no químicos o biológicos (Ec_5): la utilización de métodos químicos para el control de plagas y enfermedades mediante el uso de plaguicidas es una práctica generalizada que trae aparejado para el medioambiente múltiples problemas. En muchos casos, los agroquímicos no son selectivos y pueden provocar la muerte de organismos benéficos. La utilización de métodos biológicos o mecánicos de control ayuda a disminuir el impacto negativo del uso de productos de síntesis química en los agroecosistemas. Además, según Bielza (2015) "el control químico nunca se debe basar en un producto exclusivamente, ya que su aplicación repetida irá seleccionando a las cepas o individuos resistentes que terminarán siendo mayoritarias en la población, y ese producto y todos aquellos con su mismo modo de acción dejarán de ser efectivos".
- Estado sanitario de los animales (Ec_6): en el estado sanitario general de los animales se encuentran involucrados varios factores entre los que se destacan aquellos relacionados con el manejo, la provisión de alimento de calidad, recambio de las camas y la limpieza de los nidos, una provisión adecuada de agua y resguardo contra el frío.

- Gestión de los desechos de origen animal del sistema productivo (E_7): los desechos producidos por animales se consideran nocivos para la salud humana y la de otras especies. La correcta gestión de los residuos no solo disminuye el impacto negativo en el ambiente, sino que también puede aportar mejoras a este utilizándolo como materia prima en la elaboración de fertilizantes orgánicos.
- Reutilización de los desechos orgánicos para compostaje (E_8): el reciclado de desechos orgánicos por medio de compostaje resulta muy provechoso para el ambiente, los productores y sus cultivos. A través de este proceso se obtiene un fertilizante de liberación lenta de alta calidad que puede usarse sin restricciones en todos los cultivos o como materia prima de un producto comercializable (compost o lombricompost fraccionado).

La dimensión ecológica está compuesta por 8 indicadores que difieren unos de otros en su peso relativo. Como puede verse en la fórmula de aplicación (ecuación 1) la importancia relativa de los indicadores E_1 , E_6 y E_7 , son mayores al resto. En el caso del indicador E_1 , el diferencial de valor se debe a que la acción del viento tiene un notable accionar en la conservación del suelo y su cobertura. Asimismo, una protección inadecuada contra este factor puede ser la diferencia entre éxito y fracaso de un sistema productivo. En cuanto al indicador (estado sanitario de los animales), su importancia relativa es mayor debido al impacto negativo que generan en el ambiente los animales enfermos (o en condiciones antihigiénicas de producción). Esta variable es particularmente importante en los sistemas avícolas (mayoritarios en los NAF de Santa Cruz), ya que la sanidad de los animales afecta directamente el producto final. Asimismo, estas aves de producción interactúan de manera dinámica con otras especies de aves silvestres (en algunos casos migratorias), con las que comparten enfermedades de fácil y rápida diseminación. Por último, el indicador E_7 (gestión de los desechos de origen animal del sistema productivo) tiene mayor ponderación debido a que los desechos producidos en los sistemas pecuarios, como excrementos o cama de aves, en general, suelen ser eliminados sin tratamientos por una baja disponibilidad de mano de obra, lo que ocasiona problemas de lixiviación de líquidos contaminantes o fuertes incrementos de fuentes de inóculo para la vida silvestre.

Ecuación 1:

$$DEc = \left(\frac{[(2 \times E_1) + E_2] \div 3 \right) + \left(\frac{E_3 + E_4}{2} \right) + \left(\frac{E_5 + (2 \times E_6)}{3} \right) + \left(\frac{[(2 \times E_7) + E_8] \div 3 \right) \div 4$$

Dimensión económica (DE)

Para el cálculo de la dimensión económica se tuvieron en cuenta 7 indicadores (tabla 1). Los fundamentos de cada indicador son los siguientes:

- Diversificación de la producción (E_1): la diversificación productiva disminuye el riesgo económico y permite llegar a un mayor número de clientes, lo que hace menos vulnerable al sistema productivo. Es importante destacar que en este indicador se incluyen los productos agroindustriales como dulces y conservas además de otros productos generados con materias primas del NAF, como el hilado o las artesanías.
- Producción de alimentos para autoconsumo (E_2): la autoproducción de alimentos no solo es un aporte a la seguridad y soberanía alimentaria del NAF, también ayuda a solventar parte de los gastos que se realizan en el núcleo

en concepto de alimentos. Por lo tanto un sistema es más sustentable cuando provee de alimentos que complementan la dieta familiar.

- Porcentaje de productos destinados a la venta (E_3): el porcentaje de productos que el NAF destina a la venta es clave, ya que genera recursos económicos que permiten adquirir otros bienes y servicios de primera necesidad, e incluso aquellos alimentos que no son producidos en el seno del NAF. Se considera que a medida que aumenta el porcentaje de productos que el núcleo destina a la venta son mayores las posibilidades de este de alcanzar la sustentabilidad económica.
- Obtención de ingresos por trabajos fuera del NAF (E_4): los sistemas productivos familiares en Santa Cruz no tienen actualmente la capacidad de generar productos comercializables durante todo el año, debido a las condiciones climáticas imperantes en la zona. Por lo tanto, un sistema será sustentable si dentro del NAF los integrantes pueden realizar trabajos fuera del núcleo que le permitan obtener ingresos extra para amortiguar la estacionalidad de la producción.
- Acceso a pensión, jubilación, asignaciones o planes sociales (E_5): las políticas sociales tendientes a colaborar en el sostén del NAF también ayudan a promover el desarrollo del núcleo. Cuanto mayor sea el aporte en este sentido mayor serán las posibilidades de sustentabilidad del NAF.
- Número de vías de comercialización (E_6): un mayor número de vías de comercialización disminuye la dependencia del sistema y mejora las posibilidades de negociación. La sustentabilidad económica de un sistema productivo familiar está directamente relacionada con el número de vías de comercialización, y si estas aumentan, también lo hacen las posibilidades de vender el producto y conseguir mejor precio por este.
- Dependencia de insumos externos (E_7): debido a las distancias que separan a los NAF santacruceños de los principales proveedores del país, una alta dependencia de insumos externos para la producción hace que el sistema sea vulnerable. Además, se aumentan los costos de transacción y se disminuyen los tiempos dedicados a la comercialización de productos. Por lo tanto, a medida que disminuye la dependencia a los insumos externos, aumenta la sustentabilidad del NAF.

En esta dimensión cobran especial relevancia los indicadores E_1 y E_6 (ecuación 2). Por un lado, el primero de ellos tiene un peso relativo mayor ya que se considera a la diversificación productiva una herramienta clave que permite, entre otras cosas, incrementar las posibilidades de venta (por ampliación del número de posibles clientes). Por otro lado, la diversificación de la producción reduce los riesgos asociados a pérdidas significativas de producción a causa de factores climáticos, siendo este atenuante menos frecuente en sistemas basados en el monocultivo. En cuanto al indicador E_6 , hay que destacar que los NAF tienen bajos volúmenes de producción, por lo que los productores familiares tienen pocas posibilidades de comercializar sus productos en los mercados convencionales (supermercados, minimercados, etc.). Es por esto que, un productor con numerosas vías de comercialización mejora la sustentabilidad del sistema productivo. Ecuación 2:

$$DE = \left(\frac{[(2 \times E_1) + E_2 + E_3] \div 4 \right) + \left(\frac{E_4 + E_5}{2} \right) + \left(\frac{[(2 \times E_6) + E_7] \div 3 \right) \div 3$$

Indicadores ecológicos	Indicadores económicos	Indicadores socioculturales
Riesgo de erosión o daño a causa del viento (E_c): 0: no posee protección contra el viento; 1: posee <20% de la superficie del predio protegida; 2: 20-40% protegida; 3: 41-60%; 4: >60% de la superficie del predio protegida.	Diversificación de la producción (E_1): 0: solo produce un producto; 1: produce dos productos; 2: produce tres productos; 3: produce entre tres y siete productos; 4: produce más de siete productos.	Propiedad de la tierra (S^1): 0: tierras bajo préstamo/tenencia precaria; 1: alquiler/arrendamiento; 2: mediería; 3: poseedor/tenedor; 4: propietario.
Rotación de cultivos (E_c): 0: no rota los cultivos; 1: rota una vez cada cuatro años; 2: una vez cada tres años; 3: una vez cada dos años; 4: todos los años sus cultivos.	Producción de alimentos para autoconsumo (E_2): 0: aporta algunas verduras frescas y aromáticas durante un corto período (30 a 60 días); 1: complementa la dieta familiar con hasta un 20% de los alimentos que consume el NAF en los meses productivos; 2: complementa la dieta familiar con hasta un 40%; 3: complementa la dieta familiar con hasta un 60%; 4: produce la totalidad de los alimentos que consume el NAF entre los que se incluyen huevos, carnes, verduras y frutas aunque solo en los meses productivos.	Acceso a la educación (S_2): 0: sin acceso a educación o acceso a escuela primaria sin disponibilidad de transporte público; 1: acceso a maternal y escuela primaria con disponibilidad de transporte; 2: acceso a maternal, primaria y secundaria con o sin disponibilidad de transporte; 3: acceso a maternal, primaria, secundaria y terciario con disponibilidad de transporte; 4: acceso a todos los niveles educativos con disponibilidad de transporte público.
Diversidad productiva (E_c): 0: produce una especie por temporada; 1: dos especies; 2: tres especies; 3: entre cuatro y seis especies; 4: más de seis especies.	Porcentaje de productos destinados a la venta (E_3): 0: destina menos del 20% de los productos a la comercialización; 1: destina entre el 20% y el 30% de los productos a la comercialización. 2: destina entre el 31% y el 49% de los productos a la comercialización. 3: destina entre el 50% y el 65% de los productos a la comercialización. 4: destina entre el 66% y el 100% de los productos a la comercialización.	Acceso a salud y cobertura sanitaria (S_3): 0: sin acceso a centros de salud ni plan de asistencia médica o medicina prepaga; 1: acceso a centros de salud aunque sin cobertura de planes de asistencia médica o medicina prepaga; 2: acceso a centros de salud con cobertura de planes de asistencia médica o medicina prepaga; 3: acceso a centros de salud y hospitales regionales con cobertura de planes de asistencia médica o medicina prepaga; 4: acceso a centros de salud de alta complejidad y hospitales regionales con cobertura de planes de asistencia médica o medicina prepaga a menos de 10 km del NAF.
Relación en el uso de fertilizantes orgánicos y químicos (E_c): 0: no utiliza fertilizantes; 1: <30% de uso de fertilizantes orgánicos; 2: 30-49%; 3: 50-60%; 4: >60% de los fertilizantes son orgánicos.	Obtención de ingresos por trabajos fuera del NAF (E_4): 0: ningún integrante del NAF trabaja afuera; 1: los integrantes del núcleo suman en su conjunto menos de dos días de trabajo a la semana fuera del NAF; 2: los integrantes suman de 2-3; 3: los integrantes suman 4 días de trabajo fuera del NAF; 4: más 5 días de trabajo a la semana fuera del NAF.	Acceso a servicios primarios (luz, gas, agua y cloacas, etc.) (S_4): 0: no tiene acceso a ningún servicio; 1: acceso a servicio de luz; 2: acceso al servicio de luz y agua; 3: acceso al servicio de luz, agua y gas; 4: acceso al servicio de luz, agua, gas y cloacas.
Relación en manejo de plagas y enfermedades por métodos químicos y no químicos biológicos (E_c): 0: no realiza manejo; 1: <30% de los productos son no químicos o biológicos; 2: 30-49%; 3: 50-60%; 4: >60% de los productos son no químicos.	Acceso a pensión, jubilación, asignaciones o planes sociales (E_5): 0: los integrantes del NAF no acceden a ninguno de estos derechos; 1: al menos un integrante del NAF accede a asignaciones familiares; 2: al menos un integrante del NAF accede a planes sociales; 3: al menos un integrante del NAF accede a una pensión o jubilación; 4: en el NAF se accede a pensión o jubilación y otros beneficios.	Integración social y capacitación (Asociación de productores, sociedades de fomento, entes gubernamentales.) (S_5): 0: el NAF no es integrante de ninguna Asociación de productores ni tiene relación con instituciones públicas o privadas; 1: el NAF es integrante de una Asociación de productores aunque no participa de ferias ni trabajos cooperativos. Asimismo no tiene relación con instituciones públicas o privadas; 2: El NAF es integrante de una Asociación de productores y participa de ferias y trabajos cooperativos, pero no tiene relación con instituciones públicas o privadas; 3: el NAF es integrante de una asociación de productores que participa de ferias y de encuentros. Además mantiene relación fluida con instituciones públicas y privadas, pero solo recibe asesoramiento e información; 4: el NAF es integrante de una asociación de productores que participa de ferias y de encuentros de productores familiares. Además mantiene relación fluida con instituciones públicas y privadas de las cuales recibe asesoramiento, insumos de producción y subsidios para infraestructura y equipos.
Estado sanitario de los animales (E_c): 0: no se aplica un plan sanitario, el alimento, el agua y el lugar de cría no son los adecuados para las especies en producción; 1: no se aplica un plan sanitario, los demás aspectos de cría carecen de factores de manejo relevantes; 2: no se aplica un plan sanitario, el resto de los aspectos son los adecuados; 3: se aplica un plan sanitario deficiente. El resto de los aspectos son los adecuados; 4: se aplica un plan sanitario correcto. El resto de los aspectos son los adecuados.	Número de vías de comercialización (E_6): 0: el NAF posee una sola vía de comercialización; 1: posee 2 vías de comercialización; 2: 3 vías de comercialización; 3: posee 4-5 vías de comercialización; 4: posee >5 vías de comercialización.	
Gestión de los desechos de origen animal del sistema productivo (E_c): 0: no realiza gestión de los residuos. 1: se gestiona <40% de los residuos; 2: 40%-60%; 3: 61%-80% de los residuos; 4: se gestiona >61% de los residuos.	Dependencia de insumos externos (E_7): 0: el NAF compra más del 80% de sus insumos críticos fuera de la provincia; 1: el NAF compra entre el 60% y el 80% de sus insumos críticos fuera de la provincia; 2: 31-59% de sus insumos críticos fuera de la provincia; 3: 20-30% de sus insumos críticos fuera de la provincia; 4: el NAF compra <20% de sus insumos críticos fuera de la provincia.	
Reutilización de los desechos orgánicos para compostaje (E_c): 0: no realiza compostaje de los residuos. 1: se composta <40%; 2: 40%-60%; 3: 61%-80%; 4: se composta >61% de los residuos producidos.		

Tabla 1. Lista de los indicadores elegidos para medir la sustentabilidad ecológica, económica y sociocultural de los productores familiares de Santa Cruz y valoración de cada uno de ellos.

Dimensión sociocultural (DS)

El grado de satisfacción de los aspectos socioculturales se evaluó mediante 5 indicadores (tabla 1). Los fundamentos de cada indicador son los siguientes:

1. Propiedad de la tierra (S_1): la propiedad de la tierra es una variable crítica para el desarrollo de las producciones familiares y el arraigo de los NAF, además posibilita la incorporación de mejoras al sistema productivo que de otra forma no podrían realizarse. Asimismo, el establecimiento

de las producciones por tiempos relativamente prolongados fortalece los vínculos con la sociedad, colaborando además en la visibilización del productor como tal.

2. Acceso a la educación (S_2): la educación es de vital importancia para el desarrollo de los NAF, incrementa la calidad de vida de sus integrantes, incorpora herramientas de acceso a la información y mejora las probabilidades de supervivencia del NAF. Es por esto que a medida que aumenta la asequibilidad a la educación se incrementa la sustentabilidad de este.
3. Acceso a salud y cobertura sanitaria (S_3): el acceso a salud se considera una necesidad básica ineludible para cualquier persona. Asimismo y debido a las distancias que separan a las ciudades de la provincia entre sí, se considera crítico el acceso próximo a cobertura sanitaria por parte del NAF. La sustentabilidad de un NAF se incrementará a medida que aumenten sus posibilidades de acceso a los sistemas de salud.
4. Acceso a servicios primarios (luz, gas, agua y cloacas, etc.) (S_4): el acceso a los servicios primarios es un factor que no solo posibilita producir, sino vivir en las condiciones extremas de temperatura y fotoperíodo que existen en estas latitudes. Es por esto que se considera que el acce-

so a servicios primarios es crítico para la reproducción del NAF y la supervivencia de sus integrantes.

5. Integración social y capacitación (S_5): debido a que mayormente los NAF tienen bajos volúmenes de producción, resulta indispensable volcar esa oferta a mercados cooperativos y solidarios (como las asociaciones de productores), donde existan productores con volúmenes más altos que sostengan la oferta del espacio y posibiliten a productores de menor escala vender volúmenes bajos de producción. Asimismo, hay que considerar los aportes significativos que realizan instituciones gubernamentales que no solo transfieren conocimientos y tecnologías al productor, además financian estructuras de producción e insumos críticos para mantener la actividad, como semillas, pollitos, plantines y maquinaria, que de otra forma no estarían disponibles para el productor. Es por esto que cuanto mayor sea la articulación del NAF con las instituciones del medio, mayor será su sustentabilidad.

En la dimensión sociocultural, el único indicador que se encuentra ponderado con un peso relativo mayor es el indicador S_4 (ecuación 3). Esto se debe fundamentalmente a que para llevar adelante este tipo de explotación periurbana se necesita de la seguridad que provee la cercanía de los productores al NAF a través de la instalación de la vivienda familiar en el lu-

Indicador	Puntaje
Riesgo de erosión o daño a causa del viento (Ec_1)	2
Rotación de cultivos (Ec_2)	3
Diversidad productiva (Ec_3)	4
Relación en el uso de fertilizantes orgánicos y químicos (Ec_4)	2
Relación en manejo de plagas y enfermedades por métodos químicos y no químicos o biológicos (Ec_5)	2
Estado sanitario de los animales (Ec_6)	1
Gestión de los desechos de origen animal del sistema productivo (Ec_7)	1
Reutilización de los desechos orgánicos para compostaje (Ec_8)	2
Diversificación de la producción (E_1)	4
Producción de alimentos para autoconsumo (E_2)	2
Porcentaje de productos destinados a la venta (E_3)	3
Obtención de ingresos por trabajos fuera del NAF (E_4)	0
Acceso a pensión, jubilación, asignaciones o planes sociales (E_5)	3
Número de vías de comercialización (E_6)	4
Dependencia de insumos externos (E_7)	1
Propiedad de la tierra (S_1)	4
Acceso a la educación (S_2)	4
Acceso a salud y cobertura sanitaria (S_3)	3
Acceso a servicios primarios (luz, gas, agua y cloacas) (S_4)	2
Integración social y capacitación (asociación de productores, sociedades de fomento, SAF, INTA, SENASA, etc.) (S_5)	4

Tabla 2. Valores obtenidos en el estudio de caso del NAF en Santa Cruz para los indicadores de la dimensión ecológica (Ec), económica (E) y sociocultural (S).

gar de producción. Asimismo, usufructuar la tierra según las normas permite el acceso a servicios primarios que se consideran una condición de base para emprender producciones familiares en la provincia. Además, el acceso a estos servicios es considerado indispensable para la reproducción del núcleo, ya que en gran parte de la provincia no hay disponibilidad de recursos alternativos como la leña para calefaccionarse o agua potable.

Ecuación 3:

$$DS = \frac{[S_1 + S_5 + [S_2 + S_3 + (2 \times S_4) \div 4]]}{\div 3}$$

RESULTADOS

Del relevamiento provincial de agricultores familiares realizado por Birgi (2018) se desprende que los NAF en Santa Cruz son generalmente de producción mixta y los cultivos se complementan principalmente con aves para la producción de huevos, y cerdos para faena. Estos animales de granja constituyen un gran aporte para el NAF, dado que la producción de huevos y carne no se detiene en época invernal, momento en el cual las condiciones extremas de fotoperíodo y temperatura constituyen una clara limitante para el desarrollo de los cultivos al aire libre. En el estudio de caso que se analizó se pueden ver reflejadas estas características y además información al respecto de las estrategias de producción y los insumos necesarios para la reproducción del NAF. En la tabla 2 se presentan los valores de los indicadores de sustentabilidad obtenidos en el estudio de caso de este trabajo y el peso total de cada uno.

Total dimensión ecológica: el valor total obtenido para la dimensión ecológica fue de 2,7, donde el indicador Ec_3 obtuvo el mayor puntaje. También se destaca el valor obtenido en el indicador Ec_2 que constituye en esta dimensión el segundo de mayor importancia.

Total dimensión económica: el valor total obtenido para la dimensión económica fue de 2,6. Por un lado, a pesar de este promedio, la dimensión cuenta con indicadores con los puntajes más altos posibles, como los indicadores E_1 y E_6 . Por otro lado, el indicador E_4 no aportó ningún punto a la dimensión (figura 1) y el indicador E_7 tuvo un valor bajo, haciendo caer el promedio general de la dimensión y posicionándola en el último lugar de importancia para este análisis.

Total dimensión sociocultural: el valor total obtenido para la dimensión sociocultural fue de 3,6, haciendo de esta la más importante dimensión de sustentabilidad del NAF (figura 1). Los indicadores más destacados para ella son S_1 , S_2 y S_5 , ya que todos ellos obtuvieron el puntaje más alto disponible para un indicador.

Índice de sustentabilidad general: en cuanto al índice de sustentabilidad general (promedio de las tres dimensiones) el NAF obtuvo un total de 2,97. En este sentido, es importante aclarar que aunque el grado de sustentabilidad del sistema no se encuentra muy alejado de los 3 puntos necesarios para ser considerado sustentable, tanto la dimensión económica, como la ecológica no resultaron sustentables en el análisis individual, por lo que ese sistema no solo no es sustentable por el valor alcanzado en su índice de sustentabilidad general, sino también debido a que no logra cumplir con los aspectos mínimos compatibles con un criterio de sustentabilidad fuerte.

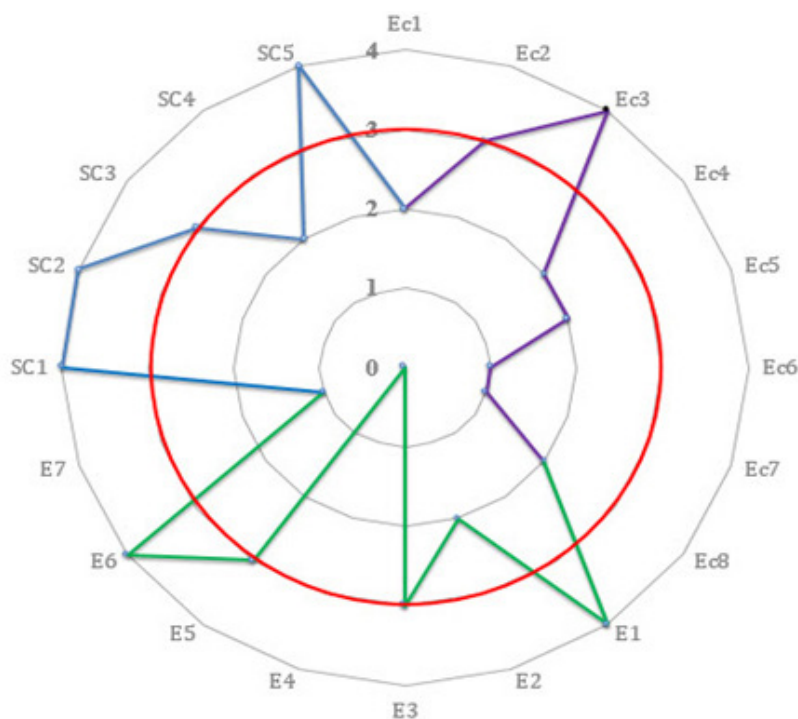


Figura 1. Gráfico de tela de araña que expresa la sustentabilidad del sistema bajo análisis. En azul se graficaron los puntos correspondientes a la dimensión sociocultural (SC), en violeta los correspondientes a la dimensión económica (E) y en verde aquellos relevados para la dimensión ecológica (Ec). La escala va desde cero a cuatro y en el valor tres (línea roja) se indica el límite mínimo de sustentabilidad establecido.

DISCUSIÓN

El set de indicadores elegidos en este estudio logró sintetizar satisfactoriamente la realidad del pequeño productor urbano y periurbano santacruceño, de producciones mixtas agrícola-pecuarias, y constituye una herramienta útil para medir la sustentabilidad de sus NAF. El índice de sustentabilidad general del NAF arrojó como resultado 2,97 puntos sobre un máximo de 4. En el presente estudio se considera un mínimo de 3 puntos y la obligatoriedad de lograr la sustentabilidad individual de las distintas dimensiones para considerar sustentable al sistema. En este contexto, el NAF analizado resultó no sustentable. Es importante resaltar que las dimensiones ecológicas y económicas fueron las que provocaron en mayor medida la disminución del índice de sustentabilidad general. Analizándolas individualmente, la dimensión económica arrojó valores promedio bajos debido a que el NAF obtuvo una puntuación igual a cero en el indicador E_4 (obtención de ingresos por trabajos fuera del NAF), por no poseer integrantes con trabajos extraprediales y una valoración de uno en el indicador E_7 (dependencia de insumos externos), debido a que gran parte de los insumos críticos de producción son obtenidos fuera de la provincia, incrementando notablemente los costos de estos. En cuanto a la dimensión ecológica, los valores más bajos fueron los expresados por los indicadores E_6 (estado sanitario de los animales) y E_7 (gestión de los desechos de origen animal del sistema productivo), ambos con un valor de 1, por carecer el NAF de un plan sanitario adecuado y una gestión de los residuos acorde a las actividades que realiza. Por ello, una alternativa para que el NAF alcance el umbral de sustentabilidad, sería realizar cambios que permitan mejorar el desempeño de estas dimensiones, como por ejemplo, en el caso de la dimensión económica, incrementar la producción de alimentos para autoconsumo, lograr algún tipo ingresos extraprediales o disminuir la dependencia de insumos externos. En cuanto a la dimensión ecológica, la implementación de planes sanitarios que mejoren el manejo de los planteles de aves y cerdos, o una mejora en la gestión de sus residuos, incrementaría notablemente el valor de los indicadores, permitiéndole a la dimensión ser sustentable. Por último, cabe destacar que la dimensión sociocultural obtuvo valoraciones altas, que según el enfoque planteado constituiría una fortaleza de los NAF en Santa Cruz.

La metodología planteada en este trabajo permite relevar la sustentabilidad de núcleos de agricultura familiar a través de un set de indicadores que está adaptado a las condiciones de producción de alimentos de una región marginal como es la provincia de Santa Cruz. Esta metodología es la primera desarrollada en la temática y aporta valiosa información para la evaluación de los NAF. Disponer de antecedentes que hablen

de la sustentabilidad de los NAF en Santa Cruz colaboraría en la toma de decisiones orientadas a fortalecer el sector. La aplicación de esta herramienta posibilitaría en el futuro disponer de información estratégica sobre la sustentabilidad de los más de 500 NAF de la provincia y sobre qué aspectos se deberían mejorar, implementar o modificar a fin de que dichos sistemas logren alcanzar la sustentabilidad. Esta información es clave para los productores del sector, sino también para las instituciones públicas y privadas y entes gubernamentales, los cuales podrían direccionar sus políticas y acciones en pos de fortalecer aquellos puntos detectados como importantes para mejorar la sustentabilidad de los NAF de Santa Cruz.

BIBLIOGRAFÍA

- BIRGI, J.A. 2018. La agricultura familiar en Santa Cruz y las frutas finas como alternativa productiva (Magister dissertation, Facultad de Agronomía y Agroindustria, Universidad Nacional de Santiago del Estero).
- FLORES, C.; SARANDÓN, S.; VICENTE, L. 2007. Evaluación de la sustentabilidad en sistemas hortícolas familiares del partido de La Plata, Argentina, a través del uso de indicadores. *Revista brasilera de agroecología*, (2), 264-267.
- HARLEM, G.; AGNELLI, S.; ABDULRAHMAN AL-ATHEL, S.; ABDULRAHMAN AL-ATHEL, S.; GONZALEZ CASANOVA, P.; CHIDZERO, B.; HAUFF, V.; LANG, I.; SHIJUN, M.; MARINO DO BOTERO, M.; SINGH, N.; NOGUEIRANETO, P.; OKITA, S.; RAMPHAL, S.; RUCKELSHAUS, W.; SAHNOUN, M.; SALIM, E.; SHAIB, B.; SOKOLOV, V.; STANOVNIK, J.; STRONG, M.; MACNEILL, J. 1987. Our common future (brundtland report). General Assembly of the United Nations. Noruega.
- IKERD, J.E. 1990. Agriculture's search for sustainability and profitability. *Journal of Soil and Water Conservation*, (45), 18-23.
- LINO, P.B. 2015. Estrategias de prevención de resistencias a insecticidas y fungicidas en la vid. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, (274), 20.
- LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. 2002. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological indicators*, (2), 135-148.
- MINISTERIO DE JUSTICIA Y DERECHOS HUMANOS. 2007. Información legislativa (InfoLeg). Resolución 255/2007 Anexo III. Argentina.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2014. Sustainability Assessment of Food and Agriculture Systems (SAFA). SAFA Guidelines Version 3.0. Italia.
- REQUESENS, E.; SILVA, L. 2011. Tendencias en el uso de la tierra y diversidad productiva en establecimientos agropecuarios del centro-sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Agriscientia*, (28), 1.
- SARANDÓN, S.J. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable* (20), 393-414.
- SARANDÓN, S.J.; ZULUAGA, M.S.; CIEZA, R.; JANJETIC, L.; NEGRETE, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología* (1), 19-28.

Primer aislamiento de *Leptospira borgpetersenii* de un feto de jabalí (*Sus scrofa*)

Brihuega, B.¹; Samartino, L.¹; Romero, G.¹; Auteri, C.¹; Martínez, M.¹; Grune Loffler, S.^{1,2}

RESUMEN

La leptospirosis es una zoonosis mundial y es endémica en muchos países. Esta enfermedad se mantiene en la naturaleza por la infección renal crónica de los animales portadores; los roedores y otros mamíferos pequeños son los reservorios más importantes. Además, otras fuentes importantes de infección para el humano son los animales domésticos, como el ganado y los perros. El jabalí (*Sus scrofa*) es una especie introducida de Europa que está muy extendida en América y particularmente en el centro y sur de Argentina. Esta especie es muy valorada por los cazadores de la región y su carne se consume con mayor frecuencia. En muchos países del mundo (Europa, EE. UU. y Australia) se han realizado estudios sobre seroprevalencia, la seroreactividad no significa que el jabalí manifieste síntomas clínicos de leptospirosis o que los jabalíes sean reservorios de este patógeno bacteriano. Sin embargo, estos animales han estado en contacto con leptospirosis en su entorno en el pasado. Este estudio tiene el objetivo de tipificar molecularmente la cepa aislada obtenida a partir de 4 fetos de jabalíes (*Sus scrofa*) provenientes de la Patagonia argentina. Se realizaron necropsias de los 4 fetos y se cultivaron muestras de riñones, hígado, bazo y pulmón en medios Fletcher y EMJH. Además, las muestras de hígado, bazo, pulmón y riñón de los fetos se procesaron y analizaron por inmunofluorescencia directa. Se utilizó el análisis de repeticiones en tándem de número variable de locus múltiple (MLVA) para caracterizar la cepa aislada. El perfil genético de la cepa de leptospirosis fue idéntica al perfil de *Leptospira borgpetersenii* serovar Castellonis Castellon 3 perteneciente al serogrupo Ballum. Hasta donde sabemos, este es el primer aislamiento de *Leptospira* spp. de un feto de jabalí.

Palabras clave: *Leptospira* spp., jabalí, genotipo, MLVA, Patagonia, Argentina.

ABSTRACT

Leptospirosis is a worldwide zoonosis and is endemic in many countries. This disease is maintained in nature by chronic renal infection of carrier animals, being rodents and other small mammals the most important reservoirs. Also, significant sources of human infection are domestic animals, such as livestock and dogs. The wild boar (Sus scrofa) is an introduced species from Europe which is widespread in America and particularly in the Center and South of Argentina. This species is highly valued by hunters in the region and their meat is consumed more often. In many countries of the world (Europe, USA and Australia) studies of seroprevalence have been carried out, the seroreactivity does not mean that the wild boar has clinical symptoms of leptospirosis or that wild boars are maintenance host of this pathogen. However, these animals have been in contact to leptospirosis in their environment in the past. This study has the objective to molecularly genotype the pathogenic Leptospira sp. isolated strain obtained from fetuses of wild boars from Patagonia Argentina. Four fetuses were aborted from a wild boar (Sus scrofa) in Patagonia, the southern region of Argentina. Necropsy was performed of the 4 fetuses and samples of kidneys, liver, spleen and lung were

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Patobiología, Laboratorio de Leptospirosis, Centro de referencia de la OIE, Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas (CICVyA), Hurlingham, Buenos Aires. Correo electrónico: brihuega.bibiana@inta.gob.ar

²CONICET, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: grune.sylvia@inta.gob.ar

cultivated in Fletcher and EMJH mediums. Also, samples of liver, spleen, lung and kidney of fetuses were processed and analyzed by direct immunofluorescence. Multiple Locus Variable number tandem repeats Analysis (MLVA) was used to characterize the isolated strain. The genetic profile of the isolated pathogenic *Leptospira* sp. strain was identical to the profile of *Leptospira borgpetersenii* serovar Castellonis Castellon 3, serogroup Ballum. To the best of our knowledge this is the first isolation of *Leptospira* spp. from a wild boar fetus.

Keywords: *Leptospira* spp., wild boar, genotype, MLVA, Patagonia, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La leptospirosis es la enfermedad zoonótica más extendida en el mundo. Es causada por una bacteria perteneciente al orden de las espiroquetas. Las cepas patógenas del género *Leptospira* spp. encuentran su nicho ideal para la transmisión en regiones subtropicales y tropicales. No hay datos disponibles sobre la incidencia de leptospirosis en varios países y, además, la enfermedad con frecuencia es subdiagnosticada y subnotificada, en consecuencia es considerada una enfermedad descuidada severamente (Hartskeerl *et al.*, 2011). Las cepas patógenas de leptospira infectan principalmente a los mamíferos, pero también se pueden encontrar en reptiles y anfibios (Levett, 2001, Adler y Peña, 2010). Esta zoonosis se mantiene en la naturaleza por la infección renal crónica de los animales portadores; los roedores y otros mamíferos pequeños son los reservorios más importantes. Además, fuentes importantes de infección humana son el ganado y los animales domésticos, como los perros. En Argentina, esta enfermedad es endémica y aún no se han implementado programas de control o prevención epidemiológica. Hasta la semana epidemiológica 51 del año 2019 se notificaron 2976 casos humanos al Ministerio de Salud Nacional en el país; la región del centro (Buenos Aires, CABA, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe) es la que cuenta con la mayor cantidad de casos notificados (2019) (Ministerio de Salud Nacional, 2019).

Por un lado, en Ellis *et al.* (1986) se establecieron cerdos domésticos como anfitriones de mantenimiento para el serogrupo Australis y en Jansen *et al.* (2007) para el serogrupo Pomona. Por otro lado, los jabalíes se clasifican como hospedadores accidentales para el serovar Grippothyphosa en Tremil *et al.* (2003) y en Jansen *et al.* (2007) para el serogrupo Pomona y Bratislava. Slavica *et al.* (2010) realizaron un estudio serológico en jabalíes en Croacia utilizando MAT, en este estudio los serovares más frecuentes fueron Australis (33,3%), Pomona (21,8%) y Tarassovi (14,3%) de un total de 351 muestras de suero, el título más alto obtenido fue 1/3200 para serovar Pomona. En un estudio serológico reciente de jabalíes (*Sus scrofa*) en Polonia (Zmudzki *et al.*, 2016) analizaron 3621 muestras de sangre de jabalíes en busca de *Leptospira* spp. serovars/serogroup: Icterohaemorrhagiae, Grippothyphosa, Sejore, Tarassovi, Pomona, Canicola, Bratislava, Autumnalis, Hardjo y Ballum. El serogrupo Ballum no dio títulos en las muestras de suero analizadas. Los serovares Pomona y Sejore se informan como los más comunes en cerdos domésticos en Polonia; sin embargo, (Zmudzki *et al.*, 2016) estos serovares fueron poco frecuentes. En el mismo estudio se menciona el aumento de la población de jabalíes de vida libre en Europa en las zonas urbanas y suburbanas, y la amenaza de una posible diseminación de cepas patógenas de leptospirosis es preocupante. La necesidad de controlar la población también constituye un

riesgo para los cazadores de infectarse con *Leptospira* spp. (Richard *et al.*, 2015; Jensen *et al.*, 2007).

Además, la expansión geográfica de los humanos hacia áreas no urbanizadas está causando que los animales silvestres tengan que vivir en las cercanías de los habitantes de estos pueblos y ciudades. En el 2006, relacionaron un caso humano de leptospirosis en Berlín con la posible infección por agua dulce contaminada con orina de jabalí (Jansen *et al.*, 2006). En una revisión de los jabalíes como fuentes de infecciones en humanos y ganado (Meng *et al.*, 2009), solo se enumeran tres estudios de seroreactividad positiva: Alemania (Jansen *et al.*, 2007), California (EE. UU.) (Clark *et al.*, 1983) e Italia (Ebani *et al.*, 2003). En Jansen *et al.* (2007) las muestras de suero de jabalíes de las zonas urbanas de Berlín fueron analizadas por MAT, los serovares Pomona y Bratislava fueron los más frecuentes, estos resultados y la demostración de que se encontraron leptospirosis utilizando la tinción de plata en muestras de riñón de jabalíes indicaron que estos animales son animales de mantenimiento (reservorios) también en áreas urbanas. En Eslovenia (Vengust *et al.*, 2003) en un estudio de seroprevalencia de *Leptospira* spp. en 437 muestras de suero de jabalí se encontró que la prevalencia de anticuerpos de este estudio fue mayor (45,5%) que la prevalencia determinada en estudios previos: Italia (6%; Ebani *et al.*, 2003), República Checa (16,9%; Tremil *et al.*, 2003), Alemania (24%; Schönberg *et al.*, 1999), Polonia (25,2%; Krawczyk, 2000), Croacia (26%; Cvetnic *et al.*, 2003), Austria (30%; Deutz *et al.*, 2002) y Australia (20%; Mason *et al.*, 1998).

En Sudamérica no se han realizado muchos estudios de seroprevalencia en jabalí, sin embargo, en Brasil (2011) se realizó un estudio serológico con MAT en una población cautiva de jabalíes para consumo humano. En este estudio, 63 animales fueron positivos a *Leptospira* spp., los serovares mejor representados fueron: Hardjo, Copenhageni y Pomona (Fornazari *et al.*, 2011).

Hasta donde sabemos, este es el primer aislamiento de *L. borgpetersenii* de fetos de jabalíes (*Sus scrofa*). Existen muchos estudios sobre prevalencia en jabalíes a nivel mundial, sin embargo, aparentemente no existen estudios sobre aislamientos de cepas patógenas en este grupo animal. El objetivo de este trabajo fue aislar y genotipificar la cepa aislada a partir de los fetos recibidos en el laboratorio de Leptospirosis, Centro de referencia de la OIE, perteneciente al Instituto de Patobiología del CICVyA, INTA Castelar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento de *Leptospira* spp.: se realizaron las necropsias de los 4 fetos, provenientes del parque nacional Nahuel Guapi (Patagonia), utilizando el protocolo descrito por Faine *et al.* (1999), y se cultivaron las muestras de riñones, hígado, bazo y pulmón en medios Fletcher y EMJH. Los cultivos se incubaron

a 28 °C hasta que se determinó el desarrollo, cada 15 días se observaron los cultivos bajo microscopía de campo oscuro.

Inmunofluorescencia: la tinción de inmunofluorescencia directa de las muestras de hígado, bazo, pulmón y riñón se realizó con un conjugado multivalente FA, LEP-FAC (Seasinglab, Argentina) específico para *Leptospira* spp.

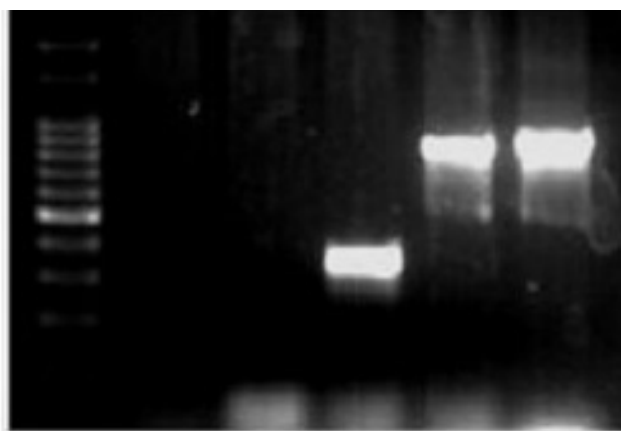
Caracterización molecular: las cepas de referencia y la cepa aislada se cultivaron en medios Fletcher (Laboratorios Difco) a 28 °C. Para las extracciones de ADN se usó el protocolo utilizado con la resina Chelex-100 (Bio Rad). Se usó el análisis de repeticiones en tándem de número variable de locus múltiples (MLVA) para caracterizar la cepa aislada con 1 conjunto de oligonucleótidos específicos para las cepas patógenas de *L. interrogans*, *L. kirschneri* y *L. borgpetersenii*, se usaron los siguientes loci: VNTRS: 4, 7, 10, Lb4 y Lb5 (Salaün *et al.*, 2006). El volumen final (50 µl) de cada mezcla de reacción contenía PCR Buffer (Tris-HCL 20 mM, pH 8.4; KCl 50 mM), desoxinucleósidos trifosfatos 200 µM, cada cebador correspondiente 2 µM, MgCl₂ 2 mM, ADN polimerasa Taq 1.25U (Invitrogen) y plantilla de ADN 5 µl. Las PCR se llevaron a cabo en un termociclador Thermo Scientific PxE 0,2 de la siguiente manera: 94 °C durante 5 minutos, seguido de 35 ciclos de desnaturalización a 94 °C durante 30 segundos, recocido a 55 °C durante 30 segundos y extensión a 72 °C durante 90 segundos, con un ciclo final a 72 °C durante 10min. Las muestras amplificadas (15 µl) se revelaron mediante electroforesis en un gel de agarosa al 2% en tampón TAE (Tris-acetato 40 mM, EDTA 1 mM) con 0,2 µg/ml de bromuro de etidio a 100 V durante 50 minutos. Las bandas de ADN amplificadas se visualizaron tras la exposición a la luz UV (transiluminador Uvi Tec BTS-20.M). Los tamaños de amplicón se estimaron usando CienMarker (Biodynamics) y el programa GelAnalyzer 2010a. Para calcular el número de copias repetidas se utilizó la siguiente fórmula: Número de repeticiones (pb) = [Tamaño de fragmento (pb) - Regiones de flanqueo (pb)] / Tamaño de repetición (pb). Los números de copia repetidos se redondearon a los números enteros más cercanos. Si el número de copia era menor que uno, se redondeó a un cero.

RESULTADOS

La inmunofluorescencia directa fue positiva en el hígado, el bazo y el riñón de los fetos. Se aisló una cepa de *Leptospira* spp. de riñones e hígado en medio Fletcher después de 47 días de incubación a 28 °C. El genotipo del aislamiento determinado por MLVA, coincide con el perfil genético de *Leptospira borgpetersenii* serovar Castellonis Castellon 3 (-, -, 1,4,6) del serogrupo Ballum (figura 1).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Hasta donde sabemos, esta es la primera cepa de *Leptospira borgpetersenii* aislada de jabalíes en América del Sur obtenida de fetos abortados (figuras 2 y 3). Este hallazgo sugiere que los jabalíes son susceptibles a *L. borgpetersenii* serovar Castellonis Castellon 3 del serogrupo Ballum. Este genotipo se caracterizó previamente en poblaciones de ratones en Argentina (Grune *et al.*, 2013). La misma especie *L. borgpetersenii* se aisló en muestras de agua en un río urbano en Argentina (Francoise *et al.*, 2013) y se aisló en casos clínicos de animales domésticos (Grune *et al.*, 2016) y humanos (Goncalves *et al.*, 2010). Varios estudios sobre seroreactividad realizados en



VNTR	4	7	10	Lb4	Lb5
bp	0	0	377	751	808
Copies	-	-	1	4	6

Figura 1. Genotipificación MLVA.



Figura 2. Feto jabalí abortado.



Figura 3. Feto jabalí abortado.

poblaciones de jabalíes (Europa, EE. UU., y Australia) (Clark *et al.*, 1983; Deutz *et al.*, 2002; Ebani *et al.*, 2003; Fornazari *et al.*, 2011; Jansen *et al.*, 2007; Krawczyk *et al.*, 2000; Manson *et al.*, 1998; Meng *et al.*, 2009; Saliki *et al.*, 1998, Schönberg *et al.*, 1999; Slavica *et al.*, 2010; Tremi *et al.*, 2003; Vengust *et al.*, 2003; Zwdzki *et al.*, 2016) muestran la exposición en el medioambiente y nichos ecológicos donde viven las poblaciones de jabalíes a cepas leptospiras patógenas. En este estudio se logró aislar una cepa a partir de un feto abortado de *Sus scrofa*, genotificada molecularmente empleando MLVA, demostrando la importancia que presentan los animales silvestres en la diseminación de cepas patógenas al medioambiente. Este hallazgo también refleja la posibilidad de infección en jabalíes, ya que la cepa fue aislada en fetos, sin embargo, no se encontraron restos de la madre en el lugar. Es importante profundizar estudios epidemiológicos no solo en jabalíes, sino también en otros animales silvestres y en el medioambiente, para poder conocer la casuística actual presente en el país y así poder tomar medidas de prevención en las zonas de mayor riesgo de contagio.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Proyecto Nacional INTA, AESA 202821.

BIBLIOGRAFÍA

- ADLER, B.; PEÑA MOCTEZUMA, A. 2010. *Leptospira* and Leptospirosis. *Vet Microbiol* 27:287-96.
- CLARK, R.; JESSUP, D.A.; HIRD, D.; RUPPANNER, R.; MEYER, M.E. 1983. Serologic survey of California wild hogs for antibodies against selected zoonotic disease agents. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 183:1248-1251.
- CVETNIC, Z.; MARGALETIC, J.; TONCIC, J.; TURK, N.; MILAS, Z.; SPICIC, S.; LOJKIC, M.; TERZIC, S.; JEMERSIC, L.; HUMSKI, A.; MITAK, M.; HABRUN, B.; KRT, B. 2003. A serological survey and isolation of leptospire from small rodents and wild boars in the Republic of Croatia. *Vet Med Czech* 11:321-329.
- DEUTZ, A.; FUCHS, K.; SCHULLER, W.; MÜLLER, M.; KERBL, U.; KLEMENT, C. 2002. Studies on the seroprevalence of antibodies against *Leptospira interrogans* in hunters and wild boar from south-eastern Austria. *Z Jagdwiss* 48:60-65.
- DIRECCIÓN NACIONAL DE EPIDEMIOLOGÍA Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE SALUD. 2019. Boletín Integrado de Vigilancia N.º 478 SE 51/2019. Ministerio de Salud de Argentina. 89 p.
- EBANI, V.V.; CERRI, D.; POLI, A.; ANDREANI, E. 2003. Prevalence of *Leptospira* and *Brucella* antibodies in wild boars (*Sus scrofa*) in Tuscany, Italy. *J. Wildl. Dis.* 39, 718-722.
- FAINE, S, ADLER B, BOLIN C, PEROLAT P. 1999. Leptospire and leptospirosis. MediSci; Melbourne, Australia. 272.
- FORNAZARI, F.; CAMOSSO, L.G.; SILVA, R.C.; GUAZZELLI, A.; RIBEIRO, M.G.; CHIACCHIO, S.B.; LANGONI, H. 2011. Leptospiral antibodies in wild boars (*Sus scrofa*) bred in Brazil. *J. Venom. Anim. Toxins incl. Trop. Dis* vol. 17 n.º 1 Botucatu. 94-97.
- FRANÇOIS, S.; BRIHUEGA, B.; GRUNE, S.; GATTARELLO, V.; CORREA, D.; PETRAKOVSKY, J.; GUALTIERI, C.; ARESTEGUI, M. 2013. Aislamiento de *Leptospira borgpetersenii* de fuentes de agua en Argentina. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. N.º 2.
- GRUNE LOFFLER, S.; SAMARTINO, L.; BRIHUEGA, B. 2016. Insights into genetic distances of isolated strains of pathogenic *Leptospira* spp. from humans, animals and environment using Multiple Locus Variable-number tandem repeat Analysis (MLVA) genotypes. IPJZDPH-16-1943. *Journal of Zoonotic Diseases and Public Health*. In press.
- GRUNE LOFFLER, S.; PAVAN, M.E.; VANASCO, B.; SAMARTINO, L.; SUAREZ, O.; AUTERI, C.; ROMERO, G.; BRIHUEGA, B. 2014. Genotypes of pathogenic *Leptospira* spp. isolated from rodents in Argentina. *Mem Inst Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro* 2014: 1-5.
- GONCALVES, A.; PAIVA, C.; MELO-MOTA, F.; VIEIRA, M.L.; CARREIRA, T.; NUNES, M.; MOTA-VIEIRA, L.; AHMED, A.; HARTSKEERL, R.; HYDE, K.; COLLARES-PEREIRA, M. 2010. First isolation of human *Leptospira* strains, azores, Portugal. *International Journal of Infectious Diseases*. 14(3):148-153.
- HARTSKEERL, R.A.; COLLARES-PEREIRA, M.; ELLIS, W.A. 2011. Emergence, control and re-emerging leptospirosis: dynamics of infection in the changing world. *Clin Microbiol Infect* 17, 494-501.
- JANSEN, A.; NÖCKLER, K.; SCHÖNBERG, A.; LUGE, E.; EHLERT, D.; SCHNEIDER, T. 2006. Wild boars as possible source of hemorrhagic leptospirosis in Berlin, Germany. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 25:544-6.
- JANSEN, A.; LUGE, E.; GUERRA, B.; WITTSCHEIN, P.; GRUBER, A.D.; LODDENKEMPER, C.; SCHNEIDER, T.; LIERZ, M.; EHLERT, D.; APPEL, B.; STARK, K.; NÖCKLER, K. 2007. Leptospirosis in Urban Wild Boars, Berlin, Germany. *Emerging Infectious Diseases*. 13(5): 739-742.
- JORGE, S.; HARTLEBEN, C.P.; SEIXAS, F.K.; COIMBRA, M.A.; STARK, C.B.; LARRONDO, A.G.; AMARAL, M.G.; ALBANO, A.P.; MINELLO, L.F.; DELLAGOSTIN, O.A.; BROD, C.S. 2012. *Leptospira borgpetersenii* from free-living white-eared opossum (*Didelphis albiventris*): first isolation in Brazil. *Acta Trop.* 124(2):147-51.
- KRAWCZYK, M. 2000. Serological studies on leptospirosis in wild boar. *Med Weter* 56:440-443.
- LEVETT, P.N. 2001. Leptospirosis. *Clin Microbiol Rev*, 14:296-326.
- MASON, R.J.; FLEMING, P.J.; SMYTHE, L.D.; DOHNT, M.F.; NORRIS, M.A.; SYMONDS, M.L. 1998. *Leptospira interrogans* antibodies in feral pigs from New South Wales. *J Wildlife Dis* 34:738-743.
- MENG, X.J.; LINDSAY, D.S.; SRIRANGANATHAN, N. 2009. Wild boars as sources for infectious diseases in livestock and humans. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 364:2697-2707. Doi: 10.1098/rstb.2009.0086
- RICHARD, S.; OPLIGER, A. 2015. Zoonotic occupational diseases in forestry workers—*Lyme borreliosis*, tularemia and leptospirosis in Europe. 2015. *Ann Agric Environ Med*. 22:43-50.
- ROSSETTI, C.; BRIHUEGA, B.; AUTERI, C.; ROMERO, G. 2002. Leptospirosis porcina en la República Argentina: Encuesta serológica y primera comunicación del aislamiento de una cepa de *Leptospira interrogans* (sg. Icterohaemorrhagiae) de una cerda abortada. *Rev Vet. Arg.* 17 (168):578-582.
- SALAÜN, L.; MÉRIEN, F.; GURIANOVA, S.; BARANTON, G.; PICARDEAU, M. 2006. Application of Multilocus Variable-Number Tandem-Repeat Analysis for Molecular Typing of the Agent of Leptospirosis. *J Clin Microbiol*, 44, 3954-3962.
- SALIKI, J.T.; RODGERS, S.J.; ESKEW, G. 1998. Serosurvey of selected viral and bacterial diseases in wild swine from Oklahoma. *J Wildlife Dis* 34:834-838.
- SCHÖNBERG, A.; LUTZ, W.; KAMPE, U. 1999. Investigation of serum samples of wild boar (*Sus scrofa* L-1758) for Leptospirosis. 1999. *Z Jagdwiss* 45:262-265.
- SLAVICA, A.; CVTNIC, Z.; KONJEVIC, D.; JANICKI, Z.; SEVERIN, K.; DEZDEK, D.; STARESINA, V.; SINDICIC, M.; ANTIC, J. 2010. Detection of *Leptospira* spp. serovars in wild boars (*Sus scrofa*) from continental Croatia. *Veterinarski Archiv* 80 (2), 247-257.
- TREML, F.; PIKULA, J.; HOLESOVSKA, Z. 2003. Prevalence of antibodies against leptospire in the wild boar (*Sus scrofa* L., 1758). *Vet Med Czech* 48:66-70.
- VENGUST, G.; LINDTNER-KNIFIC, R.; ZELE, D.; BIDOVEC, A. 2008. *Leptospira* antibodies in wild boars (*Sus scrofa*) in Slovenia. *European Journal of Wildlife Research*. Volume 54, Issue 4, 749-752 pp.
29. ZMUDZKI, J.; JABLONSKI, A.; NOWAK, A.; ZEBEK, S.; ARENT, Z.; BOCIAN, L.; PEJSAK, Z. 2016. First overall report of *Leptospira* infections in wild boars in Poland. *Acta Vet. Scand* 58:3. DOI: 10.1186/s13028-016-0186-7

Efecto de pies clonales sobre el crecimiento y productividad en manzano cv Cripps Pink en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén

De Angelis, V.¹; Calvo, P.¹

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el comportamiento vegetativo y productivo de diferentes portainjertos clonales de manzano en la zona del Alto Valle de Río Negro y Neuquén se realizó un ensayo de cv. Cripps Pink con dos combinaciones de portainjertos: PI 80 y MM 111 con interinjerto de EM9. Los parámetros vegetativos y productivos evaluados fueron: Área seccional transversal de tronco (ASTT, cm²); Producción acumulada por hectárea (PA, t/ha); Eficiencia productiva acumulada (EPA, kg/cm²) y en la última temporada de evaluación se determinaron la densidad de frutos (DF; n.º frutos/cm² ASTT); la distribución de calibres de los frutos (DC) y el porcentaje del fruto con color de cobertura (CF). La combinación con el pie PI80 fue la menos vigorosa y tuvo mejor comportamiento productivo y coloración de los frutos. La combinación EM9/MM111 presenta valores productivos aceptables por lo que podría ser una alternativa interesante en aquellos lugares donde las condiciones del suelo no permiten el uso de portainjertos de bajo vigor.

Palabras clave: portainjerto, interinjerto, productividad, desarrollo vegetativo.

ABSTRACT

In order to evaluate the vegetative and productive development of different apple clonal rootstocks in the Alto Valle of Río Negro and Neuquén a trial with Cripps Pink cv. was planted with two rootstocks combinations: PI 80 and MM 111 with EM9 interstock. The vegetative and productive parameters evaluated were: trunk cross sectional area (ASTT, cm²); Cumulative yield per hectare (PA, tn/ha); Crop efficiency (EPA, kg/cm²) and in the last season the crop density (nº fruits/cm² ASTT), the fruit size distribution (DC) and the coverage color (CF). The combination with PI80 was the least vigorous and had better productivity and fruit colour development. The EM9/MM111 combination has an acceptable productive level, so it could be an interesting alternative under poor soils conditions do not allow the use of dwarfing rootstocks.

Keywords: rootstock, interstock, productivity, vegetative growth.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Alto Valle, Ruta 22 km 1190, (8332), Gral. Roca, Río Negro. Correo electrónico: deangelis.veronica@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

Los portainjertos clonales usados en la producción de manzana influyen en el vigor, la precocidad en la entrada en producción, la productividad, la adaptación a diferentes condiciones ambientales y la susceptibilidad a plagas y enfermedades (Webster, 1995; Marini y Fazio, 2018). La elección del portainjerto para utilizar depende de la variedad para injertar, el tipo de plantación para realizar, la composición de suelo, etc. Existe una amplia variedad de pies utilizados en manzana que pueden agruparse de acuerdo al vigor conferido, en vigorosos, semivigorosos y enanizantes. Como estrategia para el control del vigor en plantaciones de alta y mediana densidad puede recurrirse al uso de pies enanizantes o de un interinjerto o filtro de un pie enanizante sobre un pie vigoroso. El portainjerto clonal PI80 (Supporter 4) fue obtenido por el programa de mejoramiento de Dresden, Pillnitz, Alemania, y se caracteriza por ser semienanizante (50-60% respecto del pie Franco), promover una elevada productividad, no presentar problemas con pulgón lanígero y tolerancia a fitóftora (Fischer, 1997, 2001). El portainjerto MM 111 fue obtenido en forma conjunta por las estaciones East Mallin y el Instituto Jhon Innes en Merton (Inglaterra). Es un portainjerto de vigor medio a alto (aproximadamente un 70-80% del pie franco). Posee un buen sistema radicular. Induce una entrada en producción lenta y productividad media. Es resistente a pulgón lanígero y tolerante a fitóftora (Marini y Fazio, 2018). El interinjerto o filtro consiste en injertar una púa de un pie enanizante sobre un pie de base vigoroso o semivigoroso para conseguir un efecto conjunto. El resultado obtenido depende de las características de los pies utilizados, la longitud del interinjerto y las características de la variedad comercial para utilizar (Webster, 1995). Se han llevado a cabo numerosos estudios donde se demuestra la efectividad del uso de un interinjerto de un pie enanizante para controlar vigor y lograr una planta semivigorosa adaptada a condiciones de alta densidad mejorando de esta forma la entrada en producción y la productividad (Parry y Rogers, 1972; Vercaemmen, 2007; Di Vaio et al., 2009). Si la combinación se realiza con pies resistentes a pulgón lanígero, como el MM111, se cuenta con una ventaja adicional.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de dos combinaciones de portainjertos de manzano con el cv. Cripps Pink en las condiciones de cultivo del Alto Valle de Río Negro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó en una parcela de manzana cv. Cripps Pink injertada sobre los pies PI80 y MM111 con filtro de EM9 (EM9/MM111) ubicada en la Estación Experimental de INTA Alto Valle implantada en el año 2007. La plantación fue conducida en espaldera con un marco de plantación de 4x2 m con orientación este-oeste. El sistema de riego empleado fue por microaspersión. La poda, los tratamientos fitosanitarios y el manejo general del monte se realizaron de acuerdo a las recomendaciones técnicas para la zona. El momento de cosecha se determinó según los índices de madurez recomendados para la variedad (firmeza, sólidos solubles, acidez total, color e índice de degradación de almidón). Las evaluaciones se llevaron a cabo desde el año 2009 hasta el año 2018.

Como parámetro estimador del crecimiento vegetativo se determinó el área seccional transversal de tronco (ASTT) basada en la circunferencia del tronco que se midió durante la época

invernal de cada temporada. Para evaluar el comportamiento productivo se determinó la producción acumulada por hectárea (PA) considerando la cantidad de plantas recomendadas para cada combinación para la zona en sistemas de densidad media (1250 plantas con EM9/MM111 y 1666 plantas con PI80); la eficiencia productiva acumulada (EPA) calculada como la producción promedio acumulada en función del ASTT de la última temporada; y la densidad de frutos (DF) que se calculó según la cantidad de frutos por unidad (cm^2) de ASTT. En cuanto a la calidad de la producción se evaluó la distribución de calibres (DC) en función del diámetro de los frutos de la última temporada de evaluación y se determinó el porcentaje de la superficie del fruto con color de cobertura (CF) para lo cual se realizó una estimación visual del porcentaje de cobertura de las caras expuesta y no expuesta (el porcentaje informado corresponde al promedio de ambas determinaciones).

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado. Se trabajó con parcelas de cinco plantas con seis repeticiones. Las evaluaciones y mediciones se efectuaron sobre dos plantas centrales de la parcela.

Para el análisis estadístico de las variables respuesta se utilizó el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2008). Bajo el marco de los modelos lineales generales se probaron diferencias entre los promedios de las variables de interés, ajustándose un análisis de la varianza de una vía estableciendo un nivel de significación del 5% ($\alpha=0,05$). El testeo de los supuestos se realizó mediante las pruebas paramétricas de Shapiro-Wilk (modificado) para la normalidad y la prueba de Levene para la homogeneidad de varianzas.

Se presenta un análisis descriptivo de las variables ASTT. Las variables PA, EPA, DF y CF fueron analizados mediante un análisis de la varianza de una vía. Las diferencias significativas encontradas entre los tratamientos se testearon mediante las pruebas de LSD Fisher. Mediante un análisis de correspondencias simple y tablas de contingencia se analizó la DC para determinar la dependencia de la variable con los tratamientos y luego se complementó con un análisis descriptivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ha sido demostrado que plantas con mayor vigor poseen troncos con mayor ASTT (Sadowski, 2004; Russo et al., 2007; Tabakov et al., 2016). La combinación con EM9/MM111 fue la más vigorosa y presentó la mayor ASTT a lo largo del tiempo (figura 1).

La combinación con PI80 presentó mayor PA (figura 2) y una EPA aproximadamente un 50% más que la combinación con EM9/MM111 (tabla 1). Este resultado coincide con numerosos autores que han demostrado en diferentes combinaciones variedad-portainjerto que la eficiencia productiva y la eficiencia productiva acumulada aumentan a medida que disminuye el vigor de las plantas (Barrit et al., 1997a; Forshey y Elfving, 1989; Gjamovski y Kiprijanovski, 2011; Autio et al., 2013; Tabakov et al., 2016).

En cuanto a la distribución de calibres, los resultados observados fueron variables a lo largo de todo el estudio. Varios autores observaron que generalmente el tamaño de los frutos está más relacionado con la carga frutal y otros factores de manejo que con el portainjerto utilizado (Al-Hinai y Roper, 2004; Wunsch y Ferguson, 2005; Marini y Fazio, 2018). Cuando se analiza la distribución de la última temporada (2017-2018) (figura 3) se observa que la combinación con PI80 presentó una mayor proporción de fruta de calibres chicos. Probablemente esto se

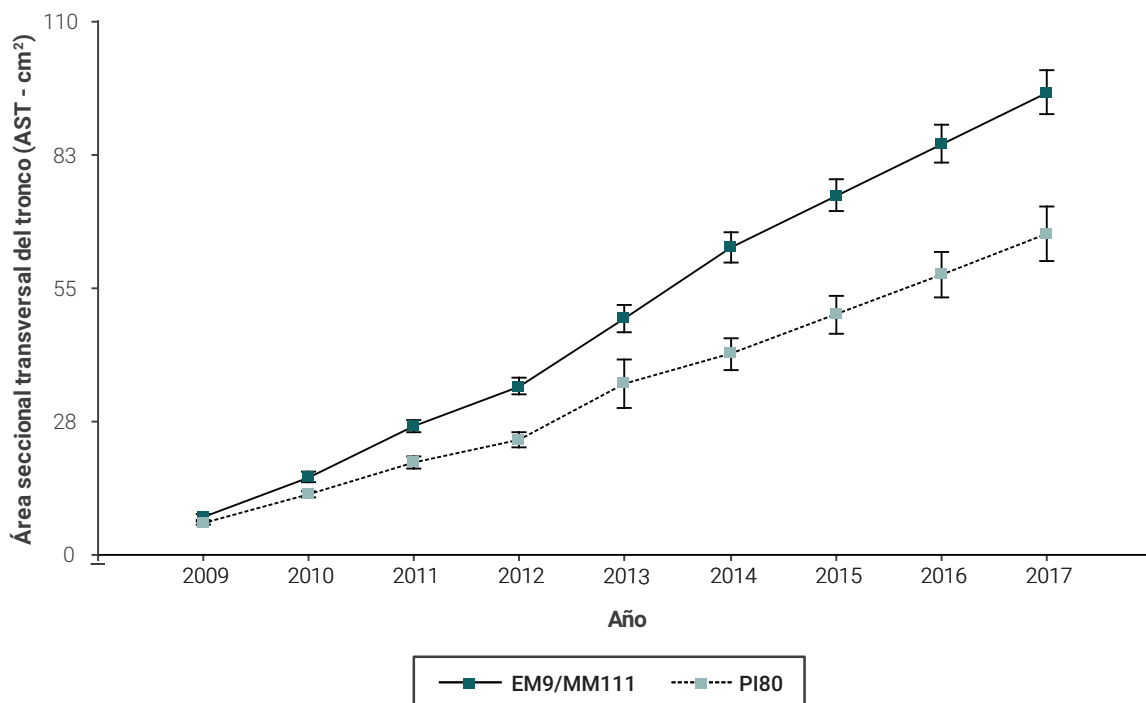


Figura 1. Área seccional transversal del tronco (ASTT, cm²) para los tratamientos evaluados desde el año 2009 al año 2017.

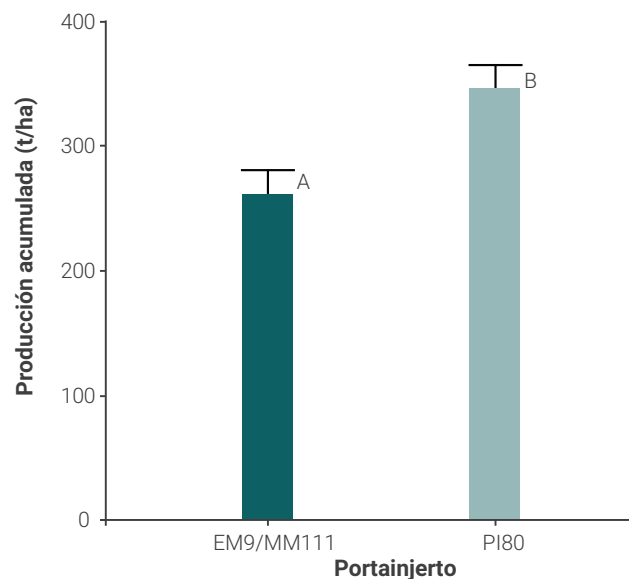


Figura 2. Producción acumulada (PA, t/ha) para los tratamientos evaluados de 2009 a 2018. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Portainjerto	Eficiencia productiva acumulada	Frutos (n.º/cm²)
PI80	3,2 ± 0,1 b	4,55 ± 0,35 a
EM9/MM111	2,2 ± 0,1 a	3,06 ± 0,35 b
p-valor	<0,0001	<0,0001
Significancia	***	**

Tabla 1. Eficiencia productiva acumulada (EPA, kg/cm²) de las temporadas 2010 a 2018 y densidad de frutos (n.º frutos/cm² ASTT) de la temporada 2018 de las combinaciones evaluadas. Letras distintas en la columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Portainjerto	Cobertura (%)
PI80	86,17 ± 0,95 b
MM111/EM9	75,49 ± 1,8 a
p-valor	<0,0001
Significancia	***

Tabla 2. Porcentaje del fruto con color de cobertura (CF) de las diferentes combinaciones evaluadas en la temporada 2018. Letras distintas en la columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

deba a la excesiva carga frutal en esta temporada demostrada por la mayor cantidad de frutos/cm² (tabla 1) lo que influye negativamente en su tamaño (Forshey y Elfving, 1989; Palmer, 1997; Wunsche y Ferguson, 2005; Wright *et al.*, 2006; Embree *et al.*, 2007). Con respecto al color de frutos, la combinación con PI80 tuvo frutos con mayor porcentaje de cobertura (tabla 2) probablemente asociado al menor vigor de las plantas (Barrit *et al.*, 1997b) lo que permite tener una mejor intercepción y

distribución de luz en la canopia que favorece el desarrollo de color (Arakawa *et al.*, 1985; Saure, 1990; Lancaster y Dougall, 1992; Ubi *et al.*, 2006).

CONCLUSIÓN

En las condiciones del presente ensayo la combinación con PI80 fue menos vigorosa y presentó mejor comportamiento pro-

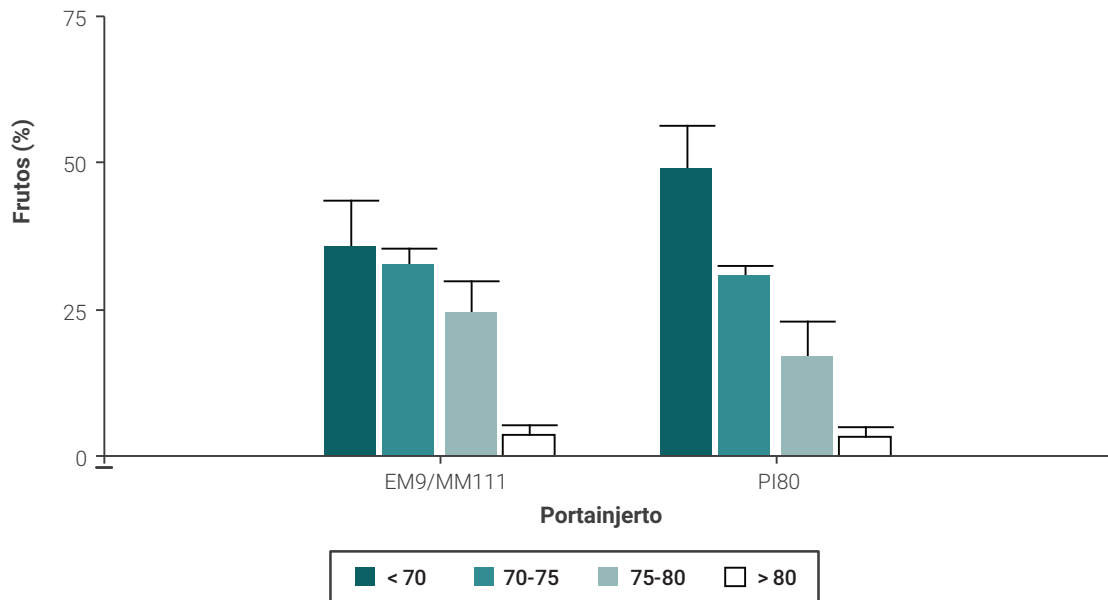


Figura 3. Distribución de calibres de los frutos (DC) de la temporada 2018 para los tratamientos evaluados.

ductivo respecto de la combinación con EM9/MM111. En cuanto a la calidad de fruta, si bien la combinación con PI80 presentó mejor coloración de los frutos, se debe ajustar la carga frutal para que no se vea afectado el calibre de los frutos. Este portainjerto resulta adecuado para plantaciones de densidad media. La combinación con EM9/MM111 presentó valores productivos aceptables por lo que podría ser una alternativa para considerar en aquellos lugares donde las condiciones de suelo no permiten el uso de portainjertos de bajo vigor. Ambos pies cuentan con la ventaja de ser resistentes a pulgón lanígero siendo una opción adecuada para la producción de fruta orgánica en sistemas de media-alta densidad para distintas condiciones edáficas.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-HINAI, R.T.; ROPER, Y.K. 2004. Rootstock Effects on Growth and Quality of 'Gala' Apples. *HortScience* 39(6): 1231-1233.
- ARAKAWA, O.; HORI, Y.P.; OGATA, R. 1985. Relative effectiveness and interaction of UVB, red and blue light in anthocyanin synthesis of apple fruit. *Physiol. Plant.* 64: 323-327.
- AUTIO, W.; ROBINSON, T.; ARCHBOLD, D.; COWGILL, W.; HAMPSON, C.; PARRA QUEZADA, R.; WOLFE, D. 2013. 'Gala' apple trees on Supporter 4, P.14, and different strains of B.9, M.9 and M.26 rootstocks: final 10 year report on the 2002 NC 140 rootstock trial. *J. Am. Pomol. Soc.* 67: 62-71.
- BARRIT, B.H.; KONISHI, B.S.; DILLEY, M.A. 1997a. Tree size, yield and biennial bearing relationships with 40 apple rootstocks and three scion cultivars. *Acta Hort.* 451: 105-112.
- BARRIT, B.H.; DRAKE, S.R.; KONISHI, B.S.; ROM, C.R. 1997b. Influence of sunlight level and rootstock on Apple fruit quality. *Acta Hort.* 451: 569-577.
- DI VAIO, C.; CIRILLO, C.; BUCCHERI, M.; LIMONGELLI, F. 2009. Effect of interstock (M.9 and M.27) on vegetative growth and yield of Apple trees (cv'Annurca'). *Sci. Hortic.* 119(3): 270-274.
- EMBREE, C.G.; MYRA, M.T.D.; NICHOLS, D.S.; WRIGHT, H. 2007. Effect of Blossom Density and Crop Load on Growth, Fruit Quality, and Return Bloom in 'Honeycrisp' Apple. *HortScience* 42(7):1622-1625.
- FISCHER, M. 1997. Pillnitzer supporter 4 (Pi 80) – A semi-dwarf Apple rootstock from Dresden-Pillnitz. *Acta Hort.* 451: 99-103.
- FISCHER, M. 2001. New dwarfing and semidwarfing Pillnitz Apple and pear rootstocks. *Acta Hort.* 557: 55-61.
- FORSHEY, C.; ELFVING, D. 1989. The relationship between vegetative growth and fruiting in apple trees. *Hortic. Rev.* 11: 229-287.
- GJAMOVSKI, V.; KIPRIJANOVSKI, M. 2011. Influence of nine dwarfing Apple rootstocks on vigour and productivity of Apple cultivar 'Granny Smith'. *Sci. Hortic.* 129: 742-746.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALES, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2008. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (Disponible: <http://www.infostat.com.ar> verificado: marzo de 2020).
- LANCASTER, J.E.; DOUGALL, K. 1992. Regulation of skin color in apples. *CRC Cr. Rev. Plant Sci.* 10 (6): 487-502.
- MARINI, R.P.; FAZIO, G. 2018. Apple rootstocks: History, physiology, management, and breeding. *Hort. Rev.* 45: 197-312.
- PALMER, J.W.; GIULIANI, R.; ADAMS, H.M. 1997. Effect of crop load on fruiting and leaf photosynthesis of 'Braeburn'/M.26 apple trees. *Tree Physiol.* 17(11): 741-746.
- PARRY, M.S.; ROGERS, W.S. 1972. Effects of interstock length and vigour on the field performance of Cox's Orange Pippin apples. *J. Hort. Sci.* 47: 97-105.
- RUSSO, N.L.; ROBINSON, T.L.; FAZIO, G.; ALDWINCKLE, H.S. 2007. Field evaluation of 64 apple rootstocks for orchard performance and fire blight resistance. *HortScience* 42(7): 1517-1525.
- SADOWSKI, A.; DZIUBAN, R.; JABLONSKI, K. 2004. Growth and cropping of three Apple cultivar son different rootstocks over a 7-year period. *Acta Hort.* 658: 257-263.
- SAURE, M.C. 1990. External control of anthocyanin formation in apple. *Sci. Hort.* 42: 181-218.
- TABAKOV, S.G.; YORDANOV, A.I.; KAYMAKANOV, P.V. 2016. Comparative study of Apple rootstocks 'M9-T337' and 'Supporter 4 Pi 80' with seven cultivars. *Acta Hort.* 1139:203-207.
- UBI, B.E.; HONDA, C.; BESSHO, H.; KONDO, S.; WADA, M.; KOBAYASHI, S.; MORIGUSHI, T. 2006. Expression of anthocyanin biosynthesis genes in apple skin: Effect of UV-B and temperature. *Plant Sci.* 170: 571-578.
- VERCAMMEN, J.; VAN DAELE, G.; GOMAND, A. 2007. Can fruit size and colouring of 'Jonagold' be improved by an Interstock? *Acta Hort.* 732: 165-170.
- WEBSTER, A.D. 1995. Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigour, precocity, and yield productivity. *New. Zeal. J. Crop Hort.* 23:373-382.
- WRIGHT, H.A.; EMBREE, C.G.; NICHOLS, D.S.; PRANGE, R.K.; HARRISON, P.A.; DELONG, J.M. 2006. Fruit mass, colour and yield of 'Honeycrisp'™ apples are influenced by manually-adjusted fruit population and tree form. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 81 (3) 397-401.
- WÜNSCHE, J.N.; FERGUSON, I.B. 2005. Crop load interactions in apple. *Hortic. Rev.* 31: 231-290.

Ecología de comunidades de malezas de arroz (*Oryza sativa* L.) como aporte hacia una agricultura sustentable

Lovato Echeverría, R.A.¹; Giménez, L.I.²; López, M.G.¹

RESUMEN

En este trabajo se analizan desde un enfoque ecológico comunidades de malezas y plantas indicadoras en sitios bajo cultivo de arroz a una escala regional en la provincia de Corrientes. Los sitios se sometieron a un procedimiento de clasificación jerárquica en función de la presencia-ausencia y la abundancia-dominancia de las especies. Se halló una correspondencia clara entre la tipología *a priori* de hábitats de los sitios y la tipología de la clasificación. La estructura de formas de vida de las comunidades demostró el predominio, en términos de frecuencia de especies, de plantas terrestres sobre palustres y acuáticas, y de perennes sobre anuales. Desde el punto de vista de las plantas indicadoras, especies como *Digitaria cilirias*, *Echinochloa colona* y *Stapfochloa elata* tuvieron una distribución preferente por hábitats de posiciones altas en el paisaje y de hidromorfismo moderado. Por el contrario, especies como *Juncus pallescens* y *Panicum dichotomiflorum* mostraron una mayor amplitud ecológica, con afinidad por posiciones topográficas de un rango más amplio, y tolerancia a condiciones de hidromorfismo acentuado y de alto contenido de aluminio en el suelo.

Los resultados de este estudio pueden proporcionar pautas para el desarrollo de estrategias de manejo ecológico de malezas, dirigidas a modificar los nichos ocupados por las malezas y someterlas a diferentes condiciones de estrés ambiental. También ponen de relieve la contribución de los humedales arroceros a la preservación de la diversidad vegetal regional.

Palabras clave: humedales, plantas indicadoras, formas de vida de plantas.

ABSTRACT

*This paper analyzes from an ecological approach weeds communities and indicator plants in rice crop sites at a regional scale in the province of Corrientes. Sites were subjected to a hierarchical classification procedure according to presence-absence and abundance-dominance of species. There was found a clear correspondence between a priori sites habitats typology and classification typology. The communities life forms structure showed the predominance, in terms of species frequency, of terrestrial plants over marsh and aquatic plants, and of perennials over annuals. From the indicator plants point of view, several species, such as *Digitaria cilirias*, *Echinochloa colona* and *Stapfochloa elata* had a preferential distribution by high landscape positions and moderately hydromorphic habitats. In contrast, species such as *Juncus pallescens* and *Panicum dichotomiflorum* showed a greater ecological amplitude, with affinity for a wider range of topographic positions, and tolerance to accentuated hydromorphism and high soil aluminum content.*

The results of this study can provide guidelines for the development of ecological management strategies of weeds, directed to modify occupied niches for weeds and subjecting them to different environmental stress conditions. They also highlight the contribution of rice wetlands to the preservation of regional plant diversity.

Keywords: wetlands, indicator plants, plant life forms.

¹Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Facultad de Ciencias Agrarias, Centro de Malezas. Sargento Juan Bautista Cabral 2121, Corrientes, Argentina. Correo electrónico: rafaagusto1980@gmail.com

²Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Facultad de Ciencias Agrarias, Sargento Juan Bautista Cabral 2121, Corrientes, Argentina.

INTRODUCCIÓN

El manejo de malezas basado en principios ecológicos es fundamental para alcanzar los objetivos de una agricultura sustentable dedicada a garantizar la seguridad alimentaria mundial y la seguridad ambiental (Bajwa, 2014).

Las malezas cumplen un rol importante en el mantenimiento de la biodiversidad en los campos agrícolas (Storkey, 2006). En el caso de los ecosistemas de cultivo de arroz irrigado se reúnen hábitats que albergan una rica composición de fauna y flora (Bambaradeniya *et al.*, 2004).

Para el monitoreo ambiental a largo plazo, orientado a la conservación o al manejo ecológico, resulta útil la evaluación de la presencia o abundancia de un pequeño conjunto de especies indicadoras como alternativa al muestreo de toda la comunidad. Las especies se eligen como indicadoras si: i) reflejan el estado biótico o abiótico del ambiente; ii) proporcionan pruebas de los efectos del impacto ambiental; o iii) predicen la diversidad de otras especies, taxones o comunidades dentro de un área (De Cáceres, 2013).

Los atributos y tipos funcionales de plantas son también conceptos útiles para predecir los cambios de los ecosistemas cuando los componentes se modifican o se pierden (Duckworth *et al.*, 2000). Dado que en los humedales las plantas representan ensamblajes de especies con diferentes adaptaciones, tolerancias ecológicas y estrategias de historia de vida, la composición de la comunidad vegetal puede reflejar la integridad biológica de estos ecosistemas (Fennesy *et al.*, 2002).

Entre los tipos funcionales sugeridos se incluyen formas de vida perennes, anuales, tolerantes a alteraciones hidrológicas y a elevados niveles de nutrientes, entre otros (Fennesy *et al.*, 2002).

Para Argentina existen antecedentes de relevamientos de malezas asociadas al cultivo de arroz (Ahumada, 1986; Sabatini *et al.*, 2001; Lovato Echeverría *et al.*, 2018), pero aún no se han realizado estudios estandarizados de plantas indicadoras de los ecosistemas arroceros locales.

En presente estudio se relevaron comunidades de malezas de arroz a una escala regional en la provincia de Corrientes. La aproximación comprendió el análisis de la composición florística, de la estructura de formas de vida, y de plantas indicadoras de los diferentes tipos de hábitats.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron censos de malezas desde 2010 hasta 2012 en las zonas arroceras "Centro-Sur" (CS) y "Malezales y Albardones del Miriñay" (MM) en el departamento Mercedes (Corrientes) (figura 1).

Las zonas comprenden un total de 554.000 ha representativas de unidades de paisaje definidas por la geomorfología, propiedades características de los suelos y la aptitud de uso agrícola de estos, entre otros criterios. La zona CS incluye lomas con 1 a 3% de pendiente general y planicies encharcables o anegables que no superan el 1% de pendiente. La zona MM se localizan en paisajes de extensas planicies con pendientes que no superan el 0,5% y con microrrelieves de lomos y surcos (malezales) (Ligier, 2008). El cultivo de arroz en ambas zonas se realiza bajo riego por inundación durante la mayor parte del ciclo vegetativo (Vara y Marín, 2008).

Se relevaron 50 sitios correspondientes a lotes bajo cultivo de arroz de 20 a 40 ha de superficie aproximadamente, seleccionados al azar en número de 25 en cada zona. Los lotes reunieron las siguientes condiciones (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974): 1) tamaño suficiente para contener las especies representativas de la comunidad de malezas (área mínima), 2) hábitat homogéneo, 3) cobertura homogénea. En cada lote se estableció una parcela censal de 100 m² (10 x10 m) (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), en la que se registró la abundancia-dominancia de las especies utilizando la escala combinada de Braun Blanquet (Braun Blanquet, 1979). Los censos se realizaron desde septiembre hasta noviembre, durante el período crítico de competencia de malezas del arroz, coincidente con la presencia de malezas de importancia para el cultivo. El muestreo se realizó sin repeticiones de sitios. Los análisis estadísticos de los sitios se realizaron sin discriminación por años.

De acuerdo a la posición de las yemas de crecimiento de la planta respecto al suelo se reconocieron las siguientes formas de vida de Raunkiaer (Ellenberg y Mueller-Dombois, 1966): caméfitas, geófitas, hemicriptófitas y terófitas. Se discriminaron además las formas de vida según el hábitat en terrestres, palustres y acuáticas (Arbo *et al.*, 2002; Tressens *et al.*, 2002). El origen de las especies se asignó según IBODA (2020).

Los sitios se clasificaron en grupos mediante un análisis de conglomerados jerárquico, en función de la presencia-ausencia y la abundancia-dominancia de las especies. Las especies presentes en menos del 5% del total de sitios se consideraron ocasionales, por lo que no se incluyeron en el análisis (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Se utilizó el algoritmo de enclavamiento completo y el índice de Podani (Podani, 1997) como medida de distancia.

La terminología y descripción de los hábitats se refirió a las unidades cartográficas de suelos a escala de paisaje descritas en el trabajo de Escobar *et al.* (1996), correspondientes a los sitios relevados.

Se calculó la frecuencia de cada forma de vida en los grupos de sitios seleccionados, computada como el número de presencias de la respectiva forma de vida en el total de sitios del

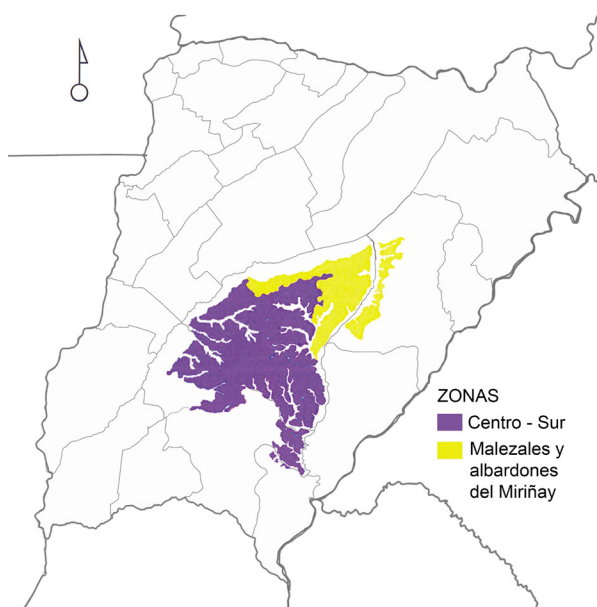


Figura 1. Mapa de las zonas arroceras Centro-Sur y Malezales y Albardones del Miriñay (Corrientes) (adaptado de Ligier, 2008).

grupo. Se obtuvieron tablas de contingencia entre las formas de vida y los grupos de sitios, a las que se aplicó un test de independencia para detectar cualquier relación entre ambas variables. La evaluación se realizó usando el test de chi-cuadrado (X^2) con un nivel de significancia (α) de 0,05.

Se hallaron las especies más frecuentemente asociadas a los grupos de sitios usando el índice de especies indicadoras IndVal (Dufrene y Legendre, 1997). El método combina información sobre la abundancia de las especies en un grupo particular, relativa a todos los grupos en estudio, y la frecuencia de la especie en ese grupo. Se consideraron como indicadoras aquellas especies con valor mayor a 25%. El cómputo se

realizó con los datos transformados a valores de presencia-ausencia. La significancia del valor indicador se determinó por un procedimiento de aleatorización de sitios a los niveles de probabilidad $P \leq 0.001$, $P \leq 0.01$, $P \leq 0.05$.

Para todos los análisis se utilizó el software R, versión 3.1.1 (R Core Team, 2014).

RESULTADOS

Se registraron 58 especies en el total de sitios relevados de las zonas CS y MM (tabla 1).

Especies	Familia	Formas de vida		Origen
		Raunkiaer	Hábitat	
<i>Acmella bellidoides</i> (Sm.) R. K. Jansen	Asteráceas	H	Te	N
<i>Acmella decumbens</i> (Sm.) R. K. Jansen	Asteráceas	H	Te	N
<i>Aeschynomene denticulata</i> Rudd	Fabáceas	Ch	Te	N
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	Amarantáceas	Ge	Ac	N
<i>Centunculus minimus</i> L.	Primuláceas	T	Te	E
<i>Chascolytrum poomorphum</i> (J. Presl) Essi, Longhi-Wagner & Souza-Chies	Poáceas	H	Te	N
<i>Chascolytrum subaristatum</i> (Lam.) Desv.	Poáceas	H	Te	N
<i>Chloris gayana</i> Kunth	Poáceas	H	Te	E
<i>Commelina diffusa</i> Burm.	Comelináceas	H	Te	N
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist var. <i>bonariensis</i>	Asteráceas	T	Te	N
<i>Cyperus brevifolius</i> (Rottb.) Hassk.	Ciperáceas	H	Pa	N
<i>Cyperus odoratus</i> L.	Ciperáceas	H	Pa	N
<i>Cyperus virens</i> Michx.	Ciperáceas	H	Pa	N
<i>Deyeuxia viridiflavescens</i> (Poir.) Kunth var. <i>montevidensis</i> (Nees) Cabrera y Rúgolo	Poáceas	H	Te	N
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	Poáceas	T	Te	N
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Poáceas	T	Te	E
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	Poáceas	T	Te	E
<i>Echinochloa crus-pavonis</i> (Kunth) Schult.	Poáceas	T	Te	E
<i>Echinochloa helodes</i> (Hack.) Parodi	Poáceas	Ge	Ac	N
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	Asteráceas	T	Te	N
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Poáceas	T	Te	E
<i>Eleusine tristachya</i> (Lam.) Lam.	Poáceas	H	Te	N
<i>Eragrostis lugens</i> Nees	Poáceas	H	Te	N
<i>Eriochloa punctata</i> (L.) Desv. Ex Ham.	Poáceas	H	Te	N
<i>Eryngium echinatum</i> Urb.	Apiáceas	H	Te	N
<i>Fimbristylis complanata</i> (Retz.) Link	Ciperáceas	H	Pa	N
<i>Fimbristylis spadicosa</i> (L.) Vahl	Ciperáceas	H	Pa	N
<i>Gamochoaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	Asteráceas	H	Te	N
<i>Gamochoaeta calviceps</i> (Fernald) Cabrera	Asteráceas	T	Te	N
<i>Gamochoaeta pennsylvanica</i> (Willd.) Cabrera	Asteráceas	H	Te	N
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (RudTe) nees	Poáceas	Ge	Pa	N
<i>Hypochoeris albiflora</i> (Kuntze) C. F. Azevêdo - Gonçalves & Matzenb.	Asteráceas	H	Te	N
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	Hypoxidáceas	Ge	Te	N
<i>Juncus microcephalus</i> Kunth	Juncáceas	H	Pa	N
<i>Juncus pallescens</i> Lam.	Juncáceas	H	Pa	N

Especies	Familia	Formas de vida		Origen
		Raunkiaer	Hábitat	
<i>Leersia hexandra</i> Sw.	Poáceas	Ge	Ac	N
<i>Leptochloa fusca</i> (L.) Kunth ssp. <i>uninervia</i> (J. Presl) N. W. Snow	Poáceas	H	Te	N
<i>Ludwigia bonariensis</i> (Micheli) H. Hara	Onagráceas	Ch	Pa	N
<i>Ludwigia neograndiflora</i> (Munz) H. Hara	Onagráceas	Ch	Pa	N
<i>Luziola peruviana</i> Juss. ex J. F. Gmel.	Poáceas	Ge	Ac	N
<i>Micropsis dasycarpa</i> (Griseb.) Beauverd	Asteráceas	T	Te	N
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	Poáceas	T	Te	N
<i>Paspalum acuminatum</i> Raddi	Poáceas	Ge	Pa	N
<i>Paspalum modestum</i> Mez.	Poáceas	H	Pa	N
<i>Paspalum wrightii</i> Hitchc. & Chase	Poáceas	Ge	Ac	N
<i>Piptochaetium montevidense</i> (Spreng.) Parodi	Poáceas	H	Te	N
<i>Polygonum hydropiperoides</i> Michx. var. <i>setaceum</i> (Balwind ex Elliot) Gleason	Poligonáceas	H	Pa	N
<i>Rhichardia stellaris</i> (Cham. & Schldt.) Steud.	Rubiáceas	H	Te	N
<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britton	Ciperáceas	H	Pa	N
<i>Rhynchospora scutellata</i> Griseb.	Ciperáceas	H	Pa	N
<i>Scoparia montevidensis</i> (Spreng.) R. E. Fr.	Plantagináceas	H	Te	N
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelen	Poáceas	H	Te	N
<i>Sisyrinchium micranthum</i> Cav.	Iridáceas	T	Te	N
<i>Sisyrinchium minus</i> EnTelm. & Gray ssp. <i>everrucosum</i> Ravenna	Iridáceas	T	Te	N
<i>Stapfochloa elata</i> (Desv.) P.M. Peterson	Poáceas	H	Te	N
<i>Steinchisma hians</i> (Elliot) Nash	Poáceas	H	Te	N
<i>Urochloa plantaginea</i> (Link) R. D. Webster	Poáceas	T	Te	E
<i>Urochloa plathyphylla</i> (Munro ex C. Wright) R. D. Webster	Poáceas	T	Te	E

Tabla 1. Lista de malezas de arroz relevadas en sitios de las zonas Centro-Sur y Malezales y Albardones del Miriñay (Corrientes) ordenadas alfabéticamente; origen (E: exótica, N: nativa); forma de vida según Raunkiaer (Ch: caméfitas, Ge: geófitas, H: hemicriptófitas, T: terófitas), forma de vida según el hábitat (Ac: acuáticas, Pa: palustres, Te: terrestres); y familia botánica (elaborada para la presente edición).

La proporción de malezas nativas (86%) fue mayor a la de exóticas (14%).

El espectro de formas de vida de Raunkier se compuso de hemicriptófitas (55%), terófitas (26%), geófitas (14%) y caméfitas (5%).

En el espectro de formas de vida según el hábitat la composición fue de terrestres (65%), palustres (26%) y acuáticas (9%). Estas últimas se encontraron en menos del 5% de los sitios por lo que no fueron incluidas en los análisis subsiguientes.

La clasificación de los sitios mostró una estructura jerárquica clara al nivel de partición de dos grupos, representados en el dendrograma por las letras A y B (figura 2).

El grupo A correspondió a 15 sitios de la zona CS. Este grupo comprendió sitios de posiciones en el paisaje de media loma a loma, con suelos de drenaje moderado a imperfecto, y acidez alta a moderada (pH 5,4 a 5,7 en el horizonte A). El grupo B correspondió a la totalidad de sitios de la zona MM y parte de los sitios de la zona CS. Este grupo, además de los hábitats característicos del grupo A, incluyó sitios ubicados en pie de loma a bajo, con suelos de drenaje imperfecto, fuertemente ácidos (pH 4,4 a 5 en el horizonte A) y alto contenido de aluminio (0,5-1,32 meq/100 g).

La independencia entre las formas de vida de Raunkiaer y los grupos de sitios fue aceptada (P-valor = 0.14). En ambos grupos, la abundancia de formas de vida perenne, resultante de la sumatoria de las frecuencias de geófitas, hemicriptófitas y caméfitas (72% y 77% en los grupos A y B respectivamente), fue mayor a la de terófitas (figura 3).

En el espectro de formas de vida según el hábitat se hallaron diferencias significativas de frecuencia entre grupos, por lo que se rechazó la hipótesis de independencia (P-valor = 0,01) (figura 4). En el grupo A (sitios moderadamente hidromórficos) fue evidente la mayor frecuencia de terrestres (174) (55%). En el grupo B (sitios de moderadamente a fuertemente hidromórficos) ocurrió la mayor frecuencia de palustres (111) (58%).

Los valores de plantas indicadoras en el grupo A fueron uniformes (tabla 2 y figura 5) siendo *Digitaria ciliaris* la especie de mayor valor (48%) e *Hymenachne amplexicaulis* la de menor valor (27%).

En el grupo B (tabla 2 y figura 6) se evidenció una marcada disparidad debida al alto valor indicador de *Juncus pallenscens* (87%), que contrastó notoriamente con los valores de las demás especies.

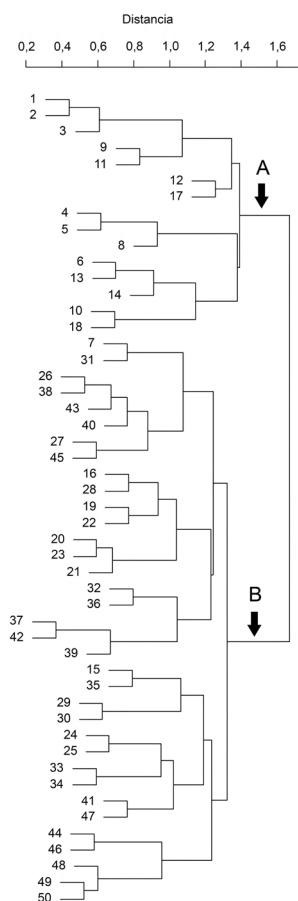


Figura 2. Clasificación jerárquica de los sitios relevados de las zonas Centro-Sur (números 1 al 25) y Malezales y Albardones del Miriñay (números 26 al 50) (Corrientes). Las letras indican los grupos de sitios A y B (elaborada para la presente edición).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La flora de una región es producto de los efectos del clima -en particular-, de la regulación de la disponibilidad de agua, de la carga anual de radiación solar y de sus interacciones con la topografía y la heterogeneidad del mosaico de suelos (Poggio, 2012). Los resultados de este estudio demostraron que la composición y estructura de las comunidades de malezas a una escala espacial regional fue controlada por factores ambientales geomorfológicos y edáficos.

Coincidentemente con lo documentado por Ahumada (1986) la riqueza de especies nativas fue mayor a la de exóticas.

La mayor representación en las comunidades de plantas perennes (hemicriptófitas y geófitas) que de anuales (terófitas) fue consistente con otros estudios similares de humedales naturales y seminaturales (Naqinezhad *et al.*, 2009).

No obstante la correlación positiva en las comunidades entre plantas terrestres y sitios moderadamente hidromórficos, y entre palustres y sitios fuertemente hidromórficos, el predominio de terrestres sobre las demás formas de vida demuestra que los ecosistemas arroceros pueden considerarse como humedales temporales (humedales telmáticos, en el sentido de Wheeler y Proctor, 2000).

Desde el punto de vista de las plantas indicadoras, varias especies, como *Digitaria cilirias*, *Echinochloa colona* y *Stapfochloa elata*, tuvieron una distribución preferente por hábitats de posiciones altas en el paisaje y moderadamente hidromórficos. Por el contrario, especies como *Juncus pallescens* y *Panicum dichotomiflorum* mostraron una mayor amplitud ecológica, con afinidad por posiciones topográficas de un rango más amplio, y tolerancia a condiciones de hidromorfismo acentuado y de alto contenido de aluminio en el suelo.

Los resultados de este estudio pueden proporcionar pautas para el desarrollo de estrategias de manejo ecológico de

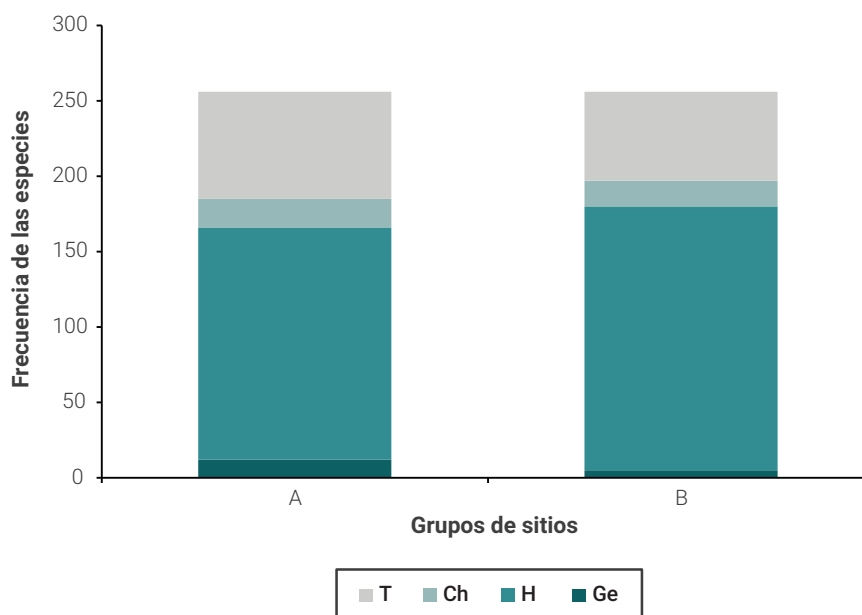


Figura 3. Espectro de formas de vida de Raunkiaer en los grupos de sitios de las zonas Centro-Sur y Malezales y Albardones del Miriñay (Corrientes) (Ch: caméfitas, Ge: geófitas, H: hemicriptófitas, T: terófitas) (elaborada para la presente edición).

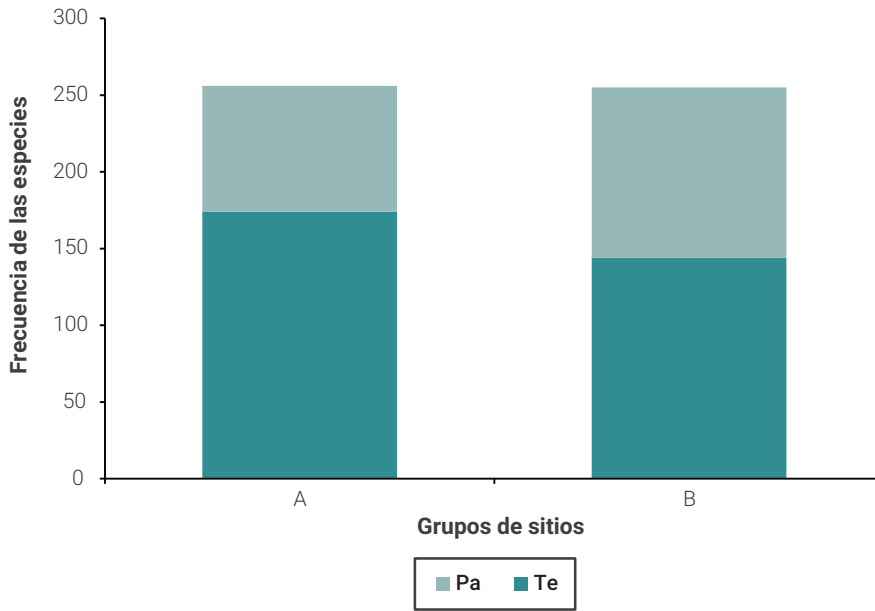


Figura 4. Espectro de formas de vida según el hábitat en los grupos de sitios de las zonas Centro-Sur y Malezales y Albardones del Miriñay (Corrientes) (Pa: palustres, Te: terrestres) (elaborada para la presente edición).

Grupo A	Grupo B
<i>Digitaria ciliaris</i> (48)**	<i>Juncus pallescens</i> (87)***
<i>Echinochloa colona</i> (46)**	<i>Panicum dichotomiflorum</i> (40)*
<i>Stapfochloa elata</i> (42)*	<i>Steinchisma hians</i> (26)*
<i>Eragrostis lugens</i> (42)*	<i>Chascolytrum poomorphum</i> (26)*
<i>Echinochloa crus-galli</i> (35)**	<i>Rhynchospora scutellata</i> (26)*
<i>Sisyrinchium micranthum</i> (34)*	<i>Acmella decumbens</i> (26)*
<i>Ludwigia bonariensis</i> (27)**	
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (27)**	

Tabla 2. Especies indicadoras de los grupos de sitios A y B de las zonas Centro-Sur y Malezales y Albardones del Miriñay (Corrientes). Códigos de niveles de significancia (α): 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1 (elaborada para la presente edición).

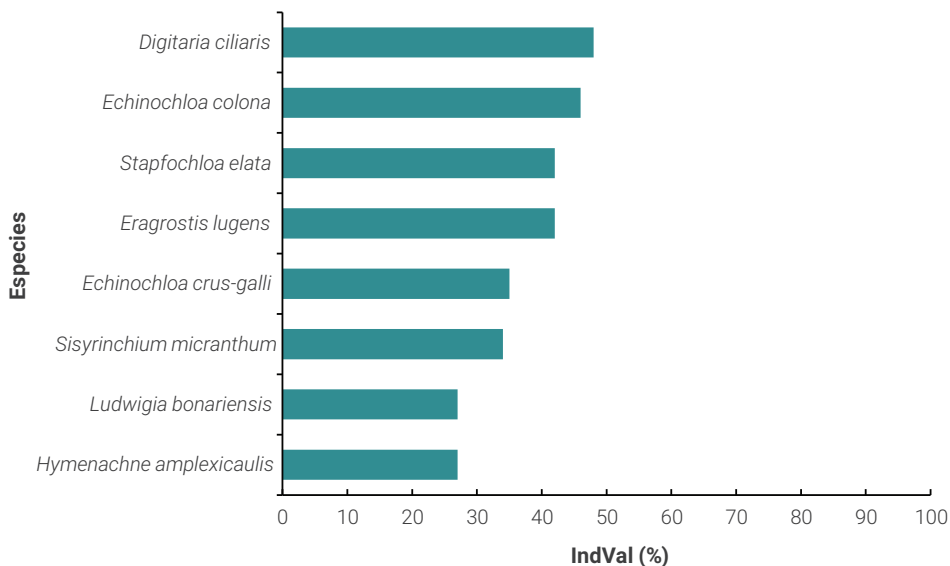


Figura 5. Valores de especies indicadoras para el grupo A de la clasificación de sitios de las zonas Centro-Sur y Malezales y Albardones del Miriñay (Corrientes) (elaborada para la presente edición).

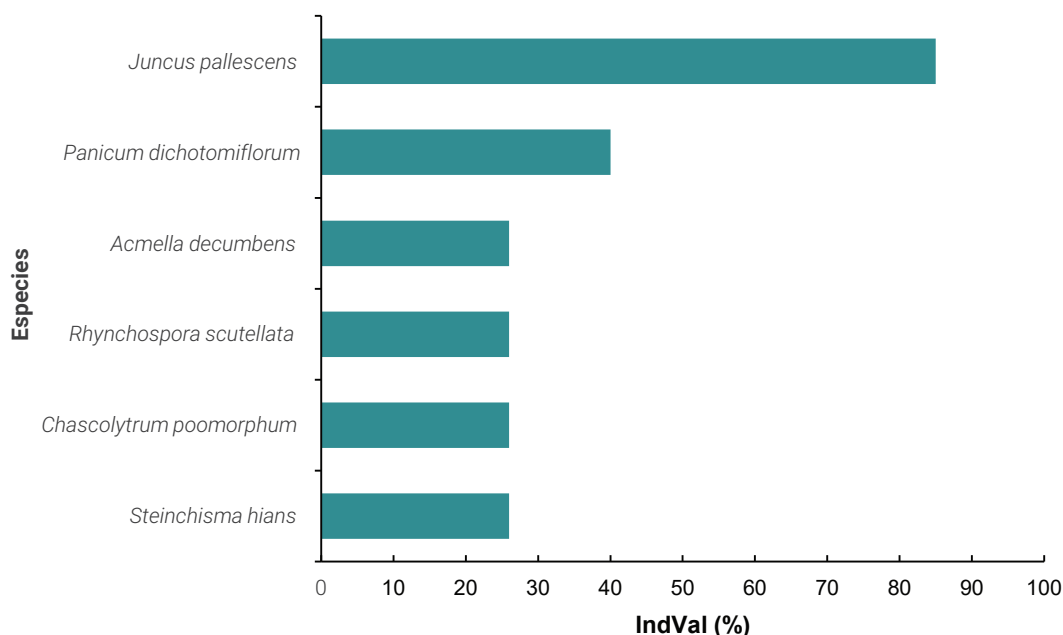


Figura 6. Valores de especies indicadoras para el grupo B de la clasificación de sitios de las zonas Centro-Sur y Malezales y Albardones del Miriñay (Corrientes) (elaborada para la presente edición).

malezas dirigidas a modificar los nichos ocupados por estas y someterlas a diferentes condiciones de estrés ambiental. También ponen de relieve la contribución de los humedales arroceros a la preservación de la diversidad vegetal regional.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó con la gestión de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste, el Instituto de Botánica del Nordeste UNNE-CONICET y la Asociación Correntina de Plantadores de Arroz.

BIBLIOGRAFÍA

- AHUMADA, H. 1986. Malezas del cultivo de arroz en la Provincia de Corrientes. *Gaceta Agronómica* 6 (33), 470-483.
- ARBO, M.M.; LÓPEZ, M.G.; SCHININI A.; PIEZCKO G. 2002. Las plantas hidrófilas. En: ARBO, M.M.; TRESSENS S.G. (eds.). *Flora del Iberá*. 9-110 pp.
- BAJWA, A.A. 2014. Sustainable weed management in conservation agriculture. *Crop protection* 65, 105-113.
- BAMBARADENIYA, C.N.B.; EDIRISINGHE, J.P.; DE SILVA, D.N.; GUNATILLEKE, C.V.S.; RANAWANA, K.B.; WIJEKON, S. 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka. *Biodiversity & Conservation* 13(9), 1715-1753.
- BRAUN BLANQUET, J. 1979. *Fitosociología*. Blume 3.a Edición. Madrid. 820 p.
- DE CÁCERES, M. 2013. How to use the indicpecies package (ver. 1.7. 1). *R Proj*, 29.
- DUCKWORTH, J.C.; KENT, M.; RAMSAY, P.M. 2000. Plant functional types: an alternative to taxonomic plant community description in biogeography? *Progress in Physical Geography* 24(4), 515-542.
- DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs* 67(3), 345-366.
- ELLENBERG, H.; MUELLER-DOMBOIS, D. 1966. A key to Raunkiaer plant life forms with re-revised subdivisions. *Ber. Geobot. Inst. ETH, Stift. Rübel* 37, 56-73.
- ESCOBAR, E.H.; LIGIER, H.D.; MELGAR, R.; MATTEIO, H.; VALLEJOS, O. 1996. Mapa de suelos de la provincia de Corrientes 1: 500.000. Convenio MAGIC-INTA. Recursos Naturales, EEA INTA Corrientes. 433 p.

FENNESSY, M.S.; GERNES, M.; MACK, J.; WARDROP, D.H. 2002. Using vegetation to assess environmental conditions in wetlands. *Methods for evaluating wetland condition*. US EPA Office of Water, Washington, 46.

IBODA. 2020. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. IBODA-ANCFN-CONICET. Buenos Aires, Argentina. (Disponible: <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm> verificado: 27 de marzo de 2019).

LIGIER, H.D. 2008. Zonas arroceras. Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para el cultivo de arroz en Corrientes Serie N.º 1. INTA-ACPA, Argentina. 9-13 pp.

LOVATO, R.A.; LÓPEZ, M.G.; LEGUIZAMÓN, E.S.; VANNI R.O. 2018. Guía para la identificación de malezas de cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en la provincia de Corrientes. Segunda edición: actualizada y ampliada. Consejo Federal de Inversiones (CFI). 228 pp.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons, Nueva York. 547 p.

NAQINEZHAD, A.; JALILI, A.; ATTAR, F.; GAHREMAN, A.; WHEELER, B.D.; HODGSON, J.G.; SHAWC, S.C.; MASSOUMI, A. 2009. Floristic characteristics of the wetland sites on dry southern slopes of the Alborz Mts., N. Iran: The role of altitude in floristic composition. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 204(4), 254-269.

PODANI, J. 1997. A measure of discordance for partially ranked data when presence/absence is also meagnigful. *Coenoces* 12 (2-3), 127-130.

R Core Team, 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (Disponible: <http://www.R-project.org/> verificado: 27 de marzo de 2019).

SABATTINI, R.A.; DORSCH, A.F.; LALLANA, V.H. 2001. Estudio comparativo de las comunidades vegetales de los arrozales y de los ambientes acuáticos y palustres de Entre Ríos (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 104, 129-137.

STORKEY, J. 2006. A functional group approach to the management of UK arable weeds to support biological diversity. *Weed research* 46(6), 513-522.

TRESSENS, S.; VANNI, R.; LOPEZ, M.G. 2002. Las plantas terrestres. En: ARBO, M.M.; TRESSENS, S.G. (eds.). *Flora del Iberá*. 201 p.

VARA, J.; MARÍN, A. 2008. Preparación del terreno. Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para el cultivo de arroz en Corrientes Serie N.º 1. INTA-ACPA, Argentina. 25-29 pp.

WHEELER, B.D.; PROCTOR, M.C.F. 2000. Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires. *Journal of Ecology*, 88,187-203.

Efecto de la fertilización y aplicación de fitohormonas sobre la floración y rendimiento de *Hylocereus megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel)

Sánchez-Herrera, J.H.¹; Oliva, M.¹; Collazos, R.¹; Meléndez-Mori, J.B.¹

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de distintas dosis de fertilización y fitohormonas, sobre la floración y el rendimiento de *H. megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel). Las evaluaciones se realizaron en unidades experimentales homogéneas, con plantación de pitahaya de 2,5 años de edad. Se estableció un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo factorial compuesto por nueve tratamientos y tres repeticiones. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $p < 0,05$). Los resultados mostraron que la aplicación de fertilización, fitohormonas y su interacción influyeron significativamente en la floración, fructificación y rendimiento, logrando incrementar sus valores con la aplicación 136 g planta⁻¹ de NPK⁺ 138 ppm de fitohormonas. Sin embargo, las características de los frutos (peso, longitud y diámetro) no fueron modificadas significativamente por los tratamientos.

Palabras clave: Inducción de flores, NPK, pitahaya, rendimiento.

ABSTRAC

*The objective of the study was to evaluate the effect of the application of different doses of fertilization and phytohormones on the flowering and yield of *H. megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel). The evaluations were carried in homogeneous experimental units, with 2.5-year-old pitahaya plantations. A completely randomized block experimental design with a factorial arrangement was established, consisting of nine treatments and three replications. The data obtained were subjected to an analysis of variance and a comparison of means (Tukey, $p < 0.05$). The results showed that the application of fertilization, phytohormones, and their interaction significantly influenced flowering, fruiting, and yield, managing to increase their values with the application of 136 g plant⁻¹ of NPK + 138 ppm of phytohormones. However, fruit characteristics (weight, length, and diameter) were not significantly modified by the treatments.*

Keywords: Flower induction, NPK, pitahaya, yield.

¹Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), Chachapoyas 01001, Perú. Correo electrónico: soliva@indes-ces.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La pitahaya (*Hylocereus* spp.) tiene origen en América Central y el Caribe (Montesinos *et al.*, 2015). En el género *Hylocereus*, las especies con mayor distribución comercial son *H. megalanthus* e *H. undatus* (Vargas y López, 2020).

El cultivo de pitahaya tiene gran potencial económico debido a su creciente demanda en el mercado internacional y al reconocimiento como una exquisita y exótica fruta tropical (Tran y Chung-Ruey, 2014). Esta planta tiene gran potencial productivo; además, sus adaptaciones morfológicas y fisiológicas le permiten desarrollarse en zonas con condiciones climáticas y edáficas inadecuadas para cultivos más exigentes (Castillo, 2006).

La nutrición del cultivo es trascendental para no afectar el potencial productivo. Sin embargo, por un lado, el manejo nutricional empleado en la mayoría de plantaciones de pitahaya se basa en experiencias locales sin considerar los requerimientos nutricionales de la planta (López y Guido, 1998), lo que supone un riesgo para los costos de producción y el rendimiento del cultivo (Chakma *et al.*, 2014). Por otro lado, el uso de fitohormonas se ha convertido en un recurso valioso en la agricultura (Tuan *et al.*, 2016), ya que la evidencia sugiere que pueden potenciar la producción (Paroussi *et al.*, 2002), además de permitir un mejor control de los ciclos de producción en el campo (Tuan y Chung-Ruey, 2013). En la actualidad, el cultivo de pitahaya en el Perú genera importantes ingresos económicos para numerosas familias del sector agrícola. Sin embargo, la información que describa la influencia de los fertilizantes y reguladores de crecimiento en los parámetros productivos aún es escasa. Bajo ese contexto, el presente estudio tuvo por objetivo evaluar el efecto de la aplicación de distintas dosis de fertilizantes y fitohormonas sobre la floración y el rendimiento de *H. megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el distrito de Churuja, ubicado en la provincia de Bongará, departamento de Amazonas (Perú); el cual se localiza entre las coordenadas geográficas 6° 1' 0" S y 77° 55' 0" O, a una altitud de 1458 m s. n. m. La figura 1 muestra las condiciones climáticas (temperatura y humedad relativa) bajo las cuales se llevó a cabo el experimento. La pre-

cipitación varió entre un mínimo de 13,4 mm en julio y agosto a un máximo de 192,8 mm en mayo (912,6 mm/año).

El estudio se desarrolló en un área útil de 1215 m² con plantas de pitahaya amarilla de 2,5 años de edad, sembradas bajo arreglo de tresbolillo a un distanciamiento de 3 x 3 m. La topografía del área es ligeramente inclinada (<8%), con características edafológicas de buena capacidad de drenaje, textura franco arenosa, pH 8,13, materia orgánica 4,31%, fósforo 6,20 ppm, potasio 152,82 ppm, conductividad eléctrica 0,30 ms/cm y capacidad de intercambio catiónico de 25,77 meq/100g.

Los tratamientos evaluados se obtuvieron de la combinación factorial de tres dosis de fertilización (0, 136 y 202 g planta⁻¹ de NPK) y tres de fitohormonas (0, 69 y 138 ppm de combinación de auxinas, giberelinas y citoquininas; equivalentes a 0, 25 y 50 mL de producto comercial en 20 L de solución) (tabla 1). La fertilización se aplicó en forma fraccionada: 50% en el desarrollo vegetativo (abril) y 50% en la floración (octubre), directamente al suelo en forma circular o en media luna (según pendiente del suelo) a 15 cm del tallo. Por su parte, las fitohormonas se aplicaron (aspersión foliar) tres veces: la primera en el desarrollo vegetativo (abril), la segunda en la emisión de botón floral (septiembre), y la tercera en el cuajado de fruto (noviembre).

Se evaluó el número de botones florales, de flores, de frutos cuajados, de frutos maduros y características del fruto: peso, diámetro, longitud y el rendimiento en kilogramos por planta durante un ciclo productivo.

El ensayo se realizó bajo un diseño de bloques completamente al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones, cada tratamiento conformado por tres plantas. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y a pruebas de comparaciones múltiples mediante test de Tukey (p<0,05). Los análisis se realizaron en el software MINITAB 15.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emisión de botones florales y número de flores

Los resultados mostraron que los factores fertilización, fitohormonas y la interacción de ambos tuvieron efectos significativos (p<0,05) en la emisión de botones florales y el número de flores. La prueba comparaciones múltiples (Tukey, p<0,05) respalda la diferencia entre tratamientos encontrando que la

Tratamientos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Fitohormonas (ppm)*			Fuente
	(g planta ⁻¹)			Auxinas	Citoquininas	Giberelinas	
T1	0	0	0	0	0	0	Urea: 46% N; Fosfatodiamónico: 18% N, 46% P ₂ O ₅ ; Cloruro de potasio: 60% K ₂ O; *Big-Hor Plus® (1mL): 0,13 ppm auxinas, 2,5 ppm citoquininas, 0,13 ppm giberelinas
T2	0	0	0	3,25	62,5	3,25	
T3	0	0	0	6,5	125	6,5	
T4	78	28	30	0	0	0	
T5	78	28	30	3,25	62,5	3,25	
T6	78	28	30	6,5	125	6,5	
T7	106	38	58	0	0	0	
T8	106	38	58	3,25	62,5	3,25	
T9	106	38	58	6,5	125	6,5	

Tabla 1. Tratamientos de fertilización y fitohormonas en *H. megalanthus*.

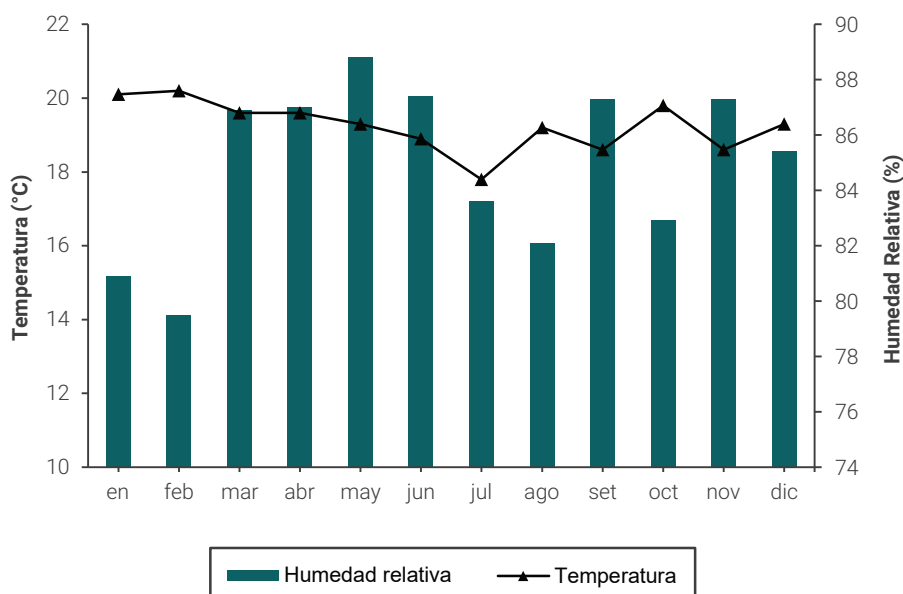


Figura 1. Temperatura y humedad relativa durante el periodo experimental (2017).

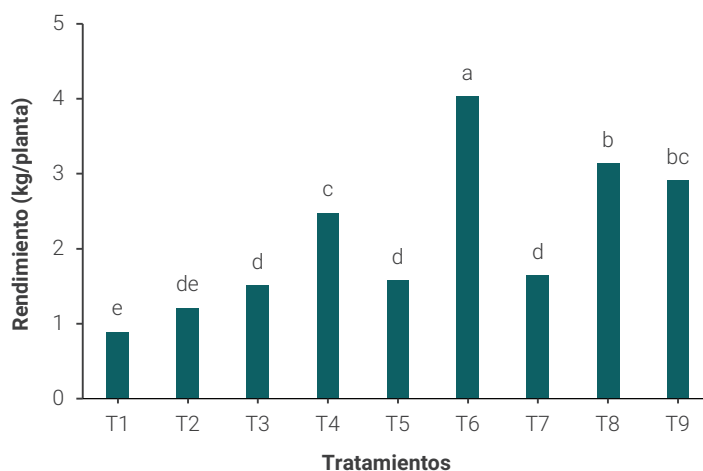


Figura 2. Efecto de la fertilización y de fitohormonas. A) Número de botones florales y flores; B) Número de frutos cuajados y cosechados y C) Rendimiento. Barras con letras diferentes en cada tratamiento indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

emisión de botones florales y el número de flores logró mejores resultados con la aplicación de $136 \text{ g planta}^{-1}$ de NPK⁺ 138 ppm de fitohormonas (T6) mostrando medias ampliamente superiores al testigo (T1) (figura 2A).

En el proceso de floración pueden influir factores externos como la temperatura, la precipitación, la humedad relativa y la radiación (Osuna-Enciso *et al.*, 2016; Martínez-Ruiz *et al.*, 2017), así como internos, a ejemplo, las fitohormonas (Khaimov y Mizrahi, 2006; Khaimov-Armoza *et al.*, 2012). En este estudio, la temperatura se encontró dentro del rango óptimo

(18-25 °C) para el cultivo (Vargas y López, 2020). Pero se debe comprender que cada factor puede tener un papel específico sobre la floración, por lo que es importante estudiar los factores tanto ambientales como hormonales y sus interacciones sobre la fenología reproductiva, ya que este es el proceso que moldea el potencial productivo de la planta.

Resultados de estudios en *H. undatus* e *H. megalanthus* revelan que las fitohormonas (giberelina y citoquininas) pueden causar efectos opuestos durante la floración (Khaimov y Mizrahi, 2006). Por un lado, las citoquininas tienen un papel po-

sitivo (Khaimov-Armoza *et al.*, 2012), ya que pueden promover el desarrollo de meristemas florales (Carmona *et al.*, 2002), mientras que las giberelinas (como el ácido giberélico) pueden retrasar o disminuir la producción de flores (Khaimov y Mizrahi, 2006; Suekane *et al.*, 2016). Con base en los resultados de este estudio (excepto para T5) es posible presumir que la fertilización puede desempeñar un papel importante en los efectos positivos que tienen las fitohormonas durante la inducción floral y la floración.

Parámetros productivos

Los resultados del análisis de varianza muestran que el cuajado de frutos y el número de frutos cosechados exhibieron diferencias significativas ($p < 0,05$). Para estas variables se observó que las plantas manejadas con 136 g planta⁻¹ de NPK⁺ 138 ppm de fitohormonas (T6) produjeron resultados superiores a todos los demás tratamientos (figura 2B).

En la pitahaya, al igual que en otras especies, se registró un mayor número de flores en relación con los frutos cuajados y las que alcanzaron la madurez. Existen varios factores que influyen en la relación flor-fruto, entre ellos la efectividad de la polinización (Tran y Chung-Ruey, 2014) y la competencia por fotosintatos (Jiang *et al.*, 2011; Osuna-Enciso *et al.*, 2016); estos factores influyen en el desarrollo floral y, en consecuencia, en la cantidad final de frutos. En este estudio se observó que tanto el número de flores como el número de frutos aumentó hasta alcanzar cierto nivel de fertilización (136 g de NPK) y, a partir del cual su cantidad (flores y frutos) comenzaba a disminuir.

Respecto a las características del fruto, la longitud varió entre 8,49 y 9,38 cm, el diámetro entre 6,64 y 7,26 cm, y el peso entre los 202,48 y 265,26 g por fruto, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos.

Los resultados indican que los tratamientos no tuvieron efecto significativo sobre las características del fruto. Sin embargo, por una parte, estudios previos mencionan que estas características pueden ser influenciadas por la disponibilidad de nutrientes y agua, factores importantes para la producción y distribución de los fotosintatos en la planta (Osuna-Enciso *et al.*, 2016; Tuan *et al.*, 2016). Por ello, es importante reducir la competencia entre frutos (raleo de frutos) para mejorar la cantidad de carbohidratos que puedan ser distribuidos a los tejidos comestibles (Jiang *et al.*, 2011). Por otra parte, otros estudios mencionan que las fitohormonas pueden ayudar a mejorar el tamaño del fruto ya que participan en la división celular (Suekane *et al.*, 2016; Tuan *et al.*, 2016). Sin embargo, existe otro factor que tiene un impacto aún mayor en los parámetros de calidad del fruto, que es el factor genético (López y Guido, 1998). Esto se observó en un estudio en el que el mayor peso, diámetro y longitud del fruto se obtuvo de un cruce entre *H. undatus* e *H. polyrhizus* (Subandi *et al.*, 2018). Sin embargo, en la región Amazonas las plantaciones comerciales provienen de semilla obtenida de poblaciones silvestres (Vargas y López, 2020), sin que aún existan estudios que describan su potencial.

El rendimiento de fruto (kg planta⁻¹) muestra diferencias significativas ($p < 0,05$). La prueba de comparaciones múltiples muestra que el mayor rendimiento (4,03 kg planta⁻¹) se alcanzó al aplicar 136 g planta⁻¹ de NPK⁺ 138 ppm de fitohormonas (T6); rendimiento que fue 4,53 veces superior al obtenido en el testigo (0,89 kg planta⁻¹) (figura 2C).

En este estudio, el rendimiento por planta fue variable; estas diferencias podrían atribuirse al número de frutos cosechados

debido a que el peso promedio de cada uno fue similar entre tratamientos. El rendimiento del cultivo de pitahaya depende de factores como la edad de la planta, las variaciones climáticas (Meráz *et al.*, 2003; Suekane *et al.*, 2016), la incompatibilidad sexual (Subandi *et al.*, 2018) y el uso de fertilizantes que pueden incrementar el rendimiento independientemente de su fuente (orgánico o sintético) (Huang *et al.*, 2019; Perween y Hasan, 2019). Sin embargo, es necesario determinar el nivel óptimo de fertilización debido a que dosis inadecuadas (exceso o deficiencia) pueden provocar bajos rendimientos (Chakma *et al.*, 2014; Perween y Hasan, 2019). En consecuencia, los niveles de fertilización y la juiciosa elección del insumo tienen un rol decisivo sobre el rendimiento y los ingresos netos (Huang *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

En el presente estudio, por un lado, los resultados demuestran la influencia de los productos hormonales y la nutrición del cultivo, sobre la floración y el rendimiento. La aplicación de 136 g planta⁻¹ de NPK⁺ 138 ppm de fitohormonas incrementó la producción de botones florales, de flores, de frutos cuajados, de frutos cosechados y el rendimiento por planta. Por otro lado, las características del fruto (longitud, diámetro y peso) no presentaron variaciones significativas para los tratamientos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento realizado a través del proyecto SNIP (312252) / CUI (2252878) "Creación del Servicio de un Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas", ejecutado por el Instituto de Investigación para el Desarrollo Sostenible de Ceja de Selva.

BIBLIOGRAFÍA

- CARMONA, M.; CUBAS, P.; MARTÍNEZ-ZAPATER, J. 2002. VFL, the grapevine FLORICAULA/ LEAFY ortholog, is expressed in meristematic regions independently of their fate. *Plant Physiology* 130, 68-77.
- CASTILLO, R. 2006. Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas. *Caos Conciencia* 1, 13-18.
- CHAKMA, S.; HARUNOR, A.; ROY, S.; ISLAM, M. 2014. Effect of NPK doses on the yield of dragon fruit (*Hylocereus costaricensis* [F.A.C. Weber] Britton & Rose) in Chittagong Hill Tracts. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 14 (6), 521-526.
- HUANG, X.; JIAO, J.; LI, Z.; JIHUA, D. 2019. Effects of biogas residue organic fertilizer on the yield and quality of dragon fruit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 371, 032069.
- JIANG, Y.L.; LIN, T.S.; LEE, CH.L.; YEN, CH.R.; Yang, W.J. 2011. Phenology, canopy composition, and fruit quality of yellow pitaya in tropical Taiwan. *HortScience* 46 (11), 1497-1502.
- KHAIMOV, A.; MIZRAHI, Y. 2006. Effects of day-length, radiation, flower thinning and growth regulators on flowering of the vine cacti *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 81 (3), 465-470.
- KHAIMOV-ARMOZA, A.; NOVÁK, O.; STRNAD, M.; MIZRAHI, Y. 2012. The role of endogenous cytokinins and environmental factors in flowering in the vine cactus *Hylocereus undatus*. *Israel Journal of Plant Sciences* 60 (3), 371-383.
- LÓPEZ, O.; GUIDO, A. 1998. Evaluación de dosis de nitrógeno y fósforo en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agronomía Mesoamericana* 9 (1), 66-71.
- MARTÍNEZ-RUIZ, E.R.; TIJERINA-CHÁVEZ, L.; BECERRIL-ROMÁN, A.E.; REBOLLEDO-MARTÍNEZ, A.; VELASCO-CRUZ, C.; DEL ÁNGEL-PÉREZ, A.L. 2017. Fenología y constante térmica de la pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw. Britt. & Rose). *Agro productividad* 10(9), 3-8.

- MERÁZ, M.R.; GÓMEZ, M.A.; SCHWENTESIUS, R. 2003. Pitahaya de México-Producción y Comercialización en el Contexto Internacional. En: FLORES, C.A. (ed.). Pitayas y Pitahayas. CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. 99-116 pp.
- MONTESINOS, J.A.; RODRÍGUEZ-LARRAMENDI, L.; ORTIZ-PÉREZ, R.; FONSECA-FLORES, M.Á.; RUÍZ, G.; GUEVARA-HERNÁNDEZ, F. 2015. Pitahaya (*Hylocereus spp.*) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales* 36 (Supl.1), 67-76.
- OSUNA-ENCISO, T.; VALDEZ-TORRES, J.B.; SAÑUDO-BARAJAS, J.A.; MUY-RANGEL, M.D.; HERNÁNDEZ-VERDUGO, S.; VILLARREAL-ROMERO, M.; OSUNA-RODRÍGUEZ, J.M. 2016. Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) en el valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Agrociencia* 50 (1), 61-78.
- PAROUSSI, G.; VOYIATZIS, D.G.; PAROUSSI, E.; DROGOUR, P.D. 2002. Growth, flowering and yield responses to GA3 of strawberry grown under different environmental conditions. *Scientia Horticulture* 96 (1-4), 103-113.
- PERWEEN, T.; HASAN, A. 2019. Growth, yield and quality of dragon fruit as influenced by NPK fertilization. *Indian Journal of Horticulture* 76, 180.
- SUBANDI, M.; MUSTARI, E.; SETIAN, A. 2018. The crossing effect of dragon fruit plant cultivars [*Hylocereus Sp.*] on yield. *International Journal of Engineering & Technology* 7(2.29), 762.
- SUEKANE, W.H.; MARUKI, R.T.; NARITA, N.; ORIKA, E. 2016. Effects of season and GA3 concentrations on *Hylocereus undatus* flowering and production. *Journal of Agronomy* 15 (4), 179-183.
- TRAN, D.H.; CHUNG-RUEY, Y. 2014. Morphological characteristics and pollination requirement in red pitaya (*Hylocereus spp.*). *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering* 8 (3), 202-206.
- TUAN, N.; CHUNG-RUEY, Y. 2013. Effect of Gibberellic Acid and 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid on fruit development and fruit quality of wax apple. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 7 (5), 302-308.
- TUAN, N.; HUAN, N.; HUNG, N. 2016. Effect of GA3 plus yogen foliar fertilization on yield and fruit quality of red dragon fruit at lap Thanh district in Vietnam. *International Journal of Plant & Soil Science* 12 (2), 1-9.
- VARGAS, K. A.; LÓPEZ, R. N. 2020. Guía Técnica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en la región Amazonas. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/1052>

Evaluación de la aceptabilidad de chips de pepino orgánico: estudio de mercado y análisis sensorial

Yañez, G.¹; Sotera, T.²; Rodríguez, A.^{2,3}

RESUMEN

El estudio de mercado permite reducir la incertidumbre y saber lo que nos encontraremos con el lanzamiento de un nuevo producto. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la aceptabilidad de chips de pepino orgánico como una alternativa para el incremento de consumo de hortalizas. Por una parte, el estudio de mercado se llevó a cabo mediante tres ensayos: primero, se realizó una encuesta para identificar los potenciales consumidores del producto, posibles puntos de ventas, medios de comunicación, entre otras cosas. Luego, se realizó un análisis sensorial con consumidores para evaluar la aceptabilidad general como así también la textura y el sabor del producto. Posteriormente, mediante una encuesta, se evaluó la presentación del producto para determinar el mejor envase y leyenda que identifica el producto. Por otra parte, se logró formular un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del nuevo proyecto. Los resultados de este trabajo permitieron definir al producto como una respuesta a la demanda de los consumidores que eligen comer de manera saludable, por ser un producto agradable aun para las personas que no consumen pepino.

Palabras claves: producto vegetal, nuevo mercado, consumidores.

ABSTRACT

A market study allows us to reduce uncertainty and know we will find when launching a new product to the market. The aim of the present work was to evaluate the acceptability of organic cucumber chips as a possible alternative to increase vegetable consumption. The market study was carried out by three assays: first, it was realized a poll to identify potentials, consumers, sell points, communication medium, among other things. Then, a sensory analysis with consumers was realized to evaluate the overall acceptability as well as the texture and flavor of the product. Afterward, by a poll, the product presentation was evaluated to determine the best packaging and legend that identify the new product. On the other hand, an analysis of strengths, opportunities weaknesses, and threats was defined. The results obtained allowed us to define the product as a response to the demand of consumers who choose to eat healthily, being a pleasant product even for people who do not consume cucumber.

Keywords: vegetable product, new market, consumer.

¹Universidad de Morón, Cabildo 134 (1708) Morón, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: guadalupeya@hotmail.com

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Tecnología de Alimentos (ITA), Nicolás Repetto y de los Reseros s/n (1686) Hurlingham, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: rodriguezracca.anabel@inta.gov.ar

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Capital Federal, Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Las frutas y hortalizas deshidratadas son una buena fuente de nutrición ya que contienen altas cantidades de minerales, vitaminas, antioxidantes y fibra y ofrecen varios beneficios para la salud como aumentar la inmunidad, mantener un corazón y huesos saludables, ayudar a perder peso y prevenir enfermedades relacionadas con el estilo de vida. Los consumidores conscientes de la salud las consumen ampliamente como refrigerio. Los alimentos deshidratados constituyen un sector muy importante dentro de la industria alimentaria extendido por todo el mundo. Estos productos tienen aplicaciones importantes en repostería, cereales, productos de panadería, productos lácteos, postres, snack bars, etc. Se espera que el mercado latinoamericano de frutas y hortalizas deshidratadas crezca en los próximos años, impulsado por la creciente demanda de bocadillos naturales y saludables debido a que hoy en día las personas tienen más conciencia sobre su salud (EMR, 2022). Hoy en día se dispone de menos tiempo para sentarse a comer, lo que dificulta la incorporación de frutas y hortalizas en la dieta diaria de los consumidores. Por esta razón, el desarrollo de chips de pepino orgánico deshidratado, al ser un producto con un importante aporte de nutrientes y bajo aporte calórico, permitirá incrementar el consumo de vegetales. Por una parte, el producto no solo sería beneficioso nutricionalmente, sino que también brindaría accesibilidad y practicidad para su consumo. En lo que respecta a su característica de producto orgánico, esta permitiría incrementar la aceptabilidad del producto ya que cada vez más consumidores valoran las políticas productivas que respetan tanto el medioambiente como su salud. Por otra parte, se insertaría un producto innovador ya que, hasta el momento, no se encuentra en el mercado de productos deshidratados en Argentina. Antes de invertir en una nueva línea de producto se debe tener la seguridad de que el consumidor querrá comprar lo que se va a producir y que continuará comprándolo (Gestion.org, 2018). Por lo que en un primer momento se debe realizar un estudio de las acciones que se ejecutan para obtener una visión clara de las características del producto o servicio que se quiere introducir en el mercado. Para lograr este grado de confianza es importante obtener dicha información mediante encuestas a los consumidores, así como hacer que los consumidores degusten los productos y expresen su opinión (Shepherd, 2003). La encuesta es una herramienta que puede resultar muy valiosa antes del lanzamiento de un nuevo producto o negocio; permitiría tener precisión sobre las posibilidades del producto o negocio pudiendo valorar su aceptabilidad entre los potenciales clientes. Asimismo, el análisis sensorial es el puente entre la industria y los consumidores. Es fundamental que todo producto sea aceptado por los consumidores ya que, a partir de ahí, se puede comenzar a construir el resto. Diseñar productos según el gusto de los consumidores representa los cimientos de toda industria alimentaria, ya que la aceptabilidad del producto es igual a la satisfacción del consumidor (ISETA, 2012).

El presente trabajo se realizó con el fin de revalorizar los vegetales deshidratados y darle aplicación comercial como colación o chips saludables, brindando una alternativa nutritiva y de fácil consumo. Por esta razón, los objetivos del presente trabajo fueron identificar los potenciales consumidores de chips de pepino orgánico deshidratado, posibles puntos de venta a los que asistiría el cliente objetivo, evaluar la aceptabilidad sensorial del producto, y evaluar la presentación del producto (mensaje y envase) para incrementar la atracción del cliente objetivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Identificación de los posibles consumidores, puntos de venta y medios de comunicación

Un estudio de mercado abarca diferentes herramientas y metodologías que permiten asegurar la fiabilidad del proyecto en cuestión. En el presente trabajo se aplicó una encuesta online para identificar los posibles consumidores, puntos de venta y medios de comunicación para promocionar el producto. La encuesta fue diseñada en el sitio web <https://www.e-encuesta.com/> que propone diferentes plantillas de encuestas base, permitiendo enviar y recopilar los datos automáticamente cuando se alcanza la cantidad de encuestas programadas. La encuesta fue enviada por correo electrónico y WhatsApp a 100 personas dentro del Área Metropolitana de Buenos Aires y fueron seleccionadas de manera aleatoria (figura 1).

Encuesta para la identificación de los posibles consumidores, puntos de venta y medios de comunicación.					
La información que nos proporciones a continuación será de utilidad para conocer el grado de aceptación del nuevo producto en el mercado. La encuesta te llevará cinco minutos aproximadamente. ¡Muchas gracias!					
1- En una escala del 1 al 5, donde 5 es "Muy interesante" y 1 es "Nada interesante". ¿Cómo te resulta la propuesta del emprendimiento?					
1	2	3	4	5	
2- ¿Cuál o cuáles de los siguientes aspectos te atraen del producto?					
Novedoso	Natural y orgánico	Saludable	Sabroso	Ninguno de los anteriores	Otros (por favor especifique)
Observaciones:					
3- ¿En qué lugar te gustaría comprar este producto?					
Kiosco	Supermercado	Tienda del barrio	Ferias y mercados	Otros	
4- ¿A través de que medio o medios te gustaría informarte sobre este producto?					
Redes sociales	Anuncios	Correo	Mercados y Ferias	Otros (por favor especifique)	
Observaciones:					
5- ¿Cuál o cuáles de los siguientes aspectos consideras acertado?					
No es de primera necesidad	Quizás no me guste	No es atractivo	Otros (Por favor especifique)		
Observaciones:					
6- Considerando un precio razonable, ¿Qué probabilidad hay de que lo compre?					
Lo compraría en cuanto estuviese en el mercado	Quizás lo compre	No creo que lo compre	No lo compraría		
7- ¿Compraría este producto a \$45 los 50 gramos?					
Muy probablemente	Probablemente	Es poco probable	No es nada probable	No lo sé	
8- ¿Compraría el producto a \$60 los 50 gramos?					
Muy probablemente	Probablemente	Es poco probable	No es nada probable	No lo sé	
9- ¿Compraría el producto a \$90 los 50 gramos?					
Muy probablemente	Probablemente	Es poco probable	No es nada probable	No lo sé	
10- Tratándose de un producto orgánico ¿qué importancia le das a este atributo?					
Fundamental	Muy importante	Colabora	Ninguna		
11- Tenés algún comentario o sugerencia sobre este producto?					
12- Sexo:			13- Edad:		

Figura 1. Encuesta realizada para la identificación de los posibles consumidores, puntos de venta y medios de comunicación.

Evaluación sensorial

Se realizó una prueba de aceptabilidad en el mercado "Sabe la Tierra" de San Fernando, provincia de Buenos Aires, con el objetivo de determinar la aceptabilidad general y por atributos (textura y sabor) de pepino orgánico deshidratado tipo snack. Este espacio fue seleccionado debido a que es un mercado que se caracteriza por vender productos agroecológicos y orgánicos.

Para la obtención de los chips se utilizó pepino orgánico

(*Cucumis sativus*) que fueron obtenidos del mercado mayorista de frutas y verduras de Merlo, Buenos Aires, Argentina. Se almacenaron en una heladera comercial a 4 °C hasta su procesamiento. Los pepinos fueron lavados, escurridos y cortados en rodajas de 3 mm de espesor. Se secaron en un deshidratador Excalibur (Modelo #4926T220FB / 220v) durante 6 horas y 40 minutos a 62 °C. Para el estudio de la aceptabilidad, se reclutaron 100 consumidores seleccionados de manera aleatoria. Esta muestra se consideró representativa para la población objetivo ya que se contemplaron las características de los posibles consumidores observadas en la sección 1. Para la evaluación sensorial, primero se entregó a los consumidores una encuesta para recabar información sobre los datos personales y comportamiento frente al pepino fresco (por ejemplo: consume o no consume). Luego se entregó una muestra de pepino orgánico deshidratado (tres rodajitas) en bandejitas de cartón. Se utilizó una escala hedónica balanceada de nueve puntos con anclajes verbales, desde “me gusta muchísimo” a “me disgusta muchísimo” (figura 2) (Meilgaard *et al.*, 2007). Por último, se analizaron los datos de la encuesta inicial dividiendo la muestra en tres grupos de acuerdo al agrado y al consumo regular de pepino fresco. Se compararon entre los 3 grupos las evaluaciones de aceptabilidad mediante la prueba de Kuskal-Wallis.

Evaluación de la presentación del producto

Se realizó una encuesta online para seleccionar el mensaje y diseñar el envase que mejor identifique al producto con el fin de incentivar el deseo de compra. Para la encuesta se utilizó la plataforma descrita anteriormente y se llevó a cabo una encuesta con 100 personas seleccionadas al azar y dentro del Área Metropolitana de Buenos Aires. La encuesta consistió en tres posibles mensajes y dos alternativas de envase (figura 3).

Análisis FODA

A partir de los resultados obtenidos en las secciones anteriores y mediante el estudio de mercado de los productos orgánicos deshidratados se definieron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para el lanzamiento del nuevo producto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de los posibles consumidores, puntos de venta y medios de comunicación

Se reclutaron 94 respuestas, 31% hombres y 69% mujeres de diferentes edades. Por una parte, los resultados de las encuestas revelaron que el 78% de los participantes indicó que el producto propuesto es “muy interesante o interesante”, mientras que el 17% mantuvo una respuesta neutral y el 5% manifestó “menor interés o nada de interés”. Por otra parte, al consultarle sobre los atributos más relevante del nuevo producto, el 42% indicó que el producto sea “natural y orgánico”, seguido por el atributo “saludable” (28,4%), lo que evidencia la preferencia de aspectos del producto. El 17,28% manifestó que le resulta un producto “novedoso”, mientras que solo el 11,73% indicó el atributo “sabroso”. Con la opción “otro” destacaron como atributo la “conciencia ambiental” (figura 4).

Con respecto a los puntos de ventas, el 33,5% de los encuestados manifestó que esperaría encontrar este tipo de producto en supermercados, mientras que un 25% lo compraría en ferias y mercados y un 21,1% en las tiendas de barrio tales como dietéticas. Estos resultados dieron un claro enfoque de los puntos de venta para tener en cuenta para garantizar la compra del nuevo producto. Además, este análisis revela la importancia de realizar este estudio, ya que en una primera instancia se apuntaba a lanzar el producto en tiendas de barrio para que el producto se haga conocido.


En cuanto a los medios de comunicación, el 64,2% de los encuestados prefirió las redes sociales. En segundo lugar, con un 19%, figuraron las ferias y mercados. Estos resultados remarcaron el auge de las redes sociales entre las nuevas tendencias de comunicación sobre un nuevo producto y, teniendo en cuenta este resultado, podría considerarse como oportunidad la venta online.

Para determinar si el proyecto es factible o no, se evaluaron diversos aspectos del producto con el fin de determinar la intención de compra por parte del consumidor. El 73% de los encuestados indicó que no se trata de un producto de primera necesidad. Este resultado podría ser considerado como amenaza para el lanzamiento del producto, ya que se trata de un producto opcional. Sin embargo, a la hora de evaluar la probabilidad de compra, más del 50% de los encuestados consideró como opción “lo compraría” si el nuevo producto se ofrece a

Prueba de aceptabilidad en snack de pepino									
Edad: _____					Género: F <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>				
¿Le gusta el pepino? Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
¿Consumo pepino regularmente? Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
¿Le parece un producto novedoso? Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
Por favor, pruebe la muestra e indique su opinión en relación a los siguientes atributos mediante una cruz en la frase que considere:									
NIVEL DE AGRADO GENERAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
TEXTURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
SABOR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta un poco	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo

Figura 2. Planilla utilizada en la prueba con consumidores.

Evaluación de la presentación del producto




ENTREMESES: Rodajas de pepino orgánico deshidratado.

¡Hola! Estamos definiendo la imagen de un producto y para eso diseñamos esta breve encuesta, ¿Podrás ayudarnos? Muchas gracias

1- ESTÉTICA ¿Cuál de las dos presentaciones le resulta más atractiva?

Imagen 1 (izquierda)

Imagen 2 (derecha)



2- ¿Qué importancia que le da usted a cada uno de los siguientes aspectos del envase?

	Me importa mucho	Me importa	Me da igual	Poco me importa	No me importa
Tamaño	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comodidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Funcionalidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sustentabilidad (huella de carbono)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3- ¿Cuál de las dos presentaciones se identifica más con el producto?


Imagen 1

Imagen 2

4- ¿Qué leyenda le resulta más adecuada?

Natural, orgánico, sin aditivos	<input type="checkbox"/>
100% natural	<input type="checkbox"/>
Vegetales y nada más	<input type="checkbox"/>

5- Diseño de la marca: Evalúe los atributos de la marca

	SI	NO
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Atractiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Original	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fácilmente memorizable, pronunciable y agradable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Versátil (se puede aplicar en cualquier producto)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se identifica con el producto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6- Tenés algún comentario o sugerencia?

7- Sexo **8- Edad**

Figura 3. Encuesta realizada para evaluar la presentación del producto.

un precio razonable. Para poder definir el precio por el cual se vendería el producto, a los encuestados se les presentaron 3 alternativas de precios. En las respuestas se observó que el costo de producción del producto deberá permitir que pueda comercializarse entre \$45 y \$60 los 50 gramos ya que, superado ese precio, la probabilidad de compra por parte de los clientes se reduce significativamente a menos del 20%.

Además se evaluó la importancia que le adjudica el hecho de que se trate de un producto orgánico y se observó que el 49% de los encuestados lo consideró un atributo “muy importante”, un 26% manifestó que “colabora”, el 22% lo consideró “fundamental” y el 3% restante no le dio importancia a esta característica (figura 5). Este resultado podría ser considerado como una fortaleza, ya que se ofrecería un producto cultivado bajo políticas productivas que respetan tanto el medioambiente como la salud del consumidor.

Evaluación sensorial

Se reclutaron 94 respuestas, 38% hombres y 62% mujeres de distintas edades. Cada consumidor respondió una primera encuesta en relación con el agrado y consumo regular de pepino fresco (al menos una vez a la semana). Los datos obtenidos revelaron que el 47% de los encuestados le agrada y consume pepino fresco al menos una vez a la semana, el 23% no consume pepino fresco, pero si le agrada y el 22% no consume y no le agrada el pepino fresco.

El 93,6% de los participantes consideró que el producto “chips de pepino orgánico” es novedoso, incluido el 22% de los encuestados que respondieron “no” al agrado y “no” al consumo regular de pepino fresco.

La evaluación de la aceptabilidad general del chip de pepino orgánico reveló que el 90% de los encuestados manifestó entre “me gusta un poco” a “me gusta muchísimo” (figura 6).

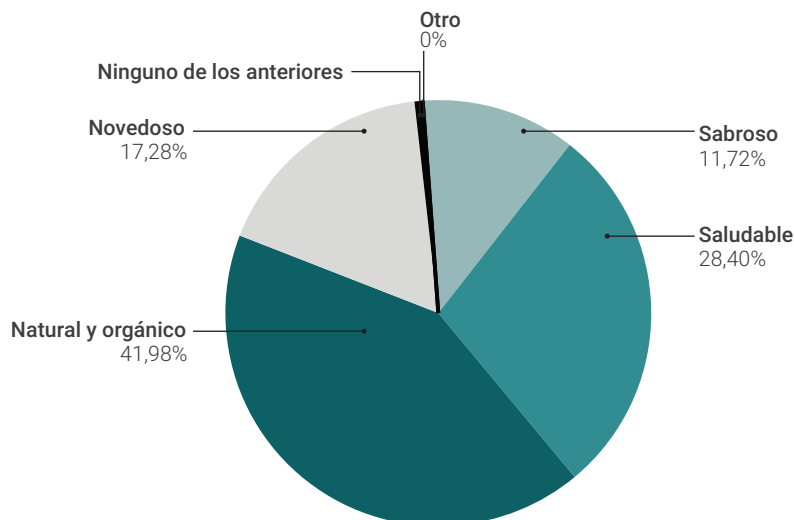


Figura 4. ¿Cuál o cuáles de los siguientes aspectos te atraen del producto?

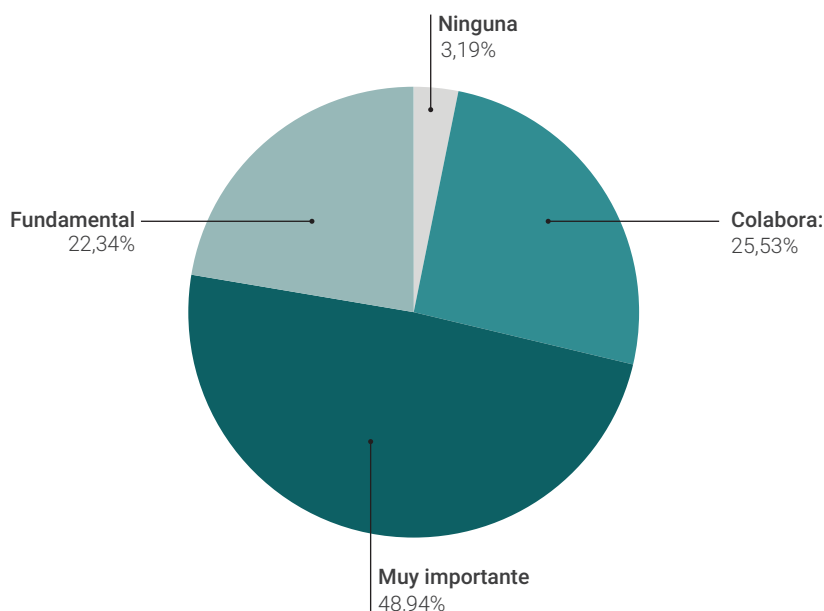


Figura 5. Tratándose de un producto orgánico, ¿qué importancia le das a este atributo?

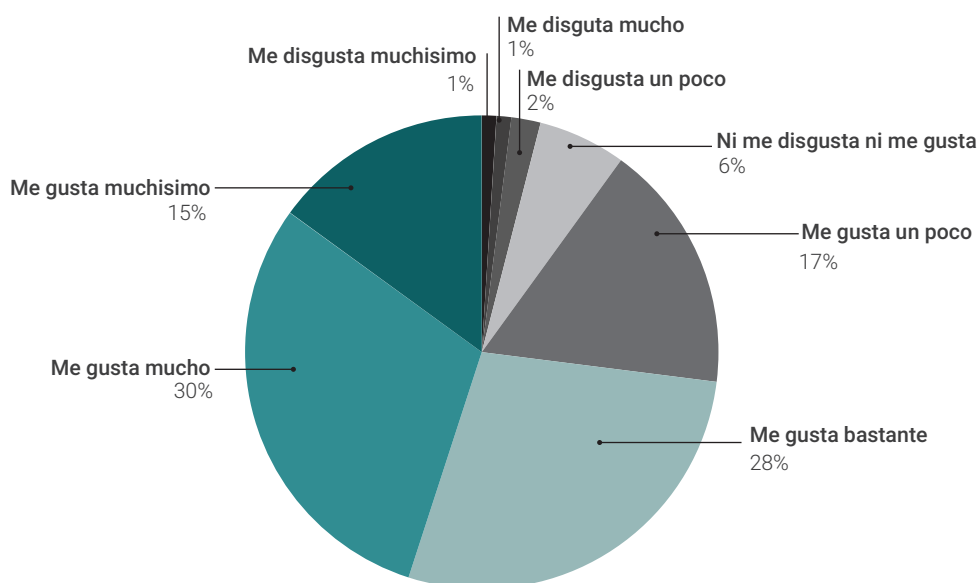


Figura 6. Aceptabilidad general del chip de pepino orgánico. Porcentaje de respuestas por categoría de la escala.

En cuanto a la aceptabilidad de los atributos textura y sabor del chip de pepino orgánico, el promedio de respuestas para ambos atributos fue "me gusta bastante".

Los resultados indicaron diferencias significativas ($p < 0,001$) en la aceptabilidad general y en el atributo sabor entre el grupo de personas quienes consumen regularmente el pepino fresco ("me gusta bastante" a "me gusta mucho") y los grupos de personas que les agrada, pero no lo consumen regularmente

("me gusta bastante") y a quienes no les agrada ni lo consumen regularmente ("me gusta un poco" a "me gusta bastante"). Sin embargo no se hallaron diferencias significativas entre estos últimos dos grupos ($p > 0,001$). En el caso del atributo textura, no se hallaron diferencias significativas entre los tres grupos de personas ($p > 0,05$). Estos resultados coinciden con lo esperado y son muy promisorios si se observan los datos de las evaluaciones del tercer grupo (no agrada y no consume pepino fresco).

Evaluación de la presentación del producto

Se reclutaron 95 respuestas de diversas edades para evaluar la presentación del producto. Participaron un 58% de mujeres y un 42% de hombres. Para la presentación del producto, se mostraron dos tipos de envases, uno en envase Doypack de papel Kraft y otro en un envase Doypack de fondo metalizado y frente transparente.

El 79% de los encuestados indicó que el envoltorio en papel Kraft resultó “más atractivo” contra un 21% que eligieron el papel metalizado. En cuanto a los aspectos para tener en cuenta a la hora de diseñar el envase (tamaño, comodidad, calidad, funcionalidad y sustentabilidad), todos obtuvieron las valoraciones correspondientes a “me importa” y “me importa mucho”. Con respecto a la asociación del producto con los

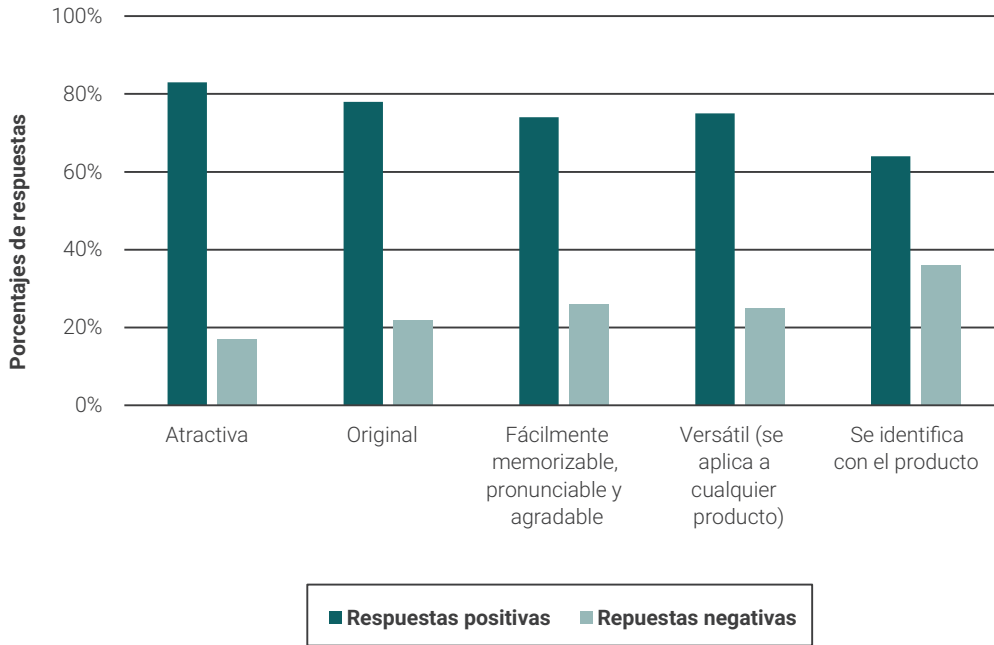


Figura 7. Diseño de la marca: Evalúe los atributos de la marca. Barras verde oscuro indican porcentaje de respuestas positivas y barras verde claro indican porcentaje de respuestas negativas.

Fortalezas	Oportunidades
Producto de alta calidad nutricional	Competencia limitada
Etiqueta limpia, único ingrediente: pepino orgánico	Mercado en crecimiento
Producto orgánico, sin ocasionar daños al medio ambiente y a la salud humana	Aumento de la demanda de consumidores por productos saludables
Producto de fácil y rápido consumo	
Disponibilidad del producto durante todo el año	
Disponibilidad geográfica	
Debilidades	Amenazas
Producto poco conocido	Cooperativas que realizan este tipo de productos, lo que hace que el precio sea más competitivo
Frágil	Posibilidad de elaborarlos de manera doméstica
No es un producto de primera necesidad	Incertidumbre respecto a la economía del país
Bajo rendimiento en peso	
Dificultad para el abastecimiento de materias primas por estacionalidad	
Dificultad para el abastecimiento de materias primas por la escasa producción regulada de productos orgánicos	
La materia prima no es de los vegetales que más se consume	

Tabla 1. Análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas para el lanzamiento de chip de pepinos orgánicos.

empaques estudiados, el 87% de los encuestados determinó que el envase Doypack de papel Kraft identifica más al producto. Esta respuesta se interpreta como una asociación que tienen los consumidores con respecto a productos/envase comercializados actualmente ya que los snacks convencionales como las papas fritas se comercializan en papel metálico, mientras que el papel madera se suele asociar con productos naturales.

Con respecto a la leyenda, el 65% de los encuestados considero que "natural, orgánico, sin aditivos" es la más adecuada, mientras que "100% natural" y "vegetales y nada más" obtuvieron el 21% y 13% de respuestas, respectivamente. Estos resultados demostrarían la importancia y el interés que los consumidores destinan a la información de la etiqueta a la hora de comprar un producto.

La evaluación de diversos atributos del diseño de la marca por parte de los consumidores indicó que la marca resultó atractiva (83%), original (78%), fácilmente memorizable, pronunciable y agradable (74%), versátil (75%) e identificable con el producto (64%). Un 36% de los consumidores no halló a la marca identificable con el producto. Este punto podría ser considerado como una debilidad (figura 7).

Análisis FODA

A partir de los resultados obtenidos se realizó el FODA (tabla 1).

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se concluye que la propuesta de chips de pepinos orgánicos resulta interesante; se destaca que es un producto natural, orgánico y saludable. Como punto de venta se definió, en un principio, que el producto se haga conocido en supermercados y como medio de comunicación se seleccionarán las redes sociales con la posibilidad de realizar ventas online. En cuanto al precio, el producto deberá venderse a un precio menor a \$60 los 50 gramos. En la evaluación de la aceptabilidad general del producto (se consultó sobre los atributos de textura y sabor) los consumidores manifestaron que el producto "gusta bastante". Este resultado demuestra que el producto puede ser exitoso, incluso en persona que no le gusta el pepino fresco o que no lo consume regularmente. Mediante la evaluación de la presen-

tación del producto, se pudo definir el envase y leyenda de la etiqueta. El envase que mejor se asoció al producto fue el Doypack de papel kraft, considerándolo atractivo. Los aspectos del envase evaluados (tamaño, comodidad, calidad, funcionalidad y sustentabilidad) fueron considerados de gran importancia a la hora de diseñar el envase. La leyenda será "natural, orgánico, sin aditivos". Además, a partir de los resultados obtenidos en cada instancia de la evaluación del producto, consultas a otros emprendedores y búsqueda bibliográfica, se pudieron identificar las fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades que implican el lanzamiento del producto. Como conclusión general, los resultados de este trabajo permitieron definir al producto como una respuesta a la demanda de los consumidores que eligen comer de manera saludable, al ser agradable aun para las personas que no consumen pepino.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Dr. Sergio Vaudagna y Claudio Sano del Instituto Tecnología de Alimentos (ITA) por su asistencia con la preparación de muestras, accesibilidad de equipo y lugar de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE MEDICAMENTOS ALIMENTOS Y TECNOLOGÍA MÉDICA (ANMAT). 2013. Capítulo xi, Alimentos vegetales. Código Alimentario Argentino. (Disponible: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_XI.pdf verificado: 02 de febrero 2019).

EMR 2022. Perspectiva del mercado latinoamericano de frutas deshidratadas. (Disponible: <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-de-frutas-deshidratadas> verificado: 12 de abril de 2022).

GESTION.ORG. 2018. Estudiar el mercado para lanzar un nuevo producto. (Disponible: <https://www.gestion.org/estudiar-el-mercado-para-lanzar-un-nuevo-producto/> verificado: 03 de abril de 2019).

INSTITUTO SUPERIOR EXPERIMENTAL DE TECNOLOGÍA ALIMENTARIA (ISETA). S/F. Análisis sensorial: Una herramienta de marketing y de innovación. Departamento de Evaluación Sensorial de Alimentos (DESA) (Disponible: <http://www.enfasis.com/Presentaciones/FTSARG/2012/Gratis/Analisis-Sensorial.pdf> verificado: 25 de marzo de 2019).

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. 2007. Sensory evaluation techniques. 4.ª ed. CRC Press. Boca Raton-FL.

SHEPHERD, A.W. 2003. Estudio de mercados agroindustriales. Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. (Disponible: <http://www.fao.org/3/Y4532S/Y4532S00.htm> verificado: 02 de febrero de 2019).

Diseño de tres pares de oligonucleótidos específicos para la detección del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV)

Cruz, J.K.¹; Ochoa, J.²; Ortega, V.³; Ruiz, F.G.⁴

RESUMEN

Por un lado, en México, el estado de Oaxaca ha ocupado en años consecutivos los primeros lugares a nivel nacional en la producción de papaya (*Carica papaya* L.). Por otro lado, las plantaciones son altamente susceptibles al ataque de tipo viral, uno de los más devastadores es la papaya ringspot virus (PRSV). Debido a lo anterior se diseñaron tres oligonucleótidos específicos que permiten la identificación del PRSV mediante la reacción en cadena de la polimerasa acoplada a una transcriptasa reversa (RT-PCR). Los oligonucleótidos fueron diseñados por el software Vector NTI Advance® V11.5 que amplificaron tres fragmentos de 857 pares de bases (pb), 583 pb y 213 pb de regiones conservadas del genoma viral. Para comprobar el desempeño de los oligonucleótidos se realizaron extracciones de ácido ribonucleico (ARN) de tejido foliar de papaya con signos del PRSV utilizando TRIzol™ y el Kit SuperScript™ III One-Step RT-PCR System para la técnica de RT-PCR. Los resultados de la amplificación fueron analizados en un gel de agarosa donde los amplicones coincidieron con el tamaño esperado al diseño preliminar.

Palabras clave: PRSV, amplificación, ARN, cápside, HC-Pro, papaya, RT-PCR.

ABSTRACT

*In Mexico, the state of Oaxaca has occupied the first places in the national level in the production of papaya (*Carica papaya* L.) in consecutive years. On the other hand, plantations are highly susceptible to viral attack, one of the most devastating is the papaya ringspot virus (PRSV). For that reason, three specific oligonucleotides were designed that allow the identification of the PRSV using the reverse transcriptase coupled polymerase chain reaction (RT-PCR). The oligonucleotides were designed by Vector NTI Advance® V11.5 software that amplified three fragments of 857 base pairs (bp), 583 bp and 213 bp from conserved regions of the viral genome. To check the performance of the oligonucleotides, ribonucleic acid (RNA) extractions of papaya leaf tissue with symptoms of PRSV were performed using TRIzol™, then the SuperScript™ III One-Step RT-PCR System Kit was used to perform the RT-PCR technique. The results of the amplification were analyzed on an agarose gel where the amplicons coincided with the size expected at their preliminary design.*

Keywords: amplification, RNA, capsid, HC-Pro, papaya, RT-PCR.

¹Universidad del Mar (UMAR), Representante del Cuerpo Académico: Tecnologías Agropecuarias y Forestales en el Trópico (UMAR-CA-35), Carretera vía Sola de Vega km 1.5, 71980, Puerto Escondido, Oaxaca, México.

²Universidad del Mar (UMAR), Colaborador del Cuerpo Académico: Tecnologías Agropecuarias y Forestales en el Trópico (UMAR-CA-35), Carretera vía Sola de Vega km 1.5, 71980, Puerto Escondido, Oaxaca, México.

³Universidad del Mar (UMAR), Colaborador del Cuerpo Académico: Tecnologías Agropecuarias y Forestales en el Trópico (UMAR-CA-35), Carretera vía Sola de Vega km 1.5, 71980, Puerto Escondido, Oaxaca, México.

⁴Universidad del Mar (UMAR), Colaborador del Cuerpo Académico: Tecnologías Agropecuarias y Forestales en el Trópico (UMAR-CA-35), Carretera vía Sola de Vega km 1.5, 71980, Puerto Escondido, Oaxaca, México, Correo electrónico: ruiz_ruiz_francisco@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En México, Oaxaca se destaca como uno de los principales estados productores de papaya (*Carica papaya* L.) con un promedio anual de 70.247 t, Veracruz con 65.483 t y Chiapas con 30.357 t (SIAP, 2019). Actualmente, se han identificado varios tipos de virus que afectan severamente el rendimiento del cultivo, entre los que destacan; papaya ringspot virus (PRSV) (Cabrera *et al.*, 2010; Azad *et al.*, 2014; Tapia *et al.*, 2015), papaya maleira virus (PMeV) (Abreu *et al.*, 2012; Perez *et al.*, 2012), Zucchini yellow meileira virus (ZYMV) (Kwon *et al.*, 2005) y papaya leaf curl virus PaLCV (Chang *et al.*, 2003).

El virus de la mancha anular pertenece a la familia de Potyviridae y al género *Potyvirus*; es transmitido por varias especies de áfidos (Kalleshwaraswamy *et al.*, 2010; Díaz *et al.*, 2010). El PRSV está compuesto de partículas filamentosas que contienen un genoma de ARN monocatenario (Maia *et al.*, 1996). El genoma viral consiste de una secuencia promedio de 10.326 nucleótidos (nt) (Mishra y Patil, 2018) envuelto en una cápsida de origen proteico (Tripathi *et al.*, 2008).

El genoma del PRSV codifica para una poliproteína de 3344 aminoácidos (Yeh *et al.*, 1992; Azad *et al.*, 2014), y de acuerdo a la figura 1, en donde se muestra el mapa propuesto de las secuencias de proteínas y sus tamaños moleculares: proteína NT (63 kDa), HC-Pro (52 kDa), P (46 kDa), CI (72 kDa), 6 kDa, NIa (48 kDa), NIb (59 kDa), CP (35 kDa).

La proteína de componente auxiliar (HC-Pro) es una proteína multifuncional relacionada con las interacciones planta-virus; implicada con el movimiento, replicación y la supresión del silenciamiento génico postranscripcional (Yap *et al.*, 2009; Shen *et al.*, 2010), afectando a las rutas relacionadas con la expresión de los microARN, perjudicando de esta manera al desarrollo de la planta infectada (Wu *et al.*, 2010; Azad *et al.*, 2014).

La proteína de la cápsida está involucrada en la encapsulación y protección del ARN viral (Azad *et al.*, 2014). La secuencia del gen que codifica para la proteína de la cápsida del PRSV es una de las mayormente caracterizadas en el género de los potyvirus (Cabrera *et al.*, 2010). Tanto la proteína de la cápsida y el componente auxiliar HC-Pro son necesarios para la transmisión vectorial del PRSV (Adams *et al.*, 2005).

Para implementar de manera oportuna métodos de control del PRSV es necesario su correcta identificación. Por lo general los productores de papaya emplean personal para identificar a las plantas infectadas por el PRSV a simple vista, normalmente

se realiza de manera rápida, pero no es muy confiable ya que los síntomas pueden confundirse con otros factores no virales (Azad *et al.*, 2014). Existe otro método más confiable, pero requiere de equipo especializado como es la técnica de ensayo de inmunoabsorción ligado a enzimas (Cruz *et al.*, 2009; Kelaniyan-goda y Madhubashini, 2010; Esquivel *et al.*, 2019).

Además, se han desarrollado otras técnicas que implican la identificación de regiones específicas del genoma viral, como la reacción en cadena de la polimerasa acoplada a una transcriptasa reversa (RT-PCR) (Ruiz y Silva, 1997; Guzmán *et al.*, 2018; Hamim *et al.*, 2018; Sultana *et al.*, 2019).

Recordando que el estado de Oaxaca se ha posicionado como uno de los principales productores de papaya a nivel nacional es determinante que se diseñen oligonucleótidos específicos para la detección de manera oportuna el PRSV en cultivos de papaya de la costa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de material vegetal

La colecta de tejido vegetal se realizó en el año 2019 en la localidad de San José Río Verde, municipio de Santiago Jamiltepec y consistió en seleccionar plantas con síntomas característicos de la enfermedad causados por el agente viral. A las plantas seleccionadas se les extrajo una hoja de la zona apical. Cada hoja fue inmediatamente colocada en papel filtro, el que fue posteriormente colocado en una bolsa Ziplock® con 200 gramos de sílica gel (Camen®) en su interior, esto con la finalidad de deshidratar el material vegetal y prevenir la degradación de los ácidos nucleicos. Por último, las bolsas fueron colocadas en el interior de una hielera con una cama de hielo de 10 centímetros de grosor. Una vez en el laboratorio, las bolsas que contenían el tejido vegetal fueron colocados a una temperatura de 6 °C durante 2 días, tiempo suficiente para que el tejido vegetal se deshidratara completamente, al tercer día las muestras fueron almacenadas a -80 °C en un ultracongelador (8800 Thermo Fisher Scientific).

Diseño de oligonucleótidos

Con el uso de la base de datos (GenBank, 2018) se procedió a buscar secuencias en formato FASTA relacionadas con el genoma completo del virus de la mancha anular de la papaya.

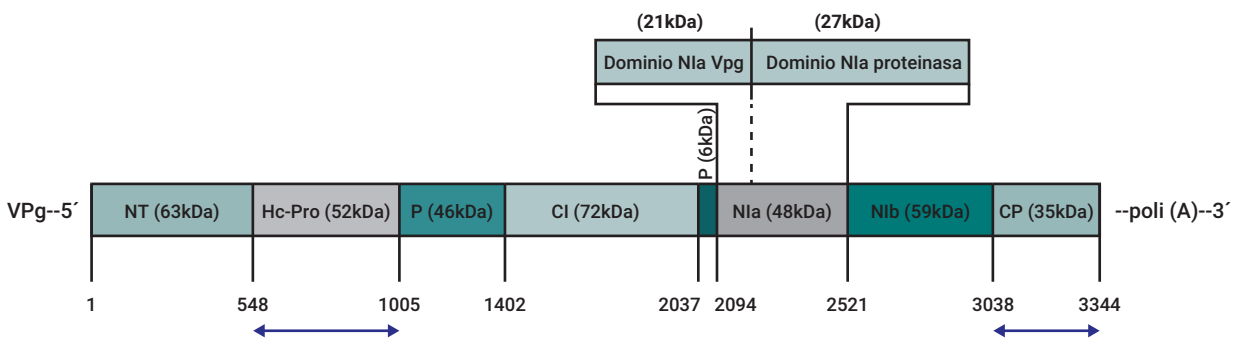


Figura 1. Mapa propuesto de la poliproteína del PRSV. Está conformado de un total de 3344 aminoácidos, los cuales están flanqueados por una proteína viral (VPg) y una cola de Poli (A). Las flechas en rojo indican las regiones conservadas empleadas en el presente trabajo. Fuente: Adaptada de Yeh *et al.* (1992).

Con base al manual de usuario del programa Vector NTI Advance® (Invitrogen 2008), se siguieron las instrucciones para realizar el alineamiento de las secuencias obtenidas. Posteriormente se determinaron las regiones altamente conservadas que fueron las regiones blanco en el diseño de los tres oligonucleótidos.

El diseño de los oligonucleótidos se enfocó en las regiones conservadas; se implementó el uso de la herramienta "Primer Design" del software Vector NTI Advance® siguiendo las instrucciones del manual de usuario (Invitrogen 2008).

Para predecir el desempeño de los tres oligonucleótidos se realizó un análisis *in silico* con Primer Select (2006). Habiendo comprobado su desempeño *in silico*, se solicitó la síntesis de los tres oligonucleótidos a la empresa T4oligo por el método de purificación desalado.

Extracción de ácidos nucleicos

La extracción de ARN se realizó con el uso de TRIzol™ y se siguieron las indicaciones del fabricante (Invitrogen, 2018). Para realizar la extracción, se colocó aproximadamente 100 mg de tejido vegetal deshidratado con silica gel en un tubo eppendorff. El ARN extraído fue analizado, almacenado a -80 °C en ultracongelador (8800 Thermo Fisher Scientific) y posteriormente amplificado por la técnica RT-PCR.

Visualización del ARN

Para verificar la calidad del ARN se realizó una electroforesis horizontal en un gel de agarosa (Invitrogen™) al 1,2% (p/v) cargando en el gel 2 µL del producto de la extracción y 1 µL de solución de carga 6X en una cámara de electroforesis (Bio-Rad modelo: Mini-Sub®Cell GT) con solución de corrida TAE 1X (40 mM Tris-HCl (JT Baker), 20 mM ácido acético (Meyer®), 1 mM EDTA pH 8,0 (JT Baker) usando una fuente de poder (Bio-Rad modelo: POWER PAC™ HC) por 45 minutos a 80 volts, 0,09 Amperes y 7 watts. Posteriormente, el gel se tiñó con SYBR Green (Invitrogen), se visualizó en un transiluminador (FOTO/UV®21, Fotodyne), se documentó con una cámara fotográfica (PowerShot G9, Canon), y adicionalmente fue cuantificado en un espectrofotómetro (Genesys 10S VIS, Thermo Fisher Scientific).

Reacción de RT-PCR

Los oligonucleótidos diseñados fueron usados en conjunto

con el Kit SuperScript™ III One-Step RT-PCR System con Platinum™Taq polimerasa (Invitrogen™) de acuerdo a las indicaciones del proveedor. Este sistema es sumamente rápido; en el mismo tubo se realizan dos reacciones, (1) síntesis del ADN complementario (ADNc) y (2) la obtención de los amplicones por la Taq ADN polimerasa Platinum™.

Para la amplificación, la mezcla de reacción se realizó en tubos para PCR de 200 µL a un volumen final de 50 µL. Para realizar la reacción se usó un termociclador (PTC-100®, Bio-Rad). Las concentraciones finales de los reactivos se muestran en la tabla 1.

El programa del termociclador consistió de dos etapas; la primera fue para realizar la síntesis de ADNc a una temperatura de 55 °C por 30 min. Inmediatamente al término de ese tiempo se incrementó la temperatura a 95 °C por 2 min (predesnaturalización). Al haber finalizado la primera etapa, comenzó el proceso de amplificación con una desnaturalización a 95 °C por 15 segundos (s) seguido de 40 ciclos de 30 s a 58 °C para alineamiento y 60 s a 68 °C de extensión, finalmente una extensión de 5 min a 68 °C.

Análisis de los amplicones

Para verificar los resultados de la técnica RT-PCR se realizó nuevamente una electroforesis horizontal en un gel de agarosa (Invitrogen) al 1,4% (p/v), cargando 5 µL del producto de la amplificación y 1 µL de solución de carga 6X. Finalmente, el gel se capturó fotográficamente para el análisis de los productos de amplificación.

RESULTADOS

Colecta de tejido vegetal

En Boquilla, localidad de San José Río Verde, municipio de Santiago Jamiltepec, (16° 08' 28,6" N y 97° 45' 38,7" O) se detectó por inspección visual plantas de papaya con síntomas del PRSV, los frutos mostraron las típicas marcas en forma de anillos y las hojas presentaron deformaciones relacionadas con clorosis y moteado. Se colectaron hojas jóvenes provenientes de quince plantas con síntomas virales.

Secuencias analizadas

Se obtuvieron 27 secuencias de PRSV de la base de datos (GenBank, 2018) con los siguientes números de acceso:

Reactivo	Concentración inicial	Concentración final	Total µL
2x Mezcla de reacción	2x	1x	25
Oligonucleótido-F	5 µM	0,4 µM	4
Oligonucleótido-R	5 µM	0,4 µM	4
TaqMix	200 µl	-	2
ARN	50 µg	1 µg	1
Agua			14
Total			50

Tabla 1. Reactivos para la reacción de RT-PCR. La tabla muestra las concentraciones iniciales, finales y el volumen para usar por cada reacción. Elaborada para la presente edición.

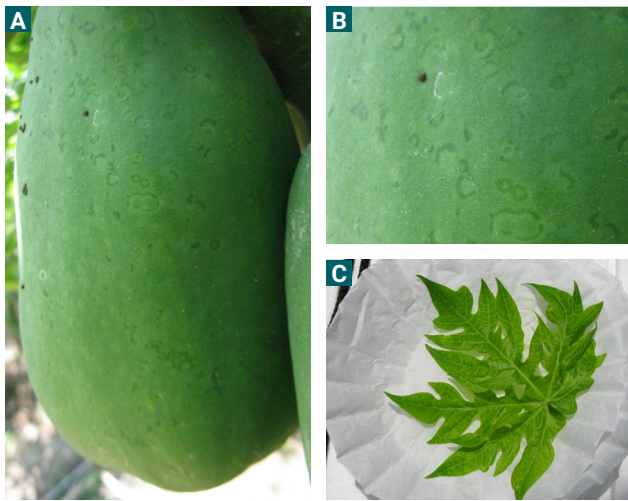


Figura 2. Plantas seleccionadas para realizar la colecta de tejido. (A) Fruto de papaya con los síntomas característicos del PRSV. (B) Acercamiento de la región con los anillos propiciados por el PRSV. (C) Hoja extraída que fue colocada en papel filtro para posteriormente ser deshidratada y procesada. Elaborada para la presente edición.

AB369277, AY010722, DQ340769, DQ340770, DQ340771, DQ374152, DQ374153, EF017707, EF183499, EU126128, EU475877, EU882728, HQ424465, JX448369, JX448370, JX448371, JX448372, JX448373, KC345609, KF734962, KF791028, NC001785, X67673 y X97251.

Diseño y verificación de los oligonucleótidos

Para conocer las regiones conservadas se sometieron las 27 secuencias de PRSV obtenidas de GenBank a un proceso de alineamiento por Clustalw. Se seleccionaron dos regiones del genoma viral que codifican para la proteína Helper component (HC-pro) y la proteína de la cápsida (CP). Para el caso de la región HC-Pro que comprende de 1727 nt a 3097 nt se obtuvo una pareja de oligonucleótidos que se etiquetaron como (HP857F y HP857R), por el tamaño del fragmento de 857 pb que se espera que amplifique del genoma viral. Los oligonucleótidos restantes se diseñaron en la región que codifica para la proteína de la cápsida. Estos se denominaron CP583F-CP583R y CP213F-CP213R porque amplifican fragmentos de 583 pb y 213 pb, respectivamente. En la tabla 2 se resumen los productos de amplificación de los iniciadores específicos diseñados en conjunto con parámetros como temperatura de fusión (T_m) y porcentaje de contenido de guanina:citosina (%GC) de cada oligonucleótido. Con el desarrollo de los análisis *in silico*, con el programa Primer Select se confirmó que las parejas de los iniciadores amplificaron los fragmentos de acuerdo a su diseño y no amplifican en ninguna otra región de la secuencia analizada en GenBank.

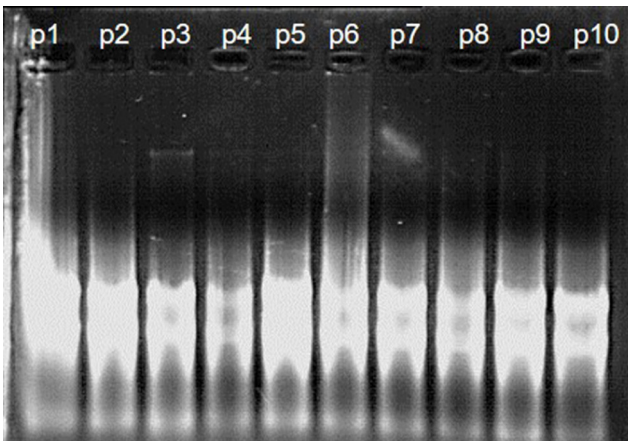


Figura 3. Análisis de la extracción del ARN. Visualización de ARN de diez plantas (p1 a p10) a partir de hojas de papaya previamente deshidratadas con silica gel que presentaron síntomas visibles del agente viral, con el uso de TRizol™. La integridad del ARN fue comprobada cargando 2 µL de cada muestra en un gel de agarosa al 1,2% (p/v). Elaborada para la presente edición.

Extracción de ARN

Se procesó el tejido deshidratado en silica gel de hojas de papaya para la obtención del ácido nucleico. El ARN obtenido de diez muestras procesadas con TRizol y posteriormente purificado presentó una pureza, según la relación de absorbancia $\lambda_{260/280}$ de entre 1,875 y 2,191 siendo esta la calidad seleccionada para el desarrollo de la técnica RT-PCR. En cinco de las hojas restantes no se logró extraer suficiente calidad y cantidad de ARN, por tanto, se procesaron únicamente 10 muestras para los análisis subsecuentes.

Análisis RT-PCR

El ARN en conjunto con los oligonucleótidos (HP857F-R, CP583F-R y CP213F-R) y la reacción de RT-PCR amplificaron

Oligo	Secuencia (5' 3')	Tamaño pb	Gen blanco	Localización (nt)	Tm (°C)	GC (%)
HP857F	TTGTGAGCTTGAACGTTTAC	857	HC-Pro	1948-1967	45.4	40
HP857R	CCTCATTTTCAGGTATGTTT			2785-2804	43.5	35
CP583F	ATCCGCAACAATTGACATT	583	CP	9540-9559	49.6	35
CP583R	ATTTAGTTGCGCATACCCAG			10103-10122	49.7	45
CP213F	TGAGGTGAATTCGAAAACAC	213	CP	9928-9947	47.4	40
CP213R	AAACACACAAGCGCAGGTAT			10121-10140	49.9	45

Tabla 2. Secuencias de los oligonucleótidos diseñados. Las secuencias fueron obtenidas por el software Vector NTI Advance®, indicando el tamaño del fragmento amplificado, la región de interés del genoma viral, temperatura de fusión (T_m) y contenido de Guanina:Citosina (%GC). Elaborada para la presente edición.

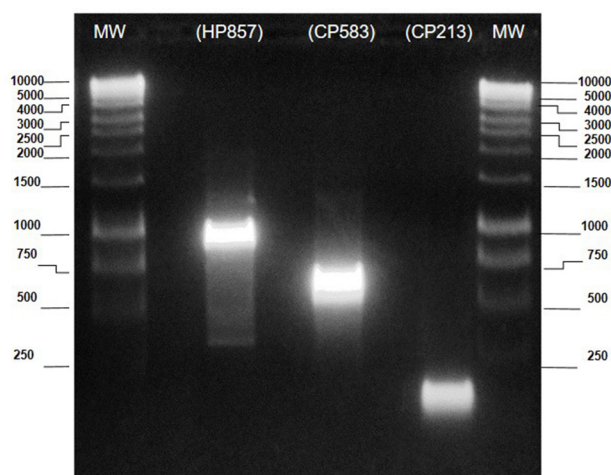


Figura 4. Obtención de los amplicones por RT-PCR. De izquierda a derecha; el primer carril, se visualiza el marcador de peso molecular Promega de 1 kb (MW); en el segundo, el producto de la reacción derivado de la pareja de iniciadores (HP857F-R); el tercer carril, el amplicón proveniente de los iniciadores (CP583F-R); el cuarto carril la amplificación producida por los oligos (CP213F-R), el último carril, el mismo marcador de peso molecular. Elaborada para la presente edición.

tres señales que se correspondieron con los análisis previos realizados *in silico* generando los fragmentos de 857 pb, 583 pb y 213 pb en las muestras de papaya procesadas.

DISCUSIÓN

Actualmente, el uso de herramientas bioinformáticas desempeña un papel importante en el desarrollo de técnicas moleculares. Con el software NTI Advance® en conjunto con la base de datos GenBank se determinaron las regiones conservadas de 27 secuencias del genoma viral del PRSV, y con los análisis *in silico* se logró predecir el tamaño de los amplicones que se obtendrían con los oligonucleótidos HP857F-R, CP583F-R y CP213F-R que se desarrollaron en la presente investigación.

Además, el cultivo de papaya ha despertado interés en el sector agrícola de la Costa por las ganancias que genera a corto plazo, originando que el estado de Oaxaca ocupe en años consecutivos los primeros lugares en la producción de papaya a nivel nacional. Pero estos logros no han sido sencillos, ya que las plantaciones son altamente susceptibles al ataque de varios agentes fitopatógenos, entre los que destacan los de tipo viral, uno de los más devastadores es el PRSV.

Así mismo, para garantizar el éxito en los rendimientos del cultivo es determinante que los centros de investigación de la región tropical contribuyan con el desarrollo y la implementación de herramientas moleculares que permitan la identificación temprana de agentes fitopatógenos como los virus para implementar el control de manera oportuna y específica.

La técnica de transporte de tejido vegetal por deshidratación con sílica gel ha sido documentada con éxito en la reacción en cadena de la polimerasa (Carrió y Rosselló, 2014). Los resultados de autores que evaluaron la estabilidad genética de plántulas de uva (*Vitis vinifera*) y kiwi (*Actinidia deliciosa*) fueron altamente reproducibles a partir de plantas criopreserva-

das usando sílica gel (Zhai *et al.*, 2003). Investigaciones con cítricos, en las que se compararon diferentes procesamientos de tejido para detectar *Candidatus Liberibacter asiaticus* por PCR, reportaron que las muestras deshidratadas en sílica gel son apropiadas para ser usadas en técnicas moleculares (Bella *et al.*, 2016). En cuanto a investigaciones de árboles de ornato se reportó que la calidad del ADN extraída por tejido preservado por sílica gel fue comparable a la pureza del ADN extraído de hojas frescas (Huang *et al.*, 2016). Los estudios relacionados con técnicas moleculares y el uso de la sílica gel como agente secante de material vegetal son amplios, sin embargo, no se encontró evidencia documentada relacionada con la técnica de RT-PCR en conjunto con el uso de material vegetal deshidratado mediante esta técnica, por ello, en el presente trabajo se reporta el éxito de la amplificación usando ARN extraído mediante este método con hojas de papaya deshidratadas con sílica gel.

Las tres parejas de oligonucleótidos HP857F-R, CP583F-R y CP213F-R amplificaron de manera exitosa los tres fragmentos esperados de acuerdo a su diseño y validado por los análisis *in silico*.

Estudios similares han reportado el uso de oligonucleótidos específicos para la detección del PRSV de plantas de papaya de Chiapas, Tabasco y Veracruz. Los oligonucleótidos fueron capaces de amplificar por medio de la técnica de RT-PCR un fragmento de 800 pb y 1100 pb del gen que codifica para la proteína de la cápsida (Ruiz y Silva, 1997). Otros investigadores en Colima usaron oligonucleótidos que flanquean la proteína de la cápsida obteniendo un amplicón de aproximadamente 1000 pb (Guzmán *et al.*, 2018). En el ámbito internacional han detectado el PRSV en plantaciones de papaya en Hawái, por la técnica de PCR anidada (Hamim *et al.*, 2018).

Actualmente, no hay reportes del desarrollo de oligonucleótidos específicos para la identificación del PRSV en plantas de papaya de la Costa de Oaxaca. Los oligonucleótidos que han sido reportados solo amplifican una región, la secuencia que codifica para la proteína de la cápsida. En cambio, los que se proponen en el presente trabajo amplifican dos regiones conservadas del genoma viral, HC-Pro y CP.

La tecnología está evolucionando constantemente y las técnicas moleculares no son su excepción porque evolucionan de tal manera para que los análisis o protocolos sean más rápidos, fáciles y confiables; sin embargo, para poder lograrlo, debemos de incursionar con otros investigadores que desarrollan otras disciplinas como: bioinformática, visión artificial, y desarrollo de aplicaciones móviles; integrando dichas disciplinas se podrán obtener herramientas integrales útiles para que los productores puedan detectar de manera rápida, económica y eficiente alguna enfermedad, ya sea ocasionada por un agente viral, bacteriano o fúngico.

CONCLUSIONES

Se reportan las secuencias de tres oligonucleótidos específicos HP857F-R, CP583F-R y CP213F-R que identificaron al PRSV de plantas infectadas, confirmando la presencia del agente viral en los cultivos de papaya localizados en San José Río Verde en el Municipio de Santiago Jamiltepec del estado de Oaxaca.

La calidad del ARN extraído proveniente de la deshidratación de las hojas de plantas papaya con sílica gel en conjunto con el reactivo TRizol™ generó una pureza que propició el correcto desarrollo de la técnica RT-PCR. Este procedimiento de preservación es útil cuando la disponibilidad de nitrógeno líquido

sea limitada y exista distancia considerable entre el sitio de colecta y el lugar de su procesamiento.

Con la implementación de herramientas bioinformáticas fue posible diseñar tres pares de oligonucleótidos específicos que amplifican regiones altamente conservadas del genoma viral. Los iniciadores aquí reportados se recomiendan para ser implementados en la identificación del PRSV en otros cultivares de papaya y regiones donde se presenten síntomas compatibles o sugerentes de PRSV.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Mar por el financiamiento otorgado para el proyecto, a los productores Ing. Alberto Reyes Cisneros e Ing. Juan Manuel Abrajan por el material vegetal que donaron a la investigación. Del mismo modo a los revisores anónimos que ayudaron a mejorar el presente documento.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

ABREU, P.; PICCINA, J.; SILAS, P.; BUSSA, D.; VENTURA, J.; FERNANDES, P. 2012. Molecular Diagnosis of papaya mealeira Virus (PMeV) from leaf samples of *Carica papaya* L. using conventional and Real-Time RT-PCR. *Virological Methods*, 180(1-2), 11-17. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2011.12.003>

ADAMS, M.; ANTONIW, J.; BEAUDOIN, F. 2005. Overview and analysis of the polyprotein cleavage sites in the family Potyviridae. *Molecular Plant Pathology*, 6(4), 471-487. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00296.x>

AZAD, M.; KALAM, A.; AMIN, L.; SIDIK, N. 2014. Gene technology for papaya ringspot virus disease management. *The Scientific World Journal*, 14 1-11. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/768038>

BELLA, P.; LICCIARDELLO, G.; SICILIA, A.; STRANO, C.; CATARA, A.; DENG, X.; DENG, Z.; LA ROSA, R.; CATARA, V. 2016. Collecting and preserving plant DNA for Huanglongbing diagnosis in citrus samples from China. *European Journal of Plant Pathology*, 146(4), 829-836. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0961-3>

CABRERA, D.; CRUZ, M.; PORTAL, O. 2010. Efecto de la temperatura en la virulencia del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-p). *Fitosanidad*, 14(2), 123-125. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209115357009>

CABRERA, D.; GARCÍA, D.; PORTAL, O. 2010. Virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-p): Biología, epifitología y diversidad genética como base para el manejo mediante técnicas biotecnológicas. *Biotecnología Vegetal*, 10(2), 67-77. (Disponible: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/273> verificado: noviembre de 2019).

CARRIÓ, E.; ROSSELLÓ, J. 2014. Salt drying: a low cost, simple and efficient method for storing plants in the field and preserving biological repositories for DNA diversity research. *Molecular Ecology Resources*, 14(2), 344-351. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12170>

CHANG, L.; LEE, Y.; SU, H.; HUNG, T. 2003. First report of papaya leaf curl virus infecting papaya plants in Taiwan. *Plant Disease*, 87(2), 204-204. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.2.204A>

CRUZ, F.; TAÑADA, J.; ELVIRA, P.; DOLORES, L.; MAGDALITA, P.; HAUTEA, D.; HAUTEA, R. 2009. Detection of mixed virus infection with papaya ringspot virus (PRSV) in papaya (*Carica papaya* L.) grown in Luzon, Philippines. *Crop Science*, 34(1), 62-74. (Disponible: <https://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/2009/20093112035.pdf> verificado: febrero de 2020).

DÍAZ, A.; QUIÑONES, M.; ARANA, F.; SOTO, M.; HERNÁNDEZ, A. 2010. Potyvirus: Características generales, situación de su diagnóstico y determinación de su presencia en el cultivo del pimiento en Cuba. *Protección Vegetal*, 25(2), 69-79. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522010000200001

ESQUIVEL, A.; CAMELO, V.; REZENDE, J.; KITAJIMA, E.; GONZÁLEZ, L. 2019. First detection of papaya ringspot virus-type W and zucchini yellow mosaic virus infecting *Cucurbita maxima* in Paraguay. *Plant Pathology*, 102, 231. <https://doi.org/10.1007/s42161-019-00367-7>

GENBANK. 2018. National Center for Biotechnology Information - NCBI. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>

GUZMÁN, S.; RENTERÍA, J.; VALADEZ, P.; BUENROSTRO, M.; MANZO, G.; VELÁZQUEZ, S. 2018. Identificación molecular de virus asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) 'maradol' en el estado de Colima. *Biotecnología y Sustentabilidad*, 2(1), 115-121. (Disponible: <http://revistas.uaz.edu.mx/index.php/biotecnologiasust/article/view/223> verificado: noviembre de 2019).

HAMIM, I.; BORTH, W.; MELZER, M.; HU, J. 2018. Ultra-sensitive detection of papaya ringspot virus using single-tube nested PCR. *Acta Virologica*, 62(4), 379-385. <https://doi:10.4149/av.2018.405>

HUANG, M.; SUN, X.; ZHOU, Y.; WANG, X. 2016. Comparison of methods to preserve *Rheum palmatum* (Polygonaceae) for efficient DNA extraction and PCR amplification. *Genetics and Molecular Research*, 15(3), 1-9. <http://dx.doi.org/10.4238/gmr.15038019>

INVITROGEN. 2008. Vector NTI Advance™ Software User manual; Invitrogen Corporation: Carlsbad, CA, EUA. (Disponible: https://www.urmc.rochester.edu/libraries/Miner/research/documents/Vector_NTAdvance_11_Users_Manual.pdf verificado: julio de 2019).

INVITROGEN. 2018. Trizol™ reagent User guide; Invitrogen Corporation: Carlsbad, CA, EUA. (Disponible: http://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/trizol_reagent.pdf verificado: septiembre de 2019).

KALLESHWARASWAMY, C.; KRISHNAKUMAR, N.; DINESH, M.; CHANDRASHEKAR, K.; MANJUNATHA, M. 2010. Evaluation of insecticides and oils on aphid vectors for the management of papaya ringspot virus (PRSV). *Agricultural Sciences*, 22(3), 552-553. (Disponible: https://www.researchgate.net/profile/Chandrashekar_KN/publication/233933434_2009_Chandra_KJAS/links/0912f50d19c3cc5302000000.pdf verificado: enero de 2020).

KELANIYANGODA, D.; MADHUBASHINI, L. 2010. Indicator plants: Tools for detecting papaya ring spot potyvirus and cucumber mosaic virus. *Food and Agriculture*, 1(2), 64-69. (Disponible: <https://jfa.sljol.info/articles/abstract/10.4038/jfa.v1i2.1800/> verificado: enero de 2020).

KWON, S.; KIM, M.; CHOI, H.; KIM, H. 2005. Biological characteristics and nucleotide sequences of three Korean isolates of zucchini yellow mosaic virus. *General Plant Pathology*, 71(1), 80-85. <https://doi.org/10.1007/s10327-004-0165-0>

MAIA, I.; HAENNI, A.; BERNARDI, F. 1996. Potyviral HC-Pro: a multifunctional protein. *General Virology*, 77(7), 1335-1341. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-77-7-1335>

MISHRA, R.; PATIL, B. 2018. First complete genome sequence of a distinct papaya ringspot virus isolate from the northeastern region of India. *Genome Announcements*, 6(22), 1-2. <https://doi.org/10.1128/genomeA.00437-18>

PEREZ, D.; TAPIA, R.; CORTES, A.; QUIJANO, A.; NEXTICAPAN, A.; MARTÍN, R. 2012. First report of papaya mealeira virus (PMeV) in Mexico. *African Journal of Biotechnology*, 11(71), 13564-13570. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB12.1189>

PRIMER SELECT®. 2006. Version 7.0. DNASTAR. Madison, WI.

RUIZ, S.; SILVA, L. 1997. Use of RT-PCR for papaya ringspot virus detection in papaya (*Carica papaya*) plants from Veracruz, Tabasco and Chiapas. *Mexicana de Fitopatología*, 15(2), 86-90. (Disponible: https://www.researchgate.net/profile/Laura_Silva-Rosales/publication/268419793_Use_of_RT-PCR_for_Papaya_Ringspotvirus_Detection_in_Papaya_Carica_papaya_Plants_from_Veracruz_Tabasco_and_Chiapas/links/54b1875b0cf2318f0f93ecfd.pdf verificado: agosto de 2019).

SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2019. (Disponible: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do verificado: noviembre de 2019).

SHEN, W.; YAN, P.; GAO, L.; PAN, X.; WU, J.; ZHOU, P. 2010. Helper component proteinase (HC-Pro) protein of Papaya ringspot virus interacts with papaya calreticulin. *Molecular Plant Pathology*, 11(3), 335-346. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2009.00606.x>

SULTANA, S.; ROY, B.; SHERPA, A. 2019. Natural occurrence of papaya ringspot virus in *Clitoria ternatea* in India. *Plant Pathology*, 101(1), 183-183. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0128-5>

TAPIA-TUSSELL, R.; MAGAÑA-ALVAREZ A.; CORTES-VELAZQUEZ A.; ITZA-KUK G.; NEXTICAPAN-GARCEZ A.; QUIJANO-RAMALLO A.; MARTIN-MEX, R.; PEREZ-BRITO D. 2015. Seed transmission of papaya mealeira virus in papaya (*Carica papaya*) cv. maradol. *Plant pathology*, 64(2), 272-275. <https://doi.org/10.1111/ppa.12279>

TRIPATHI, S.; SUZUKI, J.; FERREIRA, S.; GONSALVES, D. 2008. Papaya ringspot virus P: characteristics, pathogenicity, sequence variability and control. *Molecular Plant Pathology*, 9(3), 269-280. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2008.00467.x>

WU, H.; LIN, S.; CHEN, K.; YEH, S.; CHUA, N. 2010. Discriminating mutations of HC-Pro of zucchini yellow mosaic virus with differential effects on small RNA pathways involved in viral pathogenicity and symptom development. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 23(1), 17-28. <https://doi.org/10.1094/MPMI-23-1-0017>

YAP, Y.; DUANGJIT, J.; PANYIM, S. 2009. N-terminal of papaya ringspot virus type-W (PRSV-W) helper component proteinase (HC-Pro) is essential for PRSV systemic infection in zucchini. *Virus Genes*, 38(3), 461-467. <https://doi.org/10.1007/s11262-009-0348-z>

YEH, S.; JAN, F.; CHIANG, C.; DOONG, T.; CHEN, M.; CHUNG, P.; BAU, H. 1992. Complete nucleotide sequence and genetic organization of papaya ringspot virus RNA. *General Virology*, 73(10), 2531-2541. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-73-10-2531>

ZHAI, Z.; WU, Y.; ENGELMANN, F.; CHEN, R.; ZHAO, Y. 2003. Genetic stability assessments of plantlets regenerated from cryopreserved *in vitro* cultured grape and kiwi shoot-tips using RAPD. *CryoLetters*, 24(5), 315-322. (Disponible: <https://www.ingentaconnect.com/content/cryo/cryo/2003/0000024/0000005/art00006#> verificado: diciembre de 2019).

Contribución del bienestar animal a la calidad de la carne vacuna

Munilla, M.E.^{1,2}; Vittone, J.S.¹; Romera, S.A.^{2,3}; Teira, G.A.⁴

RESUMEN

El bienestar de los animales es un concepto que debe abordarse en todas las etapas de la vida de los bovinos. Su preservación no solo está integrada por aspectos éticos, sino también por la posibilidad de mejorar los niveles de producción y la calidad de la carne. Es importante que todos los sujetos que intervienen en la crianza, traslado y faena de los bovinos para producción de alimentos entiendan la importancia del cuidado de los animales. Para ello, es necesario conocer los mecanismos por los cuales las condiciones brindadas afectan las características sensoriales y nutritivas de la carne. Ello se debe a que la composición de la carne comienza a definirse en la etapa de producción primaria. Los sistemas de producción intensiva que se orientan a maximizar la producción deben garantizar el bienestar animal. En este sentido, es responsabilidad del hombre encargado de los animales garantizar alimento, agua y condiciones ambientales adecuadas. El confort de los animales, la alimentación y la genética contribuyen a la obtención de una res bien conformada. Mientras que los eventos de estrés agudo y crónico repercuten negativamente sobre las características y la conservación de los productos cárnicos. El objetivo de la presente revisión es abordar los efectos del bienestar animal sobre la producción y calidad de la carne. Además, se presenta un modelo de engorde intensivo desarrollado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) donde se consideran las condiciones de manejo y alimentación para contribuir al bienestar animal.

Palabras clave: ganado, carne vacuna, estrés animal, engorde a corral.

ABSTRACT

The animal welfare concept must be considered in every cattle life phases. Its preservation is not just integrated by ethical aspects, but by the possibility of improving productivity and meat quality. It is important that every person involved in the raising process, transportation and slaughter of cattle understands the importance of animal care. It is necessary know the mechanisms by which the conditions provided affect the sensorial and nutritional characteristics of the meat. It is known that meat composition begins to be defined in the primary production stage. Intensive production systems that aim to maximize production must guarantee animal welfare. This is because animals depend entirely on man's will to agreement adequate food, water and environmental conditions. The animal comfort food and genetics contribute to obtaining an excellent carcass. While acute and chronic stress events negatively affect the characteristics and preservation of meat products. The objective of this review is to evaluate the effects of animal welfare on production and meat quality. In addition, a fattening system developed by the National Agricultural Technology Institute (INTA) is presented, where management and feeding conditions are considered to contribute to animal welfare.

Keywords: cattle, beef, animal stress, feedlot.

¹Departamento de Rumiantes, Ruta Provincial 39 km 143,5 (3260) Entre Ríos, Argentina.

Correo electrónico: munilla.maria@inta.gob.ar; vittone.juan@inta.gob.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas (CICVyA), Instituto de Virología, Nicolás Repetto y de los Reseros s/n (1686) Hurlingham, Buenos Aires, Argentina.

Correo electrónico: romera.alejandra@inta.gob.ar

⁴Universidad Nacional de Entre Ríos, Facultad de Ciencias de la Alimentación, Laboratorio de Industrias Cárnicas, Monseñor, Entre Ríos, Argentina. Correo electrónico: gustavo.teira@uner.edu.ar

INTRODUCCIÓN

Concepto y aspectos éticos del bienestar animal

El bienestar animal se refiere al estado de armonía del animal con su entorno considerando su confort, alojamiento, nutrición, prevención de enfermedades, cuidado responsable, manejo y sacrificio. Por ello es el factor más importante para que los animales alcancen el mejor estado de salud posible y se logre en forma racional un máximo beneficio económico (Gil *et al.*, 2005). Durante el proceso de producción existen momentos críticos a tener en cuenta como son el manejo del animal a campo, su traslado al frigorífico y su manejo previo a la faena.

El creciente interés por el bienestar animal se ha manifestado durante los últimos años a través de actividades de comités científicos, discusiones parlamentarias e informes de gobierno, coberturas en medios de comunicación, programas de enseñanza, implementación de legislaciones y financiamiento para investigación científica (Broom, 2004). Los consumidores, por su parte, manifiestan interés por el origen de los alimentos y por los procesos productivos a los que se someten a los animales (Grandin, 2014).

En la mayoría de las industrias del mundo los consumidores han empezado a preguntar sobre el origen de los productos que compran. Además, requieren que las compañías cuenten con altos estándares éticos en cada aspecto de su negocio. Incluso demandan un sistema de trazabilidad que les permita comprobar que los animales se crían de forma tal que su bienestar esté asegurado a lo largo del ciclo de producción. Los productores son conscientes de la importancia de brindar información sobre la calidad de los productos que respondan a las necesidades y valores de los consumidores. La posibilidad de proporcionar información precisa y contrastada por un tercero mediante certificación es un compromiso con la sociedad y puede mejorar la valorización del producto. Los consumidores exigen honestidad a las marcas y que ofrezcan información para contribuir en sus decisiones de compra tales como establecimiento de origen, alimentación, crianza y nivel de bienestar animal (AENOR, 2019).

Estos motivos éticos con respecto a la vida de los animales tienen fundamental importancia y pueden constituir barreras no arancelarias que limitan la entrada de productos de origen animal desde otros países donde no se asegure un buen nivel del bienestar animal. Además existe una vinculación directa entre el bienestar animal y la calidad del producto (Gil *et al.*, 2007).

Legislación del bienestar animal

El bienestar animal se ha integrado a la agenda política en varios países en respuesta a las exigencias de la sociedad. Por ejemplo, en la Comunidad Europea cuentan con un protocolo para el bienestar animal, el cual se incluye dentro del Tratado de Ámsterdam de 1977, que constituye una gran contribución y obliga a las instituciones y estados miembros de la comunidad europea a incorporar el bienestar animal en la producción, transporte, investigación y en las políticas de mercado (Carrillo Domínguez *et al.*, 2015). Pareciera que el aspecto que más se asocia con la adopción de principios y regulaciones sobre bienestar animal para los animales de granja es la exportación. Por una parte, los países que exportan a los mercados más exigentes como la Unión Europea han adecuado sus regulaciones para dar respuesta a las exigencias de este mercado y desarrollan activamente nuevas iniciativas para abordar el tema. Esta

tendencia abarca obligatoriamente los aspectos de sacrificio y transporte. Por otra parte, están los países que aspiran a incrementar el cupo de exportación, como Uruguay, y que reconocen la importancia del bienestar animal, ya sea para incorporarlo o para mejorarlo (Rojas, Stuardo y Benavides, 2005).

En Argentina, los avances en legislaciones son principalmente en torno a los animales de compañía. La Ley 14.346 de Protección Animal instituye penalidad frente a su infracción, pero no posee control ni ejecución efectiva de las penas. La Ley 18.819 contempla las técnicas de insensibilización en faena de animales y prohíbe el uso de maza en el sacrificio de bovinos, equinos, ovinos, porcinos y caprinos. Actualmente, el SENASA convoca periódicamente a la Comisión Nacional de Bienestar Animal con representantes del sector productivo, industrial y asociaciones proteccionistas de los animales. Otras legislaciones que contribuyen en cierta medida al bienestar animal son la habilitación de transportes para el ganado, las certificaciones de producciones ecológicas y los manuales de buenas prácticas en producción bovina y en el transporte. También existen normas para la instalación de las plantas de faena, con corrales de espera, sistemas de noqueo adecuados e indicadores para evaluar la eficiencia de manejo (Friedrich, 2012).

Bienestar y factores que afectan la calidad de la carne

La investigación sobre calidad de la canal y de la carne en la mayoría de los casos se ha hecho separando la producción primaria del producto final. Por una parte, se evalúa el desempeño productivo del ganado (ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia alimentaria, etc.) y, por otra parte, se evalúa la calidad de la carne, lo cual no permite establecer una relación directa de causa-efecto. Por ejemplo, no es posible determinar qué repercusión tendría utilizar una estrategia particular de producción sobre el comportamiento productivo y la calidad e inocuidad de la carne (Arias *et al.*, 2019). El desarrollo de herramientas y tecnologías de procesos que mejoren el confort de los animales durante la etapa de producción primaria son necesarios para mejorar la obtención de carne vacuna y facilitar el acceso a mercados internacionales. El respaldo que brinda la disciplina científica también contribuye a su implementación a escala comercial.

Un ambiente satisfactorio para los bovinos brinda condiciones térmicas y físicas confortables que se manifiesta a través de la salud y el comportamiento social adecuado. Los ambientes que no concuerdan con estas características favorecen la aparición de eventos de estrés. El estrés es el estado del animal en relación con la pérdida de confort animal y es definido como la acción de estímulos provocados por el entorno sobre el sistema nervioso, endocrino, circulatorio y digestivo de un animal produciendo cambios en su funcionalidad (Broom, 2005). De acuerdo a su duración y frente a los estímulos externos e internos, se manifiesta una combinación de cuatro respuestas de defensa biológica: cambios comportamentales y cambios en la actividad del sistema nervioso autónomo, inmune y neuroendocrino. Pese a que los cuatro sistemas están disponibles para que el animal responda a un factor estresante no todos son utilizados de forma simultánea. La homeostasis se mantiene cuando los dos primeros mecanismos están involucrados. Sin embargo, cuando los cuatro mecanismos de defensa han sido implicados, algunas de las funciones biológicas pueden verse afectadas negativamente (Trevisi y Bertoni, 2009). La percepción del factor estresante modula el compor-

tamiento y la fisiología. Por ello, es importante la previsión y el control de situaciones estresantes en los sistemas de producción (Jensen y Toates, 1997).

Las condiciones de estrés durante la etapa de producción primaria, específicamente en el período de engorde, pueden provocar disminución del consumo, menores ganancias de peso y mayor incidencia de enfermedades que contribuyen a que los animales sean menos eficientes y deban permanecer en el establecimiento por más tiempo, hasta alcanzar la condición de terminación deseada para ser enviados a faena. El engorde a corral (feedlot) ofrece condiciones que contribuyen a la aparición de factores estresantes, principalmente el confinamiento y la presencia de barro en los corrales, entre otros (Ferrari y Speroni, 2008). El barro es considerado el principal problema del feedlot (Boyles, 2001; Grandin, 2016; Machado Brito, 2012). Los establecimientos ganaderos con engorde a corral situados en regiones con precipitaciones mayores a 500 mm anuales presentan dificultad para mantener los corrales secos y se enfrentan a la formación de barro (Grandin, 2016). En las regiones de Argentina con menos de 600 mm anuales, la evaporación es altamente eficiente para reducir los volúmenes de líquido recogidos en el feedlot. En zonas con 600-1.200 mm anuales la instalación se torna más compleja y en regiones con más de 1.200 mm anuales no sería aconsejable instalar feedlots (Pordomingo, 2003). De acuerdo a estos parámetros, la región Pampeana y gran parte del Litoral argentino constituyen regiones complejas para la instalación de feedlots. La falta de infraestructura y el manejo inadecuado de los efluentes y del barro someten a los animales a condiciones negativas para su bienestar. En un feedlot de 1.000 animales se producen diariamente entre 3 y 5 t de estiércol y el ritmo de producción es superior al secado, por lo cual, el manejo de los efluentes generados se vuelve incontrolable. De todas estas externalidades negativas de los encierres, la producción de olores desagradables y la acumulación de barro en los corrales son las rechazadas por la sociedad en su conjunto (Vittone *et al.*, 2015).

En sistemas de engorde a corral, la asignación de superficie es de 10 a 20 m²/animal. Una de las alternativas más accesibles y sencillas para incorporar y disminuir los efectos negativos del confinamiento es brindar más superficie para los animales. Mader y Griffin (2015) reportaron que en regiones con 720 mm de precipitaciones anuales la asignación de 46 m²/animal son suficientes para mantener el corral seco. Además, si se duplica la superficie asignada, es posible reducir la formación de barro y las consecuencias negativas sobre la producción (Mader, 2011; Holland, 2012).

Los productos cárnicos para la exportación y consumo interno deben cumplir con una serie de requisitos tales como seguridad alimentaria, calidad sensorial acorde a las exigencias del consumidor, bienestar animal y funcionalidad. En este contexto, el desarrollo e implementación de estrategias de producción de carne bovina resultan relevantes para alcanzar los estándares de calidad exigidos por el mercado actual (Vittone *et al.*, 2013).

Es bien conocido que los vacunos engordados con dietas energéticas exhiben una marcada uniformidad de terminación y su carne presenta características constantes a lo largo del año. Ambas particularidades son demandadas por los frigoríficos y por los consumidores (Ferrari, 2013). La composición de la carne se establece completamente durante toda la vida del animal, mientras que su calidad se ve mayormente afectada por factores *ante mórtem* y *post mórtem* (Onega Pagador,

2003). Sañudo (1993) pone de manifiesto la importancia de los factores intrínsecos del animal (raza, genotipo, sexo, edad, peso) y los factores productivos y medioambientales sobre la calidad de la canal (peso, conformación, engrasamiento).

Las características fundamentales para obtener una res de alto rendimiento industrial son una óptima conformación y elevado rendimiento de res (peso de res/peso vivo desbastado). El factor que más afecta el rendimiento es el tipo de dieta. Dietas con una mínima cantidad de fibra presentan mayor concentración energética y se ha demostrado que eleva el rendimiento (Guenther *et al.*, 1965; Bucy y Bennion, 1962).

Una buena conformación puede ser desvalorizada por una mala terminación, y viceversa. La conformación se refiere a la proporción y distribución del tejido muscular en las zonas de mayor valor comercial, por ejemplo, en el cuarto trasero. Dicho valor está sujeto a la correcta distribución de las masas musculares y la grasa adyacente, que deberá desarrollarse de forma uniforme. La falta de uniformidad indica alteraciones de orden nutricional en la crianza y el engorde. También tiene importancia el color de la grasa, que debe ser blanco cremoso o nacarado, dado que es un indicador de precocidad y buena alimentación. Además de las características fisicoquímicas, la apreciación por parte de los consumidores está dada por la calidad de vida y el bienestar que tuvieron los animales durante su vida. La calidad está dada por factores genéticos, ambientales, nutricionales y de manejo. Además, la manipulación prefaena, método de inmovilización, sacrificio, enfriado y condiciones de almacenamiento incluyendo además aspectos relacionados con el medioambiente, éticos y bienestar animal definen la calidad (Pordomingo, 2017).

La terminación o cantidad de grasa que recubre a la res debe guardar relación con las masas musculares, pero varía de acuerdo con el mercado para el cual está destinado. La res para cualquier mercado tiene que presentar la máxima cantidad de músculo en relación con su esqueleto y la cantidad necesaria de grasa exigida según los consumidores y mercados por el mercado, teniendo en cuenta que un exceso disminuye el valor de la res (Ferrari y Speroni, 2008). La grasa es responsable, en parte, del sabor de la carne y resulta necesaria para la conservación de la carcasa. Puesto que hay que recortar el exceso de grasa en la carne, se la considera un producto desperdiciado y, en consecuencia, los consumidores suelen rechazar el exceso de grasa, independientemente de su contribución a la calidad del producto (Lobato, 2008).

La terneza es uno de los aspectos más importantes para determinar la calidad de la carne. Su grado de variabilidad es el principal factor de insatisfacción por parte de los consumidores. Las diferencias pueden deberse a varios factores *ante mórtem* como la edad, alimentación, genética, transporte, manejo prefaena y disposición de grasa (nivel de marmolado de la carne), entre otras. Entre las prácticas *post mórtem* que la afectan se encuentran la estimulación eléctrica, enfriamiento, conservación y métodos de tiernización. Para mantener elevados grados de terneza es necesario implementar buenas prácticas desde la etapa de producción primaria. La reducción del estrés y no limitar la alimentación con recursos de buena calidad contribuyen a la continuidad de deposición de grasa intramuscular (Špehar *et al.*, 2008).

Las reservas de glucógeno muscular son de suma importancia para asegurar la calidad de la carne. Su cantidad está relacionada con el tipo de alimentación y con el nivel de estrés antes de la faena. Dietas con altas concentraciones de energía

tales como las ofrecidas en el engorde intensivo permiten incrementar las reservas musculares de glucógeno debido a una mayor disponibilidad de propionato para la gluconeogénesis a nivel muscular. Por lo tanto, las altas reservas de glucógeno y la minimización del estrés de los animales antes de la faena permitirán una correcta y suficiente transformación de dicho glucógeno en ácido láctico. Esto permitirá que el pH descienda rápidamente hasta niveles menores de 5,6 a las 24 h *post mortem*, compatibles con una adecuada conservación de la carne (Grigera *et al.*, 2003; Monteiro y Peluffo, 2002).

La calidad de la carne está particularmente determinada por su composición química y por sus características organolépticas tales como la terneza, el color, el olor, el sabor y la jugosidad. El sistema de producción, el tipo de animal, el plano nutricional ofrecido y el manejo pre- y posfaena pueden modificar considerablemente estas características (Grigera *et al.*, 2003).

La tasa de ganancia de peso de los animales puede contribuir a la mejora de la terneza. Ello se debe a que producen una mayor velocidad de recambio proteico a nivel muscular y determinan mayor cantidad y actividad de las enzimas responsables de la degradación de las fibras musculares y por lo tanto se logra mayor terneza. A su vez, la presencia del colágeno condiciona la terneza. En condiciones de altas ganancias de peso presenta mayor solubilidad como producto de este mayor recambio proteico (Grigera *et al.*, 2003).

En la actualidad, los mercados nacionales e internacionales demandan que los alimentos de origen cárnico sean inocuos y seguros para el consumo humano. Los consumidores y los gobiernos están cada vez más atentos a la seguridad alimentaria, entendida como la certeza de que los alimentos son inocuos para la salud humana. Esto ha llevado a mayores exigencias en torno a las condiciones de higiene en que se elaboran los alimentos, al no uso de hormonas como método para lograr productos de determinadas características, así como al uso de antibióticos y a los componentes del forraje. Estas crecientes exigencias son particularmente severas en los países desarrollados, pero tienden a generalizarse cada vez más (Laens y Paolino, 2004).

El síndrome urémico hemolítico es la causa más frecuente de insuficiencia renal aguda en la infancia a nivel mundial y el riesgo de mortalidad es del 2 al 7%. Es un verdadero problema para la salud humana. Argentina tiene la mayor incidencia mundial en menores de 5 años y presenta un promedio de 400 casos anuales (Boletín de Vigilancia epidemiológica del Ministerio de Salud de la Nación, 2017) mientras que en Estados Unidos enferman 37.000 personas y mueren más de 30 por año (Andrews, 2013). Las cepas llamadas enterohemorrágicas de la bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*, O157:H7) son el principal agente causal de esta patología y su incidencia está directamente relacionada con el consumo de alimentos contaminados. El ganado bovino ha sido señalado como el principal reservorio de cepas para infecciones en humanos a partir de 1982, cuando se produce el primer brote vinculado al consumo de hamburguesas. La contaminación de los alimentos se debe principalmente al contacto con las heces de los animales. *E. coli* es un patógeno que naturalmente se encuentra en el tracto digestivo de los bovinos, pero que puede ser minimizado por determinadas prácticas de manejo, por ejemplo, con mejores condiciones de higiene. Investigaciones llevadas a cabo en Estados Unidos han revelado que el nivel de contaminación del ganado puede ser reducido sustancialmente mediante estrategias de intervención en las diferentes etapas de su procesa-

miento. La presencia de *E. coli* en la carcasa está relacionada con la presencia de heces en el cuero. La experiencia de los EE. UU. demuestra que bajar la contaminación de la carne durante la faena no es suficiente ya que la contaminación de las reses está directamente relacionada con la prevalencia prefaena (Mercado, 2007) puesto que el ganado embarrado presenta mayor carga de microorganismos adheridos en el cuero (Smith *et al.*, 2001; Alende, 2010).

La carne de bovino forma parte de la dieta integral alimenticia de la humanidad, principalmente por el alto valor nutricional que representa y para producir una carne segura y sana es necesario modificar e implementar nuevas prácticas de producción pecuaria (Rojas *et al.*, 2005). Las malas prácticas ganaderas generan un perjuicio económico evitable en el valor del animal y atentan contra la calidad y el rendimiento de la carne de nuestro país. El desarrollo constante de estrategias sobre el bienestar animal basadas en los análisis de riesgos y puntos críticos hará posible la integración paulatina del bienestar animal y las normas relativas a la seguridad alimentaria (Bergaglio, 2013).

Bienestar animal en sistemas ganaderos intensivos

El proceso de intensificación en los sistemas de producción de carne se adopta como estrategia de desarrollo e incremento de la eficiencia de producción. Se produce en relación con el incremento de uso de insumos para alimentación y sanidad, además de mejoras en la genética y gestión de las explotaciones (Masaquiza Moposita, 2017). Sin embargo, las cadenas de valor alimentarias modernas implican una mayor huella ecológica (FAO, 2017). Los cambios abruptos en el uso de los recursos, el confinamiento de gran cantidad de animales y el incremento en el uso de insumos pueden resultar nocivos para el ambiente, el bienestar animal y la calidad de la carne que se produce (Power, 2010). Por lo expuesto, existe un conflicto de intereses entre la demanda de proteína de origen animal y los sistemas de producción que deben adecuarse al nivel de eficiencia sin perjudicar el bienestar de los animales y al ambiente.

En el engorde a corral los animales permanecen confinados y se utilizan dietas con alta concentración de energía y alta digestibilidad con el objetivo de acortar los plazos respecto de planteos extensivos. Esta condición es valorada por los principales centros de distribución ya que permite garantizar las entregas en tiempo y forma durante todo el año, factor fundamental para la logística de abastecimiento. En estos sistemas de producción de carne los animales dependen por completo del hombre para satisfacer sus necesidades diarias básicas tales como alimento, agua, refugio y salud (OIE, 2013).

Sin embargo, el confinamiento puede afectar el bienestar animal, asociado a alteraciones del comportamiento, indicadores de salud e higiene animal (Macitelli *et al.*, 2020).

En Argentina, gran parte de los establecimientos de engorde a corral se ubican en regiones con aptitud agrícola, y en todos los casos el régimen de precipitaciones es superior al recomendado para evitar la formación de barro. Las condiciones medioambientales deben ser consideradas al momento de establecer la asignación de espacio para el engorde de bovinos (Munilla *et al.*, 2020).

En la estación experimental agropecuaria del INTA Concepción del Uruguay se desarrolló una alternativa al uso de corrales y que presenta eficiencias semejantes a las de un feedlot industrial. El "feedlot ecológico" es un modelo de engorde

intensivo de bajo impacto ambiental que se desarrolló experimentalmente para definir asignación de superficie, impacto ambiental, parámetros productivos, etc. Actualmente se implementa en diferentes escalas productivas en empresas agrícolas y ganaderas de Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos, Corrientes, Formosa y Buenos Aires. El feedlot ecológico (figura 1) surgió en respuesta a la preocupación por las condiciones de barro y confinamiento que implicaba el engorde a corral tradicional (Vittone *et al.*, 2017).

El objetivo del modelo es lograr alta eficiencia de producción de carne preservando el ambiente y el bienestar animal. Consiste en asignar más espacio, rotar los animales y suministrar el alimento en comederos de autoconsumo. Consiste en asignar 100 m²/cabeza y rotar los animales en parcelas. De esta manera se reduce la formación de barro, la acumulación de deyecciones en superficies reducidas, se minimizan los olores desagradables y no se contamina el agua (Otero *et al.*, 2007; Munilla, 2018). Los animales logran ganancias de peso superiores a 1 kg/día y presentan una eficiencia de conversión de 6-7 a 1 (kg de alimento consumido por kg de peso vivo obtenido). Este sistema es una alternativa para agregar valor a los granos (transformándolos en carne vacuna) con mínima inversión de infraestructura y a pequeña o mediana escala, preservando el medioambiente y el bienestar de los animales (Vittone, Biolatto y Galli, 2013).

Los animales siempre disponen de superficie seca donde descansar. Además, las deyecciones no se acumulan en la superficie (Vittone *et al.*, 2015). La dieta de los animales consiste únicamente en una ración que se suministra en comederos de autoconsumo y a la cual los animales tienen acceso permanente. De esta manera se elimina la competencia entre animales y minimiza la ocurrencia de disturbios digestivos (Munilla *et al.*, 2018). En experiencias recientes se demostró que, además de tener niveles de producción competitivos y mejorar el bienestar de los animales, es posible obtener mejores rendimientos de res y carne con atributos de calidad adecuados para los consumidores (Munilla *et al.*, 2020; Munilla *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

En términos de producción animal, no solo debe contemplarse la eficiencia, sino también el bienestar de los animales por

motivos éticos y para responder a las exigencias de los consumidores y los mercados internacionales. El bienestar animal contribuye a la calidad de la carne en diferentes aspectos. El manejo de los animales afecta el rendimiento de la res y la composición nutricional y sensorial, principalmente en los sistemas intensivos con dietas concentradas. Es necesario contemplar diferentes aspectos como alojamiento, manejo, nutrición y prevención de enfermedades para mejorar efectivamente el confort de los bovinos. Es posible la implementación de modelos intensivos que preserven el bienestar, basados en más asignación de espacio y modelos de autoconsumo. Su adopción es factible para mediar no solo la calidad de vida de los animales, sino la calidad de los productos cárnicos.

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. 2019. Bienestar animal: una apuesta por la transparencia y la confianza de los consumidores. Certificadora de Bienestar Animal, España. (Disponible: <https://www.interempresas.net/Industria-Carnica/Articulos/252787-Bienestar-Animal-una-apuesta-por-la-transparencia-y-la-confianza-de-los-consumidores.html> verificado: 12 de junio de 2021).
- ALASSIA, G.; GATTI, Z.; STEFANAZZI, D. 2008. Proyecto de Inversión de engorde bovino a corral. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. 117 p. (<http://www.agro.unlpam.edu.ar/licenciatura/diseño/engordebob.pdf> verificado: 23 de junio de 2021).
- ALLENDE, M. 2010. Bienestar animal y reducción del estrés en el feedlot. (Disponible: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-bienestar_animal_y_manejo_racional_en_el_feedlot.pdf verificado: 12 de junio de 2021).
- ARIAS, R.; KEIM, J.; GANDARILLAS, M.; VELÁSQUEZ, A.; ALVARADO-GILIS, C.; MADER, T. 2019. Performance and carcass characteristics of steers fed with two levels of metabolizable energy intake during summer and winter season. *Animal*, 13(1), 221-230. doi:10.1017/S1751731118001131
- BERGAGLIO, O.E. 2013. La Práctica de Bienestar Animal: una ventaja competitiva para el ganado y la carne en la Argentina. Apuntes agroeconómicos N.º 8. Facultad de Ciencias Agrarias, UBA. (Disponible: <https://www.agro.uba.ar/apuntes/wp-content/uploads/2020/03/la-practica-de-bienestar-animal-una-ventaja-competitiva-para-el-ganado-y-la-carne-en-la-argentina.pdf> verificado: 12 de junio de 2021).
- BOYLES, S. 2001. Feedlot mud management. *Ohio University State, Ohio Beef Cattle Letter*. (Disponible: <http://u.osu.edu/beef/2001/06/13/feedlot-mud-management/> verificado: 15 de junio de 2021).
- BROOM, D.M. 2004. Bienestar animal. En: GALINDO MALDONADO, G.; ORIHUELA TRUJILLO, A. (Ed.). *Etología aplicada*. U.N.A.M., 51, 87. México. (Disponible: https://www.researchgate.net/publication/299608187_Bienestar_animal verificado: 12 de junio de 2021).
- BROOM, D.M. 2005. The effects of land transport on animal welfare. *Rev. Sci. Tech. off Int. Epiz.* 24 (2): 683-691. (Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16358519/> verificado: 12 de junio de 2021).



Figura 1. Feedlot ecológico desarrollado por la EEA INTA Concepción del Uruguay.

- BUCHY, L.V.; BENNION, L.L. 1962. Concentrate – Roughage levels in diets of fattening steers. *Journal of Animal Science* 21 (3): 666.
- FERRARI, O. 2013. Ganadería eficiente: Claves para el manejo productivo. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca de la nación. 233 p. (Disponible: <http://meran.fcv.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?idi=8614#YtVXoXbMKM8> verificado: 19 de junio de 2021).
- FERRARI, O.; SPERONI, N.A. Feedlot actual. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca de la nación. 430 p.
- FRIEDRICH, N.O. 2012. Bienestar animal. *Revista Información Veterinaria*, 170:41-43 y 171:42-44. Córdoba. (Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_general/32-Bienestar_Animal.pdf verificado: 19 de junio de 2021).
- GIL, F.; MARINI, H.; DELGADO, M.L.; PAIS, P.M. 2005. Bienestar animal y su impacto económico. *Rev. Hereford*, 71(637):66-79. Buenos Aires. (Disponible: https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_general/86-bienestar_e_impacto_economico.pdf verificado: 19 de junio de 2021).
- GIMÉNEZ ZAPIOLA, M. 2006. El bienestar animal y la calidad de la carne: Buenas prácticas de manejo del ganado. IPCVA, Cuadernillo técnico N.º 1. (Disponible: <http://www.ipcva.com.ar/files/ct1.pdf> verificado: 22 de junio de 2021).
- GRANDIN, T. 2016. Evaluation of the welfare of cattle housed in outdoor feedlot pens. *Veterinary and Animal Science*, Vol. 1-2, 23-28 pp. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2016.11.001>
- GRANDIN, T. 2014. Animal welfare and society concerns finding the missing link. *Meat Science* 98, 461-469. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.011>
- GRIGERA, J.M.; REARTE, D.; SANTINI, F.J. 2003. Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. 1.º Jornada de Actualización Ganadera, Balcarce. (Disponible: <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=148> verificado: 19 de junio de 2021).
- GUENTHER, J.J.; BUSHMAN, D.H.; POPE, L.S.; MORRISON, L.D. 1965. Growth and development of the major carcass tissues in beef calves from weaning to slaughter weight, with reference to the effect of plane of nutrition. *Journal of Animal Science* 24 (4): 1184-1191. <https://doi.org/10.2527/jas1965.24411184x>
- HOLLAND, B. 2012. Preventing Muddy Conditions in Feedlot Pens. SDSU Extension Beef Feedlot. (Disponible: <http://igrow.org/livestock/beef/preventing-muddy-conditions-in-feedlot-pens/> verificado: 19 de junio de 2021).
- INSTITUTO DE PROMOCIÓN DE CARNE VACUNA (IPCVA). 2018. Faena y producción de carne vacuna. (Disponible: http://www.ipcva.com.ar/documentos/1965_1548258434_informede_faenayproduccion4trimestre2018.pdf verificado: 19 de junio de 2021).
- JENSEN, P.; TOATES, F.M. 1997. Stress as a state of motivational systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 53:145-156. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01156-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01156-2)
- LAENS, S.; PAOLINO, C. 2004. Estudio de competitividad de cadenas agroindustriales: Cadena carne vacuna. Centro de Investigaciones Económicas. Montevideo, Uruguay. (Disponible: http://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_URUGUAY/URY_17.pdf verificado: 19 de junio de 2021).
- LAMAS, M.F.; PONTI, D. 2014. Logística integral, etapa de producción primaria: De la cabaña al frigorífico. Serie logística pecuaria N.º 3. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. (Disponible: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/bovinos/informacion_interes/informes_historicos/_archivos//000010=Log%C3%ADstica/000002-Log%C3%ADstica%20integral%20etapa%20de%20producci%C3%B3n%20primaria.pdf verificado: 19 de junio de 2021).
- LOBATO, L. 2008. Terneza y calidad de la carne bovina. *NewsAgro Argentina*. (Disponible: <http://www.agrositio.com/vertext/vertext.php?id=89594&se=> verificado: 18 de junio de 2021).
- MACHADO BRITO, M.P. 2012. Etología bovina. 73 p. (Disponible: http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/22-TESES_etologia.pdf verificado: 18 de junio de 2021).
- MACITELLI, F.; BRAGA, J.; GELLATLY, D.; PARANHOS DA COSTA, M. 2020. Reduced space in outdoor feedlot impacts beef cattle welfare. *Animal*, 1-10. doi:10.1017/S1751731120001652
- MADER, T. 2011. Mud effects on feedlot cattle. *Nebraska beef cattle report*. (Disponible: <https://beef.unl.edu/c9405542-1c41-4b9c-a143-f192e1e72917.pdf> verificado: 15 de junio de 2021).
- MADER, T.; GRIFFIN, D. 2015. Management of cattle exposed to adverse environmental conditions. *Veterinary Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 31(2):247-258. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2015.03.006>
- MASAQUIZA MOPOSITA, D.A.; PEREDA MOUSO, J.; CURBELO RODRÍGUEZ, L.M.; FIGUEREDO CALVO, R.; CERVANTES MENA, M. 2017. Intensificación de los sistemas agropecuarios y su relación con la productividad y eficiencia. Resultados con su aplicación. Artículo de Revisión. *Rev. prod. anim.* vol. 29 N.º 2 Camagüey. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202017000200008
- MERCADO, E.C. 2007. Síndrome Urémico Hemolítico: ¿por qué Argentina? *Rev. Arg. Microbiol.* Vol. 39 N.º 4 Ciudad Autónoma de Buenos Aires. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v39n4/v39n4a01.pdf>
- MILLER, M. 1998. Factors contributing to the incidence of the dark cutting condition in beef carcasses & management strategies to prevent reductions in value due to the occurrence of dark cutter litters. *Journal of Animal Science* 76(8):2040-7. <http://dx.doi.org/10.2527/1998.7682040x>
- MUNILLA, M.E.; LADO, M.; TEIRA ROMERA, S.A.; VITTONI, J.S. 2021. Desempeño productivo de novillitos engordados en "Feedlot Ecológico" como alternativa al modelo de engorde a corral. XLVIII Jornadas de Buatría. Ed. Centro Médico Veterinario de Paysandú. Paysandú, R.O.U. 4 p. (Disponible: <http://centromedicoveterinariopaysandu.com/img/publicaciones/buatria2021.pdf> verificado: 17 de junio de 2021).
- MUNILLA, M.E.; VITTONI, J.S.; ROMERA, S.A.; LADO, M.; FRANCOU, A.; PERLO, F.; TISOCCO, O.; BONATO, P.; Fabre, R.; ROGER, E.; JENKO, C.; TEIRA, G. 2020. Efecto de las condiciones asociadas al bienestar durante el período de engorde de novillitos sobre el rendimiento y la calidad de la carne. 3.º Congreso Iberoamericano de Ingeniería de los Alimentos. R.O.U., Montevideo.
- MUNILLA, M.E.; VITTONI, J.S.; LADO, M.; FRANCOU, A.; ROMERA, S.A. 2020. Evaluación del ambiente como herramienta para definir asignación de superficie durante el engorde de bovinos. Seminario Gestión del Riesgo Agropecuario.
- MUNILLA, M.E.; FERRECIO, C.; GRAZZIOTTO, N.; MAIDANA, S.; ROMERA, S.A.; LADO, M.; CANTET, J.M.; VITTONI, J.S. 2019. Período de acostumbramiento: autoconsumo y más espacio. *Revista técnica planteos ganaderos AAPRESID*. 7 p. (Disponible: <https://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2019/03/Planteos-Ganaderos-2019.pdf> verificado: 17 de junio de 2021).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1992. Recognition and Alleviation of Pain and Distress in Laboratory Animals. Committee on pain and distress in laboratory animals, Institute of laboratory animal resources. Commission on Life Sciences. (Disponible: <https://www.nap.edu/read/1542/chapter/1#ii> verificado: 20 de junio de 2021).
- ONEGA PAGADOR, M.E. 2003. Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Tesis doctoral. Dpto. de Nutrición y Bromatología III. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. 473 p. (Disponible: <http://biblioteca.ucm.es/tesis/vet/ucm-t27264.pdf> verificado: 20 de junio de 2021).
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2017. El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos. (Disponible: <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf> verificado: 15 de junio de 2021).
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE SANIDAD ANIMAL (OIE). 2013. Código Sanitario para los animales terrestres. Proteger a los animales, preservar nuestro futuro. Vol. I. N.º 22. (Disponible: <https://www.oie.int/doc/ged/D12823.pdf> verificado: 20 de junio de 2021).
- OTERO, G.; VITTONI, J.S.; ARIAS, N.; MONJE, A.; GALLI, I.O. 2007. La intensificación de la ganadería y su impacto ecológico social. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27758>
- PORDOMINGO, A.N. 2017. Estudio de los efectos interactivos entre la edad, la alimentación y la maduración sobre las características físicas y bioquímicas de la carne bovina de novillos Angus. FVC, UNCPBA. <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1571>
- PORDOMINGO, A.J. 2003. Gestión ambiental en el feedlot, guía de buenas prácticas. (Disponible: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-gestin_ambiental_en_el_feedlot_guia_de_buenas_prctic.pdf verificado: 20 de junio de 2021).
- POWER, A.G. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 365: 2959-2971. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2010.0143>
- ROBERT, S.; SANTANGELO, F.; ALBORNOZ, I.; DANA, G. 2010. Estructura del feedlot en Argentina. Nivel de asociación entre la producción bovina a corral y los titulares de faena. (Disponible: <http://www.ipcva.com.ar/vertext/vertext.php?id=89594&se=> verificado: 20 de junio de 2021).
- ROJAS, H.; STUARDO, L.; BENAVIDES, D. 2005. Políticas y prácticas de bienestar animal en los países de América: Estudio preliminar. *Rev. Sci. Tech.* 24 (2), 549-565. (Disponible: <http://boutique.oie.int/extrait/rojas549565.pdf> verificado: 23 de junio de 2021).

- SAÑUDO, C. 1993. Calidad organoléptica de la carne. Tecnología y Calidad de los productos cárnicos. Ponencias del curso celebrado en Pamplona Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Gobierno de Navarra. (Disponible: https://www.researchgate.net/publication/28289098_La_calidad_organoleptica_de_la_carne_VII verificado: 25 de junio de 2021).
- SCANGA, J.A.; BELK, K.E.; TATUM, J.D.; GRANDIN, T.; SMITH, G.C. 1998. Factors contributing to the incidence of dark cutting beef. *J. Anim. Sci.* 76:2040-2047. <https://doi.org/10.2527/1998.7682040x>
- SMITH, H.R.; WILLSHAW, G.A.; CHEASTY, T.; O'BRIEN, S.J. 2001. Verocytotoxin producing *Escherichia coli* in England and Wales. *Epidemiology of Verocytotoxigenic E. coli Conferences Proceedings. The National Food Centre.* [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(87\)90485-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(87)90485-5)
- ŠPEHAR, M.; VINCEK, D.; ŽGUR, S. 2008. Beef quality: factors affecting tenderness and marbling. Department of Animal Science. *Stočarstvo* 62:2008 (6) 463-478. (Disponible: https://hrcaj.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=52556 verificado: 15 de junio de 2021).
- TREVISI, E.; BERTONI, G. 2009. Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *J. Anim. Sci. Sup.* 1:265-286. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.265>
- VITTONI, J.S.; MUNILLA, M.E.; LADO, M.; BLÚA, M. 2017. Feedlot ecológico rotativo integrado en rotación agrícola ganadera. (Disponible: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_feedlot_ecologico_santa_fe_hnos_blua.pdf verificado: 18 de junio de 2021).
- VITTONI, J.S.; MUNILLA, M.E.; LADO, M.; CORNE, M.; RÉ, A.; BIOLATTO, B.A.; GALLI, I.O. 2015. Experiencias de recría y engorde con raciones secas en autoconsumo. INTA Ediciones. (Disponible: <https://inta.gob.ar/documentos/experiencias-de-recría-y-engorde-con-raciones-secas-en-autoconsumo> verificado: 17 de junio de 2021).
- VITTONI, J.S., BIOLATTO, A., LADO, M., GANGE, J. M. y GALLI, I. 2013. Short paper: Strategies for increase meat production in Argentina: economic analyses. 59th Congress of Meat Science and Technology, Ismir, Turquía.
- VOISINET, B.D.; GRANDIN, T.; O'CONNOR, S.F.; TATUM, J.D.; DEESING, M.J. 1997. *Bos indicus*-cross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. *Meat Science*, 46(1):367-377. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(97\)00031-4](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(97)00031-4)
- WARNER, R.D.; GREENWOOD, P.L.; PETHICK, D.W.; FERGUSON, D.M. 2010. Genetic and environmental effects on meat quality. *Meat Science* 86(1):171-83. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.042>

Secuencias de cultivos anuales para forraje y pastura perenne en suelo agrícola degradado

Bertin, O.D.¹; Camarasa, J.N.^{1,2}; Barletta, P.F.¹; Mattered, J.¹; Pacente, E.¹; Beribe, M.J.¹

RESUMEN

La intensificación de los sistemas ganaderos a través de la incorporación de los cultivos anuales permite potenciar a las pasturas perennes. El objetivo del trabajo fue evaluar la producción forrajera, contenido de proteína bruta del forraje y las variables físicoquímicas del suelo, con dos regímenes hídricos y con distintas secuencias de cultivos de verano para forraje conservado y de verdes de invierno para corte, complementando a una pastura de alfalfa en un suelo agrícola degradado. Los tratamientos consistieron en una combinación de secuencias de cultivos de verano y de verdes de invierno. El diseño experimental fue en subparcelas divididas con estructura en bloques completos al azar ($n=3$), donde la parcela principal fue el régimen hídrico (alto: lluvias más riego complementario; normal: lluvias), la subparcela el cultivo de verano y la sub-sub-parcela el verdeo de invierno. Los datos se analizaron mediante ANVA y la comparación de medias por la prueba de Tukey ($p 0,05$). La evaluación se realizó durante siete ciclos productivos (2009/10 hasta 2015/16). El estudio se dividió en dos períodos 2009/13 y 2013/16. En el segundo período se reemplazó la moha por el doble cultivo de maíz para ensilaje. El régimen hídrico fue significativo en los dos períodos considerados, pero fue más importante en el primero por un ciclo seco (2011/12). Las secuencias más productivas fueron las que tuvieron doble cultivo de maíz, pero que no se diferenció del simple cultivo de maíz en ciclos húmedos (2014/15). En situaciones de escasas lluvias el doble cultivo de maíz debe ser evaluado, ya que podría ser altamente riesgoso. Las secuencias que incluyen al maíz para ensilaje fueron las de mayor producción de forraje. Las secuencias con soja para ensilaje-verdeos invernales presentaron menor producción de forraje que las secuencias con maíz para ensilaje, pero similar producción de forraje y de proteína bruta a la alfalfa y fue la secuencia de mayor acumulación de PB. La elección del verdeo de invierno, avena o raigrás anual no tuvo impacto sobre la productividad de las secuencias. Las secuencias de cultivos anuales aumentaron la densidad aparente superficial y subsuperficial en comparación con la alfalfa. El riego complementario tuvo efectos positivos sobre la producción de forraje y de proteína bruta. Como contraparte, el riego complementario tuvo efectos negativos sobre variables físicoquímicas del suelo, convirtiéndolo en un suelo ligeramente alcalino y sódico.

Palabras clave: ensilaje de maíz, ensilaje de soja, alfalfa, verdes de invierno, producción de forraje.

ABSTRACT

The intensification of livestock production systems through the incorporation of annual crops can potentiate perennial pastures. The objective of this work was to evaluate forage production, protein content and soil variables of different annual crop sequences summer crops and winter crops, complementing an alfalfa pasture, under two precipitation levels. Treatments consisted of a combination of summer and winter crops. The experiment was a split-split randomized complete block design ($n=3$) with precipitation level as the main plot (high: rainfall plus irrigation; normal, rainfall), summer crop as sub-plot and winter crop as sub-sub-plot. The data were analyzed by ANOVA and mean separation was made using Tukey test ($p 0.05$). The evaluation was done over seven productive cycles (2009/10 to

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Pergamino, Ruta 32 km 4,5, Pergamino, Buenos Aires. Correo electrónico: camarasa.joni@gmail.com

²Universidad Nacional Noroeste Buenos Aires, Monteagudo 2772, Pergamino, Buenos Aires.

2015/16). The study was divided in two periods 2009/13 and 2013/16. In the second period foxtail millet was replaced by double corn crop for silage. Precipitation effect was significant for both periods, but was more important in the first dry cycle (2011/12). The most productive sequences were those that included double corn crop, but did not differ from one corn crop in humid cycles (2014/15). In years with scarce precipitations the double corn crop should be evaluated as it could be very risky. The sequences that included corn for silage were the most productive. The sequences with soybean for silage and winter crop produced less than sequences with corn, but had similar forage production and protein content than alfalfa pastures, and was the sequence with the highest protein accumulation. The selection of the winter crop, oat or annual ryegrass, did not affect the production of the sequences. The annual crop sequences increased the superficial and sub-superficial soil bulk density in comparison with the alfalfa. Irrigation had positive effects on forage production and protein accumulation. However, had negative effects on physiochemical soil variables, making the soil slightly alkaline and sodic.

Keywords: corn silage, soybean silage, alfalfa, forage winter crops, forage production.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción bovina con base forrajera de pasturas perennes dan estabilidad anual a la producción de forraje y tienen menor costo por unidad de materia seca. Entre las pasturas perennes, la alfalfa, sin limitantes de agua y de nutrientes, presenta un elevado potencial de producción de forraje de 28,4 t MS.ha⁻¹.año⁻¹ (Collino *et al.*, 2008). En condiciones de campo sin riego en el norte de la provincia de Buenos Aires la producción de forraje fue de 14,9 t MS.ha⁻¹.año⁻¹ (Bertin y Scheneiter, 1998). La combinación de cultivos forrajeros anuales, de invierno y de verano, como alternativa para aumentar la producción de forraje por una mayor eficiencia en el uso de los recursos fue definida como sistemas de forraje complementario (García *et al.*, 2008). El establecimiento de dichos sistemas en una proporción de 35% del área permitió lograr elevados niveles productivos de ganadería de leche, de esta forma intensificar la producción animal (Fariña *et al.*, 2011). Las decisiones tomadas en un cultivo de la secuencia repercuten en el siguiente y por lo tanto los recursos que usa el primero no están disponibles para el segundo (Chakwizira *et al.*, 2017). El propósito con estas combinaciones de cultivos anuales es maximizar la producción de forraje manteniendo una adecuada calidad forrajera (Densley *et al.*, 2006; García *et al.*, 2008).

Según los antecedentes disponibles, en las secuencias de cultivos anuales con riego se alcanzaron en Australia producciones de forraje de 42,3 t MS.ha⁻¹.año⁻¹ con la combinación de dos verdeos de invierno y maíz para ensilaje, comparado con pasturas de 17,3 t MS.ha⁻¹.año⁻¹ (García *et al.*, 2008). En seco hay antecedentes de producción de forraje de hasta 41,7 t MS.ha⁻¹.año⁻¹ en regiones con altas lluvias (Chakwizira *et al.*, 2017). En la Argentina, con o sin riego y uso de fertilizantes se han logrado producciones de forrajes de más de 30 t MS.ha⁻¹.año⁻¹ (Ojeda *et al.*, 2018) hasta 40 t MS.ha⁻¹.año⁻¹ (Colabelli *et al.*, 2016; Spara *et al.*, 2016 a). Identificar la combinación de cultivos anuales en las secuencias permitirá una mayor eficiencia en el uso de los recursos como también rotaciones sustentables (García *et al.*, 2008).

El objetivo del trabajo fue evaluar la producción forrajera, contenido de proteína bruta del forraje y las variables físico-químicas del suelo, con dos regímenes hídricos y con distintas secuencias de cultivos de verano para forraje conservado y de verdeos de invierno para corte, complementando a una pastura de alfalfa en un suelo agrícola degradado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino (33° 57' S, 60° 33' O), en un suelo Argiudol típico serie Pergamino (capacidad de uso IIe).

Los cultivos anuales y la alfalfa fueron manejados de acuerdo a las recomendaciones agronómicas para la región (siembra directa con densidades y fechas recomendadas, correcta elección del cultivar/híbrido, fertilizaciones con N-P-S-Ca, control de plagas, enfermedades y malezas y momentos de cosecha). Para elevar el pH del suelo se aplicó al voleo 1400 kg.ha⁻¹ de Ca.

Al iniciar el experimento, los cultivos anuales y la alfalfa fueron implantados en un sitio que luego de tres ciclos se intercambiaron, o sea, donde estaba la alfalfa se sembraron las secuencias de cultivos anuales y viceversa. Finalmente, al cabo de los siete ciclos (2009/10 hasta 2015/16), considerando tres iniciales, uno de transición y tres finales, se realizó un maíz para grano, en seco, como cultivo indicador.

Las variables medidas fueron la producción de forraje en materia seca (MS) por ha y durante el ciclo 2010/13 se midió proteína bruta (PB) mediante Kjeldahl tanto de los cultivos anuales como de la alfalfa. La acumulación de PB surgió del producto entre la producción de forraje y la concentración de PB. Al inicio y al final se analizó el agua de riego y las propiedades químicas del suelo. En el otoño del 2013 se efectuaron mediciones físicas del suelo: densidad aparente a 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm de profundidad e infiltración básica.

Las características del agua de riego fue de pH alcalino bicarbonatada-sódica, siendo el pH: 8,1; CE: 1,0 ds.m⁻¹; Ca²⁺: 14 mg.l⁻¹; Mg²⁺: 10 mg.l⁻¹; K⁺: 12 mg.l⁻¹; Na⁺: 276 mg.l⁻¹; carbonatos: 27 mg.l⁻¹; bicarbonatos: 588 mg.l⁻¹; cloruros: 24 mg.l⁻¹; sulfatos: 44 mg.l⁻¹; nitratos: 15 mg.l⁻¹; carbonato de sodio residual: 9 meq.l⁻¹ y RAS 13,5.

El análisis de suelo (0-20 cm) inicial dio los siguientes rangos de valores: pH: 5,4-5,7; CE: 0,08-0,17 dS.m⁻¹; MO: 2,9-3,3%; N: 1,4-1,8 g.kg⁻¹; P: 20,7-24,8 mg.kg⁻¹; S: 3,2-9,0 mg.kg⁻¹; Na: 0,1 cmol.kg⁻¹; Ca: 7,7-9,8 cmol.kg⁻¹; Mg: 1,5-3,0 cmol.kg⁻¹; K: 1,3-1,5 cmol.kg⁻¹ y PSI: 0,6-0,8%.

Cultivos anuales

El estudio se dividió en dos períodos 2009/13 y 2013/16. La secuencia de cultivos anuales fue una combinación de verdeo

mes año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic.	total anual
2009	NC ¹	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	89	46	196	344	1125
2010	151 (31*)	215	35	61 (40)	75 (80)	8	24	0 (45)	87	85 (15)	27 (107)	49 (145)	817 (463)
2011	234 (40)	194	65	75 (45)	37 (15)	24	15 (30)	2	36	76	53 (95)	14 (205)	823 (430)
2012	82 (72)	273	141	17	127 (12)	4	9 (42)	230	79	301	136	89	1487 (126)
2013	27 (60)	160 (24)	92	89 (24)	67	7 (12)	28 (12)	2 (36)	32 (48)	62 (24)	172 (12)	20 (96)	757 (348)
2014	280	316	114	135 (24)	121	30	44	8 (24)	83	125 (24)	221 (48)	220	1696 (120)
2015	311	41 (12)	83 (36)	98 (48)	72	54 (12)	68 (12)	262	62	89	195	74 (249)	1409 (144)
2016	132 (36)	202 (60)	37 (24)	188	16	36	17	12 (36)	33 (24)	NC	NC	NC	1155 (190)
Lluvia histor. (1910-2016)	112	109	123	99	59	37	36	42	55	106	103	109	990

Tabla 1. Precipitaciones (mm) ocurridas durante siete ciclos (2009/10 hasta 2015/16) en un experimento de secuencias de cultivos. *Entre paréntesis riego a los cultivos anuales; ¹NC: no considerados por estar fuera del período experimental.

de invierno (avena y raigrás anual) y de cultivo de verano para ensilaje (maíz y soja) o para heno (moha). En el segundo período se reemplazó la moha por un doble cultivo de maíz para ensilaje.

Se establecieron dos regímenes hídricos: normal (lluvias de cada año) y alto (con riego presurizado por aspersión con cañón regador) (tabla 1). Los cultivos de verano recibieron en promedio 160 mm y los verdeos de invierno 100 mm, salvo en la secuencia maíz-maíz-verde de invierno que tuvieron 92, 80 y 36 mm, respectivamente.

Alfalfa

La producción de forraje se evaluó en los mismos períodos que las secuencias de cultivos anuales, realizándose 22 cortes en el primero (2010/13) y 30 cortes en el segundo (2013/16). La primera alfalfa fue sembrada el 29/03/2010 sobre barbecho químico y el último corte se realizó el 28/01/2013 para permitir un corto barbecho químico y la implantación de los verdeos de invierno. La segunda alfalfa se sembró el 15/03/2013 y tuvo como antecesores a las secuencias de cultivos anuales. El régimen hídrico alto recibió durante la implantación de la alfalfa 45 y 48 mm de riego hasta el primer corte en los años 2010 y 2013 respectivamente. Luego los riegos variaron y en promedio fueron de 200 mm (2011-12= 295, 2012-13= 241, 2013-14= 168, 2014-15= 120 y 2015-16= 180 mm).

Análisis estadístico

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con una estructura en subparcelas divididas (n= 3), donde la parcela principal fue el régimen hídrico, la subparcela el cultivo de verano y la sub-sub-parcela el verdeo de invierno. La sub-sub-

parcela fue de 6 m de ancho por 10 m de largo. Se mantuvo el régimen hídrico de las parcelas al cambiar de período entre pasturas seguidas por secuencias de cultivos. En alfalfa, durante el primer período, 2010/13, solo se estudió el factor régimen hídrico (n= 3). Los datos se analizaron mediante ANVA con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2010) y la comparación de medias a través de la prueba de Tukey (p<0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de forraje de las secuencias de cultivos anuales

En ambos períodos las interacciones dobles, ciclo*régimen hídrico, ciclo*cultivo de verano y régimen hídrico*cultivo de verano fueron significativas. Se observó una mayor producción de forraje con régimen hídrico alto en los años de menores lluvias y los cultivos de verano tuvieron distintas producciones de forraje en función del ciclo y del régimen hídrico. En ambos períodos experimentales se hallaron efectos del ciclo, régimen hídrico y cultivo de verano, sin embargo, la elección del verdeo de invierno no tuvo efectos sobre la producción de forraje de las secuencias (p>0,05). Este resultado difiere del estudio de Chakwizira *et al.* (2017) que hallaron un incremento en el aporte de forraje de avena sobre el raigrás anual dentro de las secuencias.

Para el período 2010/13 la producción de forraje promedio de las secuencias fue de 17,4 t MS.ha⁻¹, para 2010/11 y 2012/13, sin diferencias entre ellos, y de 13,8 t MS.ha⁻¹ para 2011/12. Las secuencias anuales con régimen hídrico alto tuvieron una producción de forraje de 18,4 vs. 14,0 t MS.ha⁻¹ en régimen hídrico normal. Las secuencias con maíz fueron las de mayor

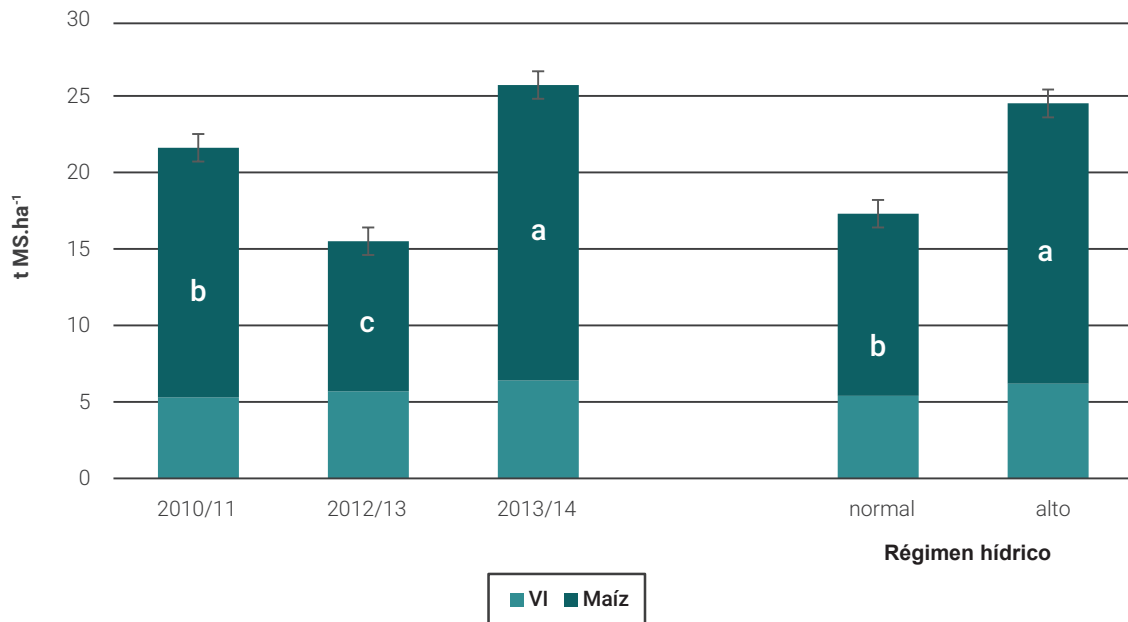


Figura 1. Producción de forraje de secuencias con maíz-verdeo de invierno durante tres ciclos y con dos regímenes hídricos.

producción de forraje (20,9 t MS.ha⁻¹) vs. las de moha y soja (13,9 t MS.ha⁻¹) y sin diferencias entre ellas. Similares resultados fueron observados por Sardiña *et al.* (2014) y Spara *et al.* (2016 a). Dentro de maíz-verdeo de invierno hubo interacción con el ciclo y el régimen hídrico. Aunque los efectos ciclo y régimen hídrico fueron significativos (figura 1). En el ciclo más húmedo, 2012/13, la producción de forraje fue de 25,7 t MS.ha⁻¹ y en el ciclo seco, donde el maíz con régimen hídrico normal no formó espiga por el estrés hídrico, la producción de forraje fue de 15,5 t MS.ha⁻¹. En régimen hídrico normal la producción fue similar a la observada por Sardiña *et al.* (2014) en el mismo período.

La producción de forraje de soja-verdeo de invierno fueron bajas (14,4 ± 0,3 t MS.ha⁻¹) y similares a las obtenidas en el mismo período por Sardiña *et al.* (2014). Con moha-verdeo de invierno fueron también de baja producción de forraje y son coincidentes con los datos observados por Spara *et al.* (2016b). Ambas as secuencias dejarían menor remanente, lo que genera una mayor compactación (datos no presentados), principalmente bajo riego, que podría afectar la sustentabilidad ambiental.

Para el período 2013/16 la producción de forraje de las secuencias fue de 26,1 t MS.ha⁻¹ para las campañas 2013/14 y 2014/15, sin diferencia entre ellas, similar a lo obtenido por Fariña *et al.* (2011) y de 22,8 t MS.ha⁻¹ para la 2015/16. Las secuencias anuales con régimen hídrico alto tuvieron una producción de forraje de 26,2 vs. 23,7 t MS.ha⁻¹ en régimen normal. Las secuencias que tuvieron al doble cultivo de maíz fueron las de mayor producción de forraje (31,3 t MS.ha⁻¹), le siguieron las de maíz (27,6 t MS.ha⁻¹) y por último con soja (16,0 t MS.ha⁻¹; figura 2). A medida que la producción de forraje de los cultivos de verano aumenta se reduce la importancia de los verdeos de invierno, siendo el aporte de estos un 10% en maíz-maíz, 25% en maíz y 50% en soja de la producción de forraje, coincidente con un aporte del 20% en la secuencia maíz-verdeo de invierno o del 40%, si la secuencia fue intercultivo de maíz y soja-verdeo de invierno (Ojeda *et al.*, 2018).

En maíz-maíz-verdeo de invierno la mayor producción de forraje fue en 2013/14, siendo un 28% más que en 2015/16 (figura 3). El régimen hídrico alto fue un 13% mayor que el régimen hídrico normal, este valor es bajo debido a un período húmedo que ocurrió durante el experimento. La alta producción de forraje observada en las secuencias de Garcia *et al.* (2008), con el uso de tres cultivos al año, es algo superior a los datos de este tratamiento. En el caso particular de este experimento se usaron dos cultivos en el período primavera-verano y no en otoño-invierno como en el trabajo citado, por consiguiente la producción del doble cultivo de maíz es más del 90% del total.

En maíz-verdeo de invierno hubo interacción entre el ciclo*régimen hídrico (figura 4). Debido a la importancia que tiene el maíz dentro de las secuencias, cuando el ciclo es más seco de lo normal (2013/14) la producción de forraje es baja aún con régimen hídrico alto, en comparación con el ciclo más productivo. Por el contrario, cuando el ciclo es óptimo (2014/15), en cuanto a lluvias, no hay diferencias entre régimen hídrico normal y alto. En el ciclo 2015/16, el régimen alto no expresó su potencial debido a la caída de granizo ocurrido el 22 de diciembre de 2015 que afectó parcialmente al maíz en plena floración. La producción de forraje de esta secuencia en el ciclo más favorable fue similar a las obtenidas por Colabelli *et al.* (2016) y el promedio de todo el período fue similar a lo observado por Spara *et al.* (2016a).

En soja-verdeo de invierno hubo efecto significativo del ciclo y de la interacción de ciclo*régimen hídrico, aunque el efecto régimen hídrico no fue significativo. Esto demuestra la menor sensibilidad de la soja al régimen hídrico con respecto a los otros cultivos de verano. La producción de forraje en 2013/14 fue de 17,5 t MS.ha⁻¹, le siguió el 2015/16 con 15,9 t MS.ha⁻¹ y por último el 2014/15 con 14,6 t MS.ha⁻¹. Estas producciones son similares a los resultados de Sardiña *et al.* (2014).

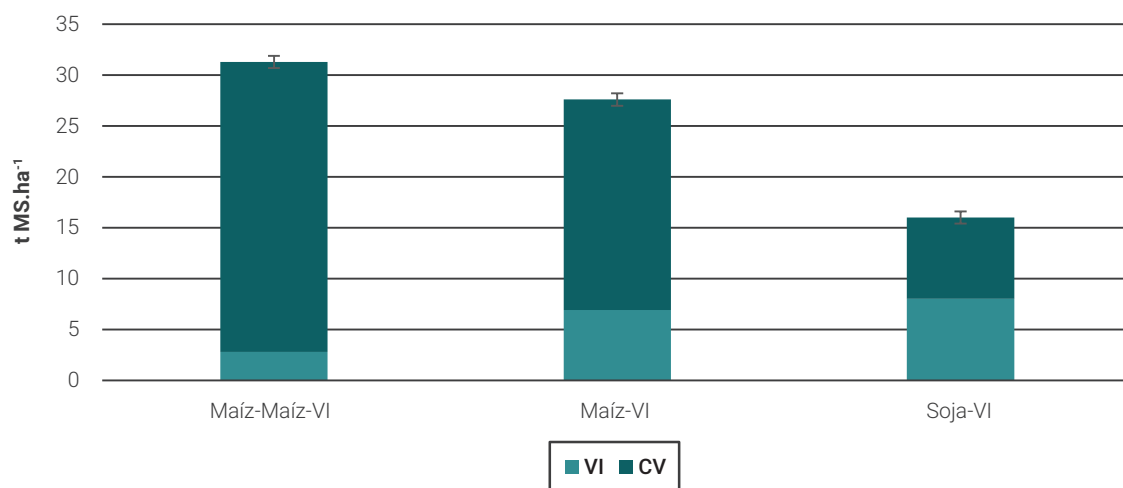


Figura 2. Producción de forraje en el período 2013-16 de secuencias de cultivos de verano-verdeo de invierno con dos regímenes hídricos.

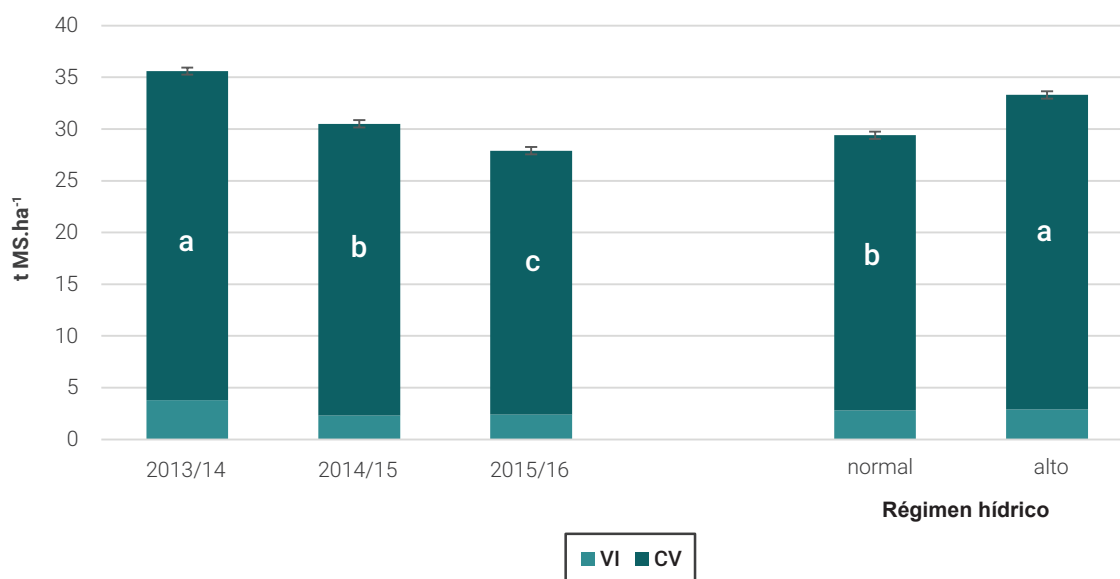


Figura 3. Producción de forraje de secuencias con maíz-maíz-verdeo de invierno durante tres ciclos y con dos regímenes hídricos.

Producción de forraje de alfalfa

El efecto del régimen hídrico sobre la producción de forraje de alfalfa durante el período 2010/13 fue significativo (39,7 vs. 29,8 t MS.ha⁻¹ período para régimen hídrico alto y normal, respectivamente). Esta diferencia del 33% no se expresó en forma similar en todas las estaciones climáticas, siendo la interacción régimen hídrico*estación climática significativa. Las mayores respuestas al régimen hídrico alto fueron en primavera-verano, siendo la media de 1,4 t MS.ha⁻¹ con respecto a otoño-invierno de 0,5 t MS.ha⁻¹.

En el período 2013/16 la producción de forraje de alfalfa, el efecto del cultivo anual del período anterior no fue significativo. El régimen hídrico fue significativo (56,7 vs. 43,6 t MS.ha⁻¹ período para régimen hídrico alto y normal, respectivamente), con una diferencia del 30%, valor similar al período anterior,

que no se expresó igual en todas las estaciones climáticas, siendo significativa la interacción régimen hídrico*estación climática. Las mayores respuestas en producción de forraje al régimen hídrico alto vs. normal se dieron en primavera-verano, siendo en promedio de 1,4 t MS.ha⁻¹, mientras que en otoño-invierno fueron en promedio de 0,7 t MS.ha⁻¹. En este segundo período la producción de forraje se acercó en mayor medida al potencial planteado por Collino *et al.* (2008), probablemente asociado a las mejores condiciones hídricas.

Proteína bruta del forraje

La concentración de PB fue en promedio en alfalfa de 20,2 ± 2,1%, en avena de 19,0 ± 4,9%, en raigrás anual de 18,2 ± 5,8%, en soja de 15,1 ± 2,6%, en moha de 6,3 ± 1,8% y en maíz de 5,8 ± 1,0%.

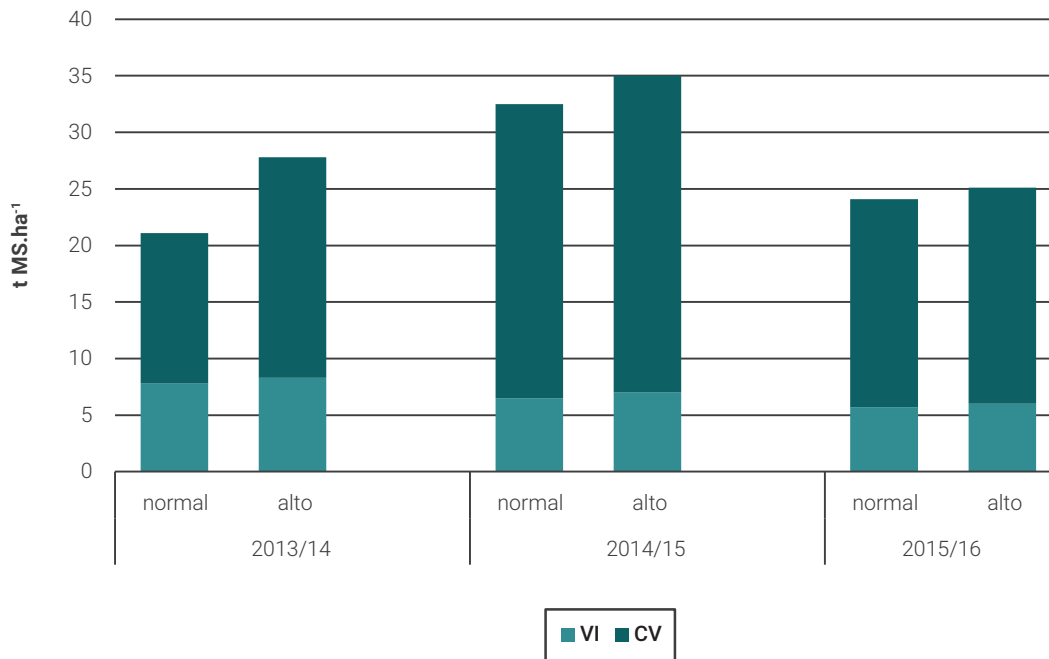


Figura 4. Producción de forraje de secuencias con maíz-verdeo de invierno durante tres ciclos y con dos regímenes hídricos.

No hubo efecto de la elección del verdeo de invierno en la acumulación de PB en las secuencias salvo con moha. En el caso de esta última, con avena respecto a con raigrás tuvo una mayor acumulación de PB (1.687 vs. 1.539 kg PB.ha⁻¹.ciclo⁻¹). Esto fue debido a dos factores: mayor % PB de la avena y al efecto positivo de esta sobre la producción de forraje de la moha.

El efecto régimen hídrico fue significativo considerando todas las secuencias, esto se debió en mayor medida a la producción de forraje y en menor magnitud al % PB, aunque interactúa con el ciclo, salvo en soja. En la secuencia soja-verdeo de invierno el régimen hídrico fue significativo (2.565 vs. 2.111 kg PB.ha⁻¹. ciclo⁻¹ para régimen hídrico alto vs. normal, respectivamente), sin diferencias entre ciclos, que demuestra la estabilidad de la producción de PB de esta secuencia. Estos datos son similares a los observados por Sardiña *et al.* (2014) en años normales, y fueron un 20 y 45% mayor respecto a maíz-verdeo de invierno y moha-verdeo de invierno.

La acumulación de PB fue mayor en el cultivo de alfalfa con régimen hídrico alto vs. normal (2.703 vs. 1.984 kg PB.ha⁻¹.ciclo⁻¹, respectivamente). El primer valor fue similar a lo observado por Sardiña *et al.* (2014) y está asociado a una mayor producción de forraje, más que a una diferencia en el contenido de PB. La alfalfa alcanzó mayores valores de acumulación de PB, seguida por las secuencias con presencia de soja, este resultado es coincidente con lo reportado por García *et al.* (2011) de un mayor contenido de PB de las pasturas.

Propiedades edáficas

Al finalizar el experimento, luego dos períodos con un total de 7 ciclos, el pH, la CE y el Na⁺ aumentaron ($p < 0,05$) con régimen hídrico alto respecto al normal (7,2 vs. 5,9; 0,14 vs. 0,06 dS.m⁻¹

y 2,1 vs. 0,3 cmol.kg⁻¹, respectivamente). Sin embargo, la CE no alcanzó valores que pudiesen afectar a los cultivos, ya que se mantuvo en valores considerados normales (<0,5 dS.m⁻¹) debido al efecto natural de lavado (dilución) en el suelo, típico de climas húmedos, aunque existe peligro de un mayor deterioro físico de los suelos bajo riego durante los períodos lluviosos. La MO, el carbono orgánico particionado (COP), el N y el Pe no tuvieron efecto de los tratamientos (2,9±0,04%; 0,14±0,01%; 1,8±0,12 g.kg⁻¹ y 14,9±7,6 mg.kg⁻¹, respectivamente). El Ca, Mg y K tuvieron valores altos y sin diferencias entre tratamientos (10,5±0,5 cmol.kg⁻¹; 1,8±0,7 cmol.kg⁻¹ y 0,87±0,12 cmol.kg⁻¹; respectivamente). El suelo con régimen hídrico alto pasó a ser ligeramente sódico con un PSI mayor (12,2%) en comparación con el régimen hídrico normal (1,7%). Estos resultados, mayor pH y PSI, son similares a los observados por Andriulo *et al.* (2000) que indica que la calidad de agua de riego usada es considerada dudosa dado que es dable esperar un aumento del Na⁺ del suelo con el transcurso del tiempo con efectos negativos de este catión sobre las propiedades físicas del suelo.

Entre ambos períodos, las mediciones físicas del suelo indican que después de un cultivo de alfalfa no hubo diferencias en las propiedades físicas entre los tratamientos (densidad aparente e infiltración básica; 1,29±0,02 g.cm⁻³ y 2,69±0,37 cm.h⁻¹). En cambio, después de los cultivos anuales se detectó mayor densidad aparente superficial y subsuperficial, en la profundidad 0-10 y 10-20 cm (1,38 vs. 1,28 g.cm⁻³ y 1,33 y 1,29 g.cm⁻³ para régimen hídrico alto y normal, respectivamente), en el resto de las profundidades no hubo diferencias. A pesar de que en las secuencias de cultivos anuales se producen elevadas cantidades de biomasa, una elevada proporción se extrae del sistema, debido a uso como silaje, esto pudo haber determinado la mayor densidad aparente superficial y subsuperficial con respecto a la alfalfa, que es una pastura perenne con una elevada

partición de recursos a estructuras subterráneas (Brown *et al.*, 2006). La infiltración básica fue menor en soja-verde de invierno que en maíz-verde de invierno (1,96 vs. 3,09 cm.h⁻¹, respectivamente), probablemente asociado a la menor cantidad de residuos poscosecha que deja la soja.

Cultivo indicador

Posterior a la finalización del experimento, un cultivo de maíz para grano fue utilizado como indicador de la situación edáfica. Sobre la secuencia de los cultivos anuales fue significativo ($p < 0,05$) el efecto régimen hídrico y el cultivo de verano. Con régimen hídrico alto hubo un efecto negativo sobre el rendimiento de grano del maíz, con respecto a régimen hídrico normal (7,5 vs. 9,2 t.ha⁻¹, respectivamente). El doble cultivo de maíz-verde de invierno tuvo un efecto negativo con respecto al maíz-verde de invierno y soja-verde de invierno (7,2 vs. 9,0 t.ha⁻¹, respectivamente). En el maíz para grano la respuesta a los distintos tratamientos con antecesor alfalfa no fueron estadísticamente significativos (9,3±0,3 t.ha⁻¹).

CONCLUSIONES

Las secuencias que incluyen al maíz para ensilaje fueron las de mayor producción de forraje. En un año con elevadas lluvias las secuencias con maíz como único cultivo no se diferenciaron del doble cultivo, en cambio en un año de lluvias similares a las históricas el doble cultivo de maíz tuvo una mayor productividad. En situaciones de escasas precipitaciones esta última secuencia debe ser evaluada, ya que podría ser riesgosa.

Las secuencias anuales con participación de soja para ensilaje si bien fueron menos productivas que aquellas secuencias con maíz se destacaron por la acumulación de proteína bruta equivalente a la alfalfa y mayor que el resto de las secuencias. Los verdes de invierno aportaron a la producción de forraje anual de las secuencias, y especialmente, a la acumulación de proteína bruta, sin embargo, la elección del verdeo, avena o raigrás anual no tuvo impacto sobre la productividad de las secuencias.

Si bien en términos productivos algunas de las secuencias de cultivos anuales fueron superiores a la pastura de alfalfa como contrapartida afectaron negativamente las características físicas del suelo, como la densidad aparente e infiltración, probablemente asociado a una mayor extracción de la biomasa generada y menor cobertura del suelo.

Por último, el riego complementario tuvo efectos positivos sobre la producción de forraje y de proteína bruta. Las mayores respuestas en la producción de forraje fueron observadas en alfalfa y en las secuencias que incluían al maíz. Como contraparte, el riego complementario con agua de riego bicarbonatada sódica tuvo efectos negativos sobre variables físico-químicas del suelo, convirtiéndolo en un suelo ligeramente

alcalino y sódico. Estos efectos negativos podrían reducirse con la utilización de riego más restringida en momentos claves como por ejemplo en la implantación y en los períodos críticos de los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRIULO, A.; GALETTO, C.; SASAL, F.; ABREGO, M.; BUENO, F.; RIMATORI, DE LA CRUZ, M. 2000. Efecto del riego complementario con aguas salino-sódicas sobre algunas propiedades del suelo en el Sudoeste Santafesino. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- BERTIN, O.D.; SCHENEITER, J.O. 1998. Producción de forraje de pasturas y cultivos forrajeros en el norte de la provincia de Buenos Aires. RTA Vol. 3. N.º 7. 45 p.
- BROWN, H.E.; MOOT, D.J.; TEIXEIRA, E.I. 2006. Radiation use efficiency and biomass partitioning of lucerne (*Medicago sativa*) in a temperate climate. *European Journal of Agronomy* 25: 319-327.
- CHAKWIZIRA, E.; FLETCHER, A.L.; JOHNSTONE, P.R.; DE RUITER, J.M.; PEARSON, A. J.; PARKER, M. 2017. Maize silage-winter crop sequences that maximize forage production and quality, New Zealand J. Agric. Research. Doi: 10.1080/00288233.2017.1415943
- COLABELLI, M.R.; NEIRA ZILLI, F.; BARBAROSSA, R.A.; GALLEGO, J.J.; MIÑON, D.P. 2016. Producción de forraje de secuencias de cultivos anuales y alfalfa bajo riego en la norpatagonia: resultados de tres años de evaluación. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 36: 402.
- COLLINO, D.; DARDANELLI, J.; DE LUCA, M. 2008. Uso del agua y la radiación para la producción de forraje. En: BASIGALIP, D.H. (ed.). *El cultivo de la alfalfa en la Argentina*. 45-65 pp.
- DENSLEY, R.J.; AUSTIN, G.M.; WILLIAMS, I.D.; TSIMBA, R.; EDMEADES, G.O. 2006. Maize silage and winter crop options to maximise drymatter and energy for NZ dairy systems. *Proc. New Zealand Grassland Assoc.* 68:193-197.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDÓ, C.W. 2010. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (Disponible: www.infoStat.com.ar verificado: marzo de 2018).
- FARIÑA, S.R.; GARCIA S.C.; FULKERSON, W.J. 2011. A complementary forage system whole-farm study: forage utilisation and milk production. *Animal Production Science* 51: 460-470.
- GARCIA, S.C.; FULKERSON, W.S.; BROOKES, U.S. 2008. Dry matter production, nutritive value and efficiency of nutrient utilization of a complementary forage rotation compared to a grass pasture system. *Grass Forage Sci.* 63: 284-300.
- OJEDA, J.J.; CAVIGLIA, O.P.; AGNUSDEI, M.G.; ERRECART, P.M. 2018. Forage yield, water-and solar radiation-productivities of perennial pastures and annual crops sequences in the south-eastern Pampas of Argentina. *Field Crops Research* 221: 19-31.
- SARDIÑA, C.; DIEZ, M.; LARDONE, A.; BARRACO, M. 2014. Evaluación de las secuencias de cultivos forrajeros anuales: Producción, proteínas brutas y variables edáficas. *Mem. Téc.* 2013-14. INTA Gral. Villegas. 119-123 pp.
- SPARA, F.; BERSACHIA, D.; MOSQUERA, L.; BARNETO, J.; ELGUE, M.; VERNENGO, E. 2016a. Producción de biomasa aérea en encadenamientos de cultivos forrajeros anuales invernales y estivales. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 36 (Supl. 1): 341.
- SPARA, F.; MOSQUERA, L.; BARNETO, J.; BERSACHIA, D.; VERNENGO, E. 2016b. Producción de forraje de diferentes secuencias de cultivos en el norte de la provincia de Buenos Aires. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 36 (Supl. 1): 342.

Avances sobre la caracterización del “mal de la tela” en plantas de yerba mate *Ilex paraguariensis* A. St. -Hil.

Dummel, D.M.¹; Badaracco, A.^{1,2}; Kramer, R.¹; Rohatsch, P.¹; Agostini, J.P.³

RESUMEN

La yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. -Hil.) es un cultivo primario y de gran importancia para el noreste de Argentina. En los últimos años, la enfermedad conocida como “mal de la tela”, cuyo agente causal es *Ceratobasidium niltonsouzanum*, está ocasionando importantes daños en la producción; y debido a la poca información existente su manejo resulta muy difícil.

Al inicio de la enfermedad los signos incluyen cordones de micelios blancos visibles sobre las ramas y hojas infectadas. Las hojas se necrosan, se secan y quedan colgando de las ramas por la hifa del hongo. A partir de hojas y ramas sintomáticas, muestreadas de distintas partes de la provincia de Misiones, fue aislado el agente causal para su posterior caracterización morfológica y molecular. Las colonias fueron aisladas y crecieron rápidamente sobre medios de APG (agar papa glucosado), presentando un color blanquecino al inicio, tornándose luego de un color castaño. Con la caracterización morfológica se pudo determinar que el hongo se encuentra distribuido en distintas partes de la provincia de Misiones, afectando las plantaciones con distintos niveles de incidencia. Pruebas de patogenicidad, conducidas en laboratorio, permitieron conocer el progreso de la enfermedad bajo condiciones ambientales favorables. El objetivo del presente trabajo fue contribuir al conocimiento de la enfermedad, con la descripción de síntomas y signos, condiciones predisponentes y caracteres morfológicos y moleculares del agente causal del “mal de la tela”.

Palabras clave: *Rhizoctonia* binucleada, test de patogenicidad, filogenia, yerba mate.

ABSTRACT

Yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) is a primary and important crop in northeastern Argentina. In past years, a disease called white thread blight caused by *Ceratobasidium niltonzousanum* is having a very important impact in the production and has not been well characterized. Thus, the objective of this work was to complement the knowledge with symptom descriptions, morphological and molecular characterization of the causal agent, and pathogenicity tests. Signs of the disease include white mycelial cords visible on the infected branches and leaves with twig die-back, diseased leaves dry up but remain attached to the plant hanging by the fungal hyphae. Symptomatic leaves and branches were sampled from different parts of the province of Misiones. The causal agent was isolated for its subsequent morphological and molecular characterization. The colonies grow rapidly on PDA (potato dextrose agar) and are white at the beginning but later become light brown.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Montecarlo, Protección Vegetal. N3384, Montecarlo, Av. El Libertador 2472 (3384), Montecarlo, Misiones, Argentina. Correo electrónico: dummel.delia@inta.gob.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Godoy Cruz 2290 (C1425FQB), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

³Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Facultad de Ciencias Forestales, Cátedra de Protección Vegetal, Bertoni 124, km 3 (N3380), Eldorado, Misiones, Argentina.

With the morphological characterization it was possible to determine that the fungus is distributed in different parts of the province of Misiones, affecting the plantations at different levels of incidence. Pathogenicity tests conducted in the laboratory allowed to know the progress of the disease under favorable environmental conditions. This work constitutes a contribution to the knowledge of this disease that affects yerba mate plantations.

Keywords: binucleate *Rhizoctonia*, pathogenicity test, phylogeny, yerba mate.

INTRODUCCIÓN

La yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St. -Hil.) es un cultivo primario en Misiones y norte de Corrientes, Argentina. Esta planta de hoja perenne fue introducida en las civilizaciones modernas por los indígenas guaraníes de Paraguay, Argentina y Brasil. Sus hojas secas son muy utilizadas en la preparación de una infusión conocida como mate (Instituto Nacional de la yerba mate (INYM, 2019)). Además de su consumo por costumbre tradicional y social, la yerba mate tiene muchos atributos beneficiosos para la salud humana (Lückemeyer *et al.*, 2012).

La superficie cultivada en Argentina es de 165.326 ha, de las cuales 144.014 se encuentran en Misiones (Instituto Nacional de la yerba mate (INYM)). En 2017, la producción fue de 689.000 t de hoja verde. Argentina es el primer productor mundial de yerba mate (54%), seguido de Brasil (40%) y Paraguay (6%). En 2019 se exportaron 39.000 t, mientras que más de 277.000 t fueron destinadas al consumo interno (INYM, 2019). Los principales países a los que se exporta este cultivo son Siria (72%), Chile (14%), Líbano (2%) y Estados Unidos (2%) (CONINAGRO, 2017).

Hasta el momento las enfermedades en plantas de yerba mate no han sido suficientemente estudiadas. Se han identificado algunas enfermedades de origen viral y fúngico (RIAN, 2011; Agostini *et al.*, 2014; Bejerman *et al.*, 2017; 2018). En los últimos años, se detectó en el norte de Misiones una alta incidencia de una enfermedad conocida como "mal de la tela" o "tizón del hilo blanco". Esta enfermedad reduce la productividad del cultivo provocando la muerte de las plantas cuando el ataque es muy severo y sin un manejo sanitario adecuado (RIAN, 2011; Lima *et al.*, 2019).

Los signos de la enfermedad incluyen cordones de micelio blanco visibles en las ramas y hojas infectadas. Las hojas enfermas se secan, pero permanecen adheridas a la planta colgando de las hifas del hongo. Se observan lesiones necróticas en las hojas afectadas; y en la superficie de las hojas severamente afectadas se puede observar el himenio. El hongo puede formar pequeños esclerocios negros en las ramas y hojas de algunas plantas hospederas (RIAN, 2011; Rybak *et al.*, 2014; De Melo *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2019).

Primeramente, Marchionatto (1948) atribuyó la enfermedad al hongo *Corticium koleroga*. Luego, en 2010 y 2014, *Rhizoctonia* spp. fue descrito como el agente causal del mal de la tela, debido a los caracteres morfológicos observados. Recientemente, Lima *et al.* (2019) determinaron mediante técnicas moleculares que el agente causal de estos síntomas en *Ilex paraguariensis* corresponde al hongo *Ceratobasidium niltonsouzanum*, teleomorfo de *Rhizoctonia* binucleada. Se lo ha informado como patógeno de numerosos cultivos tropicales, incluidos *Coffea arabica*, *Camellia sinensis*, *Azadirachta indica* y *Eugenia uniflora* en Brasil (De Melo *et al.*, 2018).

Es necesario continuar con los trabajos de investigación para contribuir al conocimiento de la enfermedad y el impacto que ocasiona sobre la producción.

El objetivo de este estudio fue complementar el conocimiento sobre la enfermedad mediante la descripción de síntomas y signos, hospederos, sobrevivencia, caracterización morfológica y molecular del agente de la enfermedad del "mal de la tela" y la realización de pruebas de patogenicidad para determinar el momento en que se produce la infección y el progreso de la enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Observaciones a campo y toma de muestras

Durante los años 2018/2019/2020 se colectaron hojas y tallos de yerba mate y otros hospederos con síntomas y signos de mal de la tela de los departamentos de General Manuel Belgrano, Puerto Esperanza, Eldorado, Montecarlo, Puerto Rico, El Alcázar, Dos de Mayo, Santo Pipo, San Vicente y Ruiz de Montoya de Misiones, Argentina.

Se realizó un seguimiento a campo de la enfermedad en el departamento de Montecarlo documentándose con registros periódicos todo lo observado.

Aislamiento del hongo

Se ensayaron dos métodos para obtener el aislamiento puro del patógeno desde hojas y ramas infectadas. El primero consistió en el aislamiento directo del micelio desde las ramas y hojas afectadas en medio de cultivo nutritivo APG (Agar Papa Glucosado), previa desinfección en hipoclorito de sodio al 4% por 1 minuto, seguido de 2 lavados en agua destilada por 1 minuto cada uno y posteriormente secado del micelio en papel de filtro previamente esterilizado. Una vez transferido el micelio a la placa con APG fue puesto en estufa a 25 °C. El segundo método consistió en pegar, con vaselina sólida, en la parte interna de la tapa de la placa de APG una hoja de yerba mate que contenía el micelio del hongo, con el pedicelo de la hoja, muy próximo al medio de cultivo. Se incubó a 25 °C y se observó cada 24 h hasta que el micelio que estaba sobre la hoja empezó a crecer en dirección al medio de cultivo y entró en contacto con él. Luego, se realizó un aislamiento de punta de hifa en una placa con APG nueva. Transcurridas 24 h se realizó un preparado sobre portaobjeto con colorante azul de algodón y ácido láctico (1:600 wt/vol) donde se colocó una sección de la punta de hifa del micelio creciendo en el medio para ser observado con microscopio binocular.

Identificación del patógeno

Caracterización morfológica

Para la caracterización morfológica se utilizaron cultivos puros y se observaron características tales como color, patrón y tasa de crecimiento de la colonia. El color de las colonias

se determinó a los 6 y 10 días visualmente. De esta misma forma se estableció el patrón de crecimiento (escaso, moderado o abundante) que presentaron las hifas en el medio de cultivo. Se midieron un total de 3 repeticiones por aislamiento para determinar el crecimiento diario de las colonias (mm) durante 6 días a 25 °C. Se realizaron preparados microscópicos desde punta de hifa de micelios creciendo sobre APG de 48 h de edad. Se registró el tipo de septo, la constricción, el ángulo de ramificación de los micelios y la formación de basidios y basidiosporas.

Caracterización molecular

El ADN se extrajo a partir de cultivos puros del micelio del hongo macerado con nitrógeno líquido con un kit comercial (PURO Fungi PB-L Productos Bio-Lógicos) según las instrucciones del fabricante. La PCR (reacción en cadena de la polimerasa, polymerase chain reaction por sus siglas del inglés) se llevó a cabo utilizando los cebadores ITS-1 e ITS-4 para un fragmento de ADN ribosómico (White *et al.*, 1990). La mezcla de reacción de PCR (25 µl) contenía: 2 µl de ADN, 2,5 U de ADN polimerasa Taq Platinum (PB-L Productos Bio-Lógicos), 2,5 µl de 10X Taq Buffer II, 1,5 µl de MgCl₂ 25 mM, 2,5 µl de dNTPs 10 mM, 1,5 µl de cada cebador 10 mM y 12,5 µl de agua de grado molecular. La amplificación se realizó con un paso inicial de desnaturalización a 94 °C por 4 minutos, seguido de 35 ciclos consistentes en desnaturalización a 94 °C por 2 minutos, annealing a 56 °C por 30 segundos y extensión a 72 °C por 60 segundos y una extensión final de 72 °C por 5 minutos. Los productos de PCR se purificaron con el kit PURO Gel Extraction (PB-L Productos Bio-Lógicos) siguiendo las instrucciones del fabricante y se enviaron para su secuenciación a la Unidad Genómica, Instituto de Biotecnología, INTA, siguiendo el método de terminación de cadena de dideoxinucleótidos con el ABI Prism BigDye Terminator Cycle Sequencing Reaction kit (Applied Biosystems Group) según las instrucciones del fabricante en un secuenciador automatizado ABI PRISM1 3130 (Applied Biosystems Group). La secuenciación se realizó con los cebadores directo e inverso de la PCR. Las secuencias de nucleótidos se depositaron en GenBank con los números de acceso: MN829448, MN829449, ON041143 y ON041144.

Análisis filogenéticos

Las secuencias de nucleótidos obtenidas en este estudio junto con secuencias obtenidas en el Genbank se analizaron y alinearon con el programa BioEdit 7.0.5.3. sequence Alignment Editor (Hall, 1999). Se calculó el modelo de sustitución nucleotídica utilizando el software MEGAX (Kumar *et al.*, 2018). Se llevaron a cabo dos métodos diferentes para la construcción del árbol filogenético. Para el análisis de distancias se utilizó el método de Neighbor-Joining usando MEGAX software (1000 bootstrap replicates) (Kumar *et al.*, 2018). El análisis de inferencia bayesiana se realizó utilizando el software MrBayes (Huelsenbeck y Ronquist 2001; Ronquist *et al.*, 2012). Los árboles fueron editados con el programa Figtree (Rambaut, 2010).

Test de patogenicidad

Las pruebas de patogenicidad se realizaron utilizando cultivos puros obtenidos mediante la transferencia de puntas de hifas fúngicas a placas que contenían APG. Se utilizaron plantines de

yerba mate de un año de edad provenientes de viveros comerciales y se cultivaron bajo condiciones controladas en invernadero. El método de inoculación consistió en colocar sobre el tallo del plantín de yerba mate un bloque de agar de 1 cm x 1 cm, donde previamente creció el hongo, envuelto en un algodón empapado en agua destilada estéril. Luego, con el algodón se cubrió el tallo y se envolvió con un film transparente para mantener la humedad. Se roció el plantín con agua destilada estéril y se cubrió con una bolsa de plástico transparente durante el tiempo en que se llevaron a cabo las observaciones. Las plantas fueron mantenidas a temperatura ambiente. Se utilizaron un total de 6 plantas, 3 inoculadas con el patógeno y 3 inoculadas con APG sin crecimiento de micelio como control negativo. Las observaciones se realizaron a los 5, 9, 12 y 19 días posinoculación.

RESULTADOS

Descripción de los síntomas y signos de la enfermedad

Los primeros síntomas fueron observados en la brotación de primavera en brotes de aproximadamente 20 cm de largo sobre ramas que presentaban restos de rizomorfos y esclerocios del hongo de la temporada anterior. Los síntomas inician en ramas verdes jóvenes provocando una necrosis de los tejidos corticales y finalmente la muerte de la rama. Se observa una pérdida de brillo natural en el lado abaxial de las hojas infectadas. El tejido recién infectado tiene una apariencia grasosa debido a la ruptura de las células en las hojas. Luego, las hojas infectadas se vuelven de color marrón claro y a medida que avanza la enfermedad se oscurecen. Las hojas muertas quedan colgadas de las ramas por las hifas del hongo que forman cordones miceliales (rizomorfos) dando el nombre a la enfermedad. El patógeno progresa infectando otras ramas de la misma planta por contacto directo. El avance de la enfermedad se ve favorecido por el contacto estrecho que se produce en plantaciones de altas densidades debido a la baja circulación de aire y alta humedad.

El progreso de la enfermedad requiere de una humedad relativa alta (superior al 85%), temperaturas de alrededor de 25 °C y mojado constante de las hojas. Cuando las condiciones ambientales no son favorables el patógeno forma estructuras de resistencia, conocidas como esclerocios, de color blanquecino que, con el tiempo, se vuelven pardas oscuras (figura 1.A-G).

Los primeros síntomas se observan en plantas que se encuentran en los bordes de los lotes lindantes con plantaciones forestales o nativas. Síntomas similares fueron observados en plantas que se encuentran creciendo en asociación con la yerba, como ser: loro negro (*Cordia trichotoma*), canela de venado (*Helietta apiculata*), palo pólvora (*Trema micrantha*), lapacho negro (*Handroanthus heptaphyllus*), laurel guayca (*Ocotea puberula*), isapuy para (*Machaerium paraguayensis*) y en árboles frutales como los cítricos (*Citrus reticulata*) y lianas perennes (*Dicella nucifera*) que se encontraban creciendo sobre las plantas de yerba mate afectadas por este hongo.

Esta enfermedad se distribuye actualmente en los departamentos: General Manuel Belgrano, Puerto Esperanza, Eldorado, Montecarlo, Caraguataí, El Alcázar, Dos de Mayo, San Vicente Puerto Rico, Jardín América, Santo Pipó y Oberá; sin embargo, en estas últimas áreas tiene una incidencia menor que en los lotes ubicados al norte de la provincia de Misiones.

Características culturales y morfológicas

De los dos métodos que se probaron para el aislamiento del hongo, se obtuvieron mejores resultados pegando las hojas de yerba infectadas con el micelio del hongo en la tapa de la caja de Petri porque hubo menos contaminación con otros microorganismos. Este método permitió obtener puntas de hifas fúngicas puras de diferentes localidades de Misiones (tabla 1). Además, se observaron estructuras sexuales, como basidios con formación de basidiosporas.

Las colonias crecieron rápidamente en el medio APG. Al principio, las colonias son de color blanco y luego se tornan de color crema a marrón claro (tabla 1). La caracterización microscópica se realizó con un aislado puro. El micelio presentaba ramificaciones cerca del tabique distal de las células hifales en ángulo recto, en hifas viejas, con producción de células moniloides. El ángulo de ramificación característico del micelio se observó en un total de 20 aislamientos bajo un microscopio binocular. Esta caracterización morfológica es consistente con miembros del hongo del género *Rhizoctonia* (figura 2. A-F).

El crecimiento lineal diario del hongo de cada aislamiento se midió por triplicado luego de 6 días de realizado el repique. Las cajas de Petri con APG se mantuvieron en oscuridad a 25 °C.

Caracterización molecular y análisis filogenético

Se amplificaron por PCR cuatro muestras (R2_Ilex, R3_Ilex, R12_Canela y R13_Ilex) de una región del fragmento ribosómico ITS. La cepa R12_Canela fue aislada desde un hospedero nativo conocido como canela de venado (*Helietta apiculata*). Se construyeron árboles filogenéticos por los métodos de inferencia bayesiana y distancias genéticas utilizando las secuencias obtenidas en este estudio junto con secuencias obtenidas del GenBank. Los árboles obtenidos por ambas metodologías fueron similares (datos no mostrados). En la figura 3 se muestra el árbol obtenido mediante inferencia bayesiana. Los aislamientos fúngicos analizados en este estudio agruparon con *C. niltonsouzanum* aislado de plantas tropicales de Brasil y con cepas aisladas de *I. paraguariensis* de Argentina (figura 3). En

todos los casos se determinó que el agente causal fue *Ceratobasidium* sp., que pertenece a uno de los estadios teleomórficos de *Rhizoctonia* binucleada.

Test de patogenicidad

A partir de los 9 días desde la inoculación de las plantas se observó la formación de micelio sobre el tallo de las plantas de yerba mate, creciendo en sentido superior e inferior desde el punto de inoculación. Luego de 19 días posinoculación, se observaron hojas necróticas colgando de las ramitas por las hifas del hongo que formaron los cordones de micelio (rizomorfos). Los síntomas producidos por la cepa aislada en la prueba de patogenicidad fueron idénticos a los observados en las plantas infectadas en campo. Los reaislamientos de las hifas obtenidas de las plantas analizadas se confirmaron mediante caracterización molecular y morfológica. A partir de estos estudios se confirmó que el agente causal de la enfermedad de mal de la tela en yerba mate fue *Ceratobasidium niltonsouzanum* comprobando así los postulados de Koch (figura 4). La cepa R2_Ilex_paraguariensis se utilizó para la inoculación y la cepa R3_Ilex_paraguariensis se obtuvo de las plantas infectadas utilizadas en la prueba de patogenicidad. Ambas cepas fueron secuenciadas, lo que confirmó que el agente causal es *C. niltonsouzanum*.

DISCUSIÓN

El mal de la tela es una enfermedad que se conoce en la yerba mate en el norte de la provincia de Misiones, Argentina, desde el siglo pasado (Marchionatto, 1948). Pero hasta el momento no se habían realizado estudios del agente causal y sus consecuencias en la producción.

Un estudio anterior reportó que el agente causal asociado a esta enfermedad en los árboles de yerba mate era *Corticium koleraga* (Marchionatto, 1948). Otros estudios han descripto a *Rhizoctonia* sp. como el agente causal del mal de la tela debido a las características morfológicas observadas (RIAN, 2011; Rybak et al., 2014). Lima et al. (2019) determinaron que el causante de esta sintomatología es *C. niltonsouzanum* pertene-

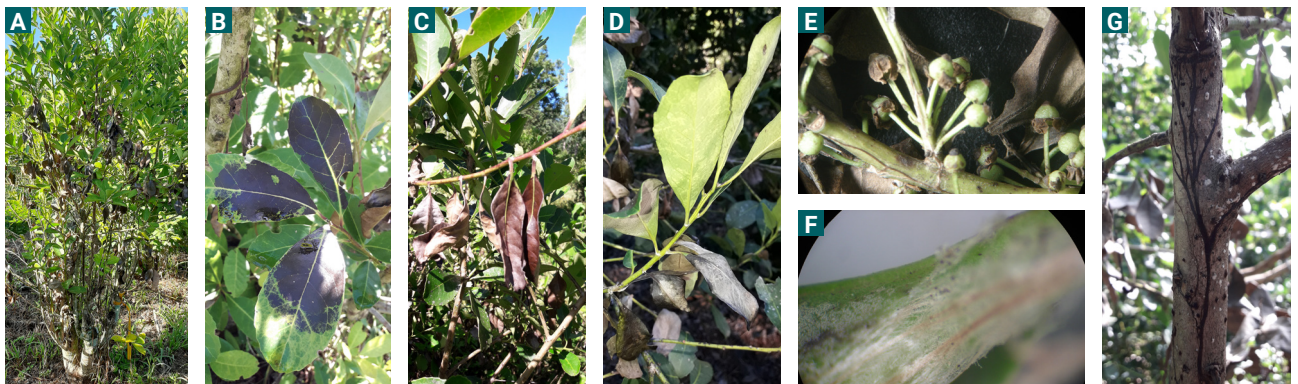


Figura 1. A) Sintomatología observada en plantas afectadas por *C. niltonsouzanum*, los primeros síntomas comienzan en la parte media de la copa, en los brotes internos. B) A medida que el hongo penetra en el tejido las hojas se vuelven negras. C) Las hojas secas quedan unidas al tallo por el micelio del hongo. D) El envés de las hojas pierde su brillo natural. E) Formación de micelio en tallos y frutos. F) A medida que avanza la enfermedad el micelio cambia de un color blanquecino a marrón oscuro. G) Formación de esclerocios en tallos cuando las condiciones ambientales son desfavorables para el desarrollo de la enfermedad. Elaborado para la presente edición.

Localidad de muestreo	Identificación	Características del micelio		
		Ratio de crecimiento (mm/día) ^a	Ángulo de ramificación a 90°	Constricción en ramificación
General Manuel Belgrano	R1_Ilex	4,51	Sí	Presente
	R12_Canela	3,45	Sí	Presente
	R13_Ilex	-	Sí	Presente
Montecarlo	R2_Ilex	4,45	Sí	Presente
	R3_Ilex	3,44	Sí	Presente
	R4_Ilex	3,05	Sí	Presente
	R5_Ilex	3,78	Sí	Presente
	R6_Ilex	5,08	Sí	Presente
	R7_Ilex	4,4	Sí	Presente
	R8_Ilex	5,65	Sí	Presente
	R9_Ilex	5	Sí	Presente
	R10_Ilex	4,25	Sí	Presente
	Puerto Esperanza	R11_Ilex	5,34	Sí

Tabla 1. Origen y número de aislamientos de *C. niltonsouzanum* por localidad de muestreo. Características morfológicas de los aislados en medio APG. Se identifica número de aislamiento y hospedero del cual fue aislado. Elaborado para la presente edición. ^a Media de 3 repeticiones.

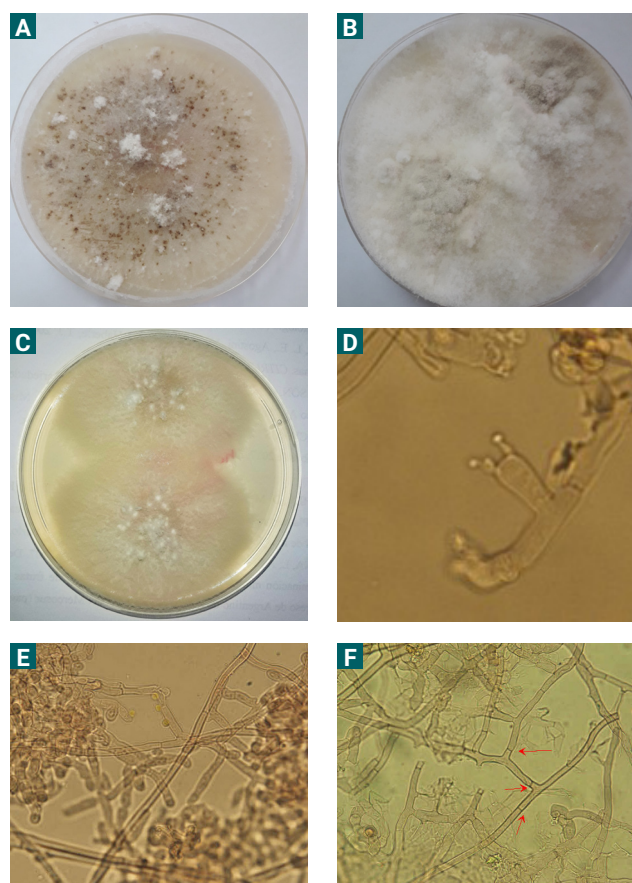


Figura 2. A) Colonia de 10 días creciendo en oscuridad a 25 °C. B) Colonia de 25 días creciendo en oscuridad a 25 °C. C) Colonia de 3 días obtenida de plantas inoculadas en condiciones ambientales controladas. D) Formación de basidios luego de un día en cámara húmeda con ambiente saturado. E) Células moniliales observadas a microscopio óptico a 40X. F) Ramificación de hifas en ángulo de 90°. Elaborado para la presente edición.

ciente al género binucleado *Rhizoctonia*. *C. niltonsouzanum* se describió por primera vez como el agente patológico del tizón del hilo blanco en las plantas de neem (*Azadirachta indica* A. Juss), pitanga (*Eugenia uniflora* L.) y té (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) en Brasil (De Melo et al., 2018). Los signos de la enfermedad incluían cordones visibles de micelio blanco que se formaban en las ramas y hojas infectadas mostrando lesiones necróticas en las hojas afectadas. En hojas muy afectadas se pudo observar al hongo colonizándolas. El hongo forma pequeños esclerocios en las ramas y hojas de algunos hospedantes. En este trabajo se observaron los mismos síntomas en cultivos de yerba mate descritos por Melo et al. (2018).

El número nuclear de las hifas celulares permite identificar entre una *Rhizoctonia* multinucleada, cuyos teleomorfos pertenecen al género *Thanatephorus*; o *Rhizoctonia* binucleada cuyos teleomorfos pertenecen al género *Ceratobasidium* (González García et al., 2006). En este estudio, el número nuclear de las hifas celulares no se pudo determinar, quizás debido a la resolución del microscopio. A pesar de ello, otras caracterizaciones morfológicas y moleculares permitieron la identificación y detección del agente causal de la enfermedad del mal de la tela. Uno de ellos fue la presencia y detección de estructuras sexuales como basidios y basidiosporas, que son características significativas para la identificación de especies. Este hallazgo junto con los estudios moleculares y filogenéticos obtenidos en este trabajo permitieron determinar que estos aislados pertenecen al género *Ceratobasidium*, el cual es un basidiomiceto cuya fase anamórfica es una especie binucleada de *Rhizoctonia* (Stalpers and Andersen, 1998).

La yerba mate presenta un patrón de brotación con 3 picos bien definidos a lo largo de toda la campaña, estos se dan en primavera, verano y otoño (Sansberro et al., 2000). Estos 3 períodos de brotación proporcionan material susceptible disponible para el ataque de este patógeno siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables para su desarrollo.

Cuando las condiciones ambientales no son favorables para su desarrollo *C. niltonsouzanum* forma estructuras denomi-

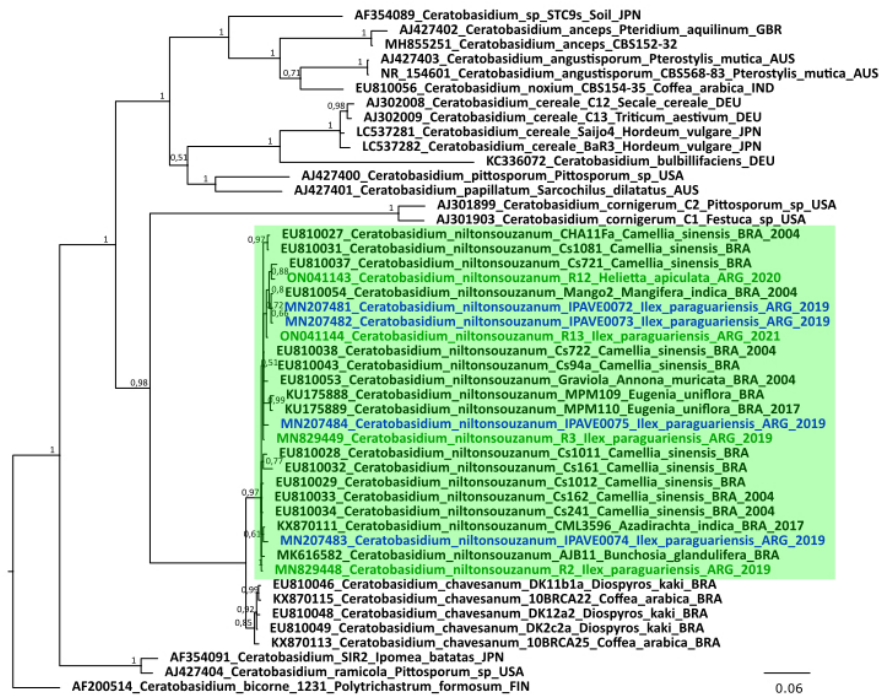


Figura 3. Árbol filogenético obtenido mediante Inferencia Bayesiana a partir de las secuencias de la región del espaciador transcrito interno (ITS). Los valores de probabilidad posterior bayesiana se muestran en los nodos. Las secuencias de *C. niltonsouzanum* de este estudio están en verde y otras secuencias de Argentina en yerba mate en azul. Elaborado para la presente edición.

nadas esclerocios sobre el tallo de las plantas afectadas. Tal como lo explica Agrios (2004), existen patógenos cuyo desarrollo y esporulación, así como la producción de los síntomas que ocasionan, se inhiben tan pronto como llegan los climas cálidos y secos y solo vuelven a reanudarse hasta que llueve o después de que retorna el tiempo húmedo. Ensayos realizados en laboratorio demostraron que, si no se les aplica humedad constante a las plantas inoculadas, el progreso de la enfermedad se detiene y no prospera.

La escasa información disponible sobre el manejo de la enfermedad en las plantaciones de yerba mate favoreció su disseminación a diferentes localidades de Misiones y tal vez a otras regiones productoras.

La proximidad de los cultivos de yerba mate con plantaciones nativas permite inferir que proviene de otros hospederos que se encuentran en estas zonas. Tal afirmación se debe a que las primeras observaciones de plantas infectadas se encuentran en los bordes, lindantes a las plantaciones de especies nativas donde según la orientación de las plantaciones puede contar con sombra y humedad durante largos períodos. De la misma manera, en Brasil, Siviero *et al.* (2019) informaron que el patógeno *Rhizoctonia solani* que causa el tizón foliar en la yuca (*Manihot sculenta*), el cual es un cultivo importante en la región, proviene de otros huéspedes que se encuentran en los ecosistemas forestales circundantes. Los resultados obtenidos en este trabajo contribuyen al conocimiento de un problema fitosanitario en el cultivo de yerba mate que se viene observando desde hace años en la región, el cual se está expandiendo hacia otras zonas y posiblemente a otros cultivos debido a la diversidad de hospederos sobre la cual fue observada. Los resultados obtenidos brindan herramientas para la búsqueda de alternativas de manejo para disminuir

la incidencia de la enfermedad en las parcelas afectadas. Se necesitan más estudios para una comprensión más completa del patosistema.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por INTA, PDI090, Análisis de patosistemas en los principales cultivos agrícolas y caracterización de sus componentes.

BIBLIOGRAFÍA

AGOSTINI, J.P.; DE BREUIL, S.; DUMMEL, D.M.; CANOVAS, S.; GIOLITTI, F.; KORNOWSKI, M.V.; NOME, C. 2014. Evidencias de infección viral en plantas de Ilex paraguariensis. Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales (4), 17-21.

BEJERMAN, N.; DE BREUIL, S.; DEBAT, H.; MIRETTI, M.; BADARACCO, A.; NOME, C. 2017. Molecular characterization of yerba mate chlorosis-associated virus, a putative cytorhabdovirus infecting yerba mate (*Ilex paraguariensis*). Arch Virol 162:2481-2484. <https://doi.org/10.1007/s00705-017-3363-8>

BEJERMAN, N.; DE BREUIL, S.; NOME, C. 2018. Identification and molecular characterization of a novel circular single-stranded DNA virus associated with yerba mate in Argentina. Arch Virol 163:2811-2815. <https://doi.org/10.1007/s00705-018-3910-y>

CONINAGRO. 2017. Yerba mate.

DE MELO, M.P.; MATOS, K.S.; MOREIRA, S.I.; DA SILVA, F.F.; CONCEIÇÃO, G.H.; NECHET, K.; HALFELD-VIEIRA, B.A.; BESERRA JÚNIOR, J.E.A.; VENTURA, J.A.; COSTA, H.; FURTADO, E.L.; ALVES, E.; CERESINI, P.C. 2018. Two new *Ceratobasidium* species causing white thread blight on tropical plants in Brazil. Trop Plant Pathol 43:559-571. <https://doi.org/10.1007/s40858-018-0237-x>

GONZÁLEZ GARCÍA, V.; PORTAL ONCO, M.A.; RUBIO, S.V. 2006. Review. Biology and systematics of the form genus *Rhizoctonia*. Spanish J Agric Res 4:55-79. <https://doi.org/10.5424/sjar/2006041-178>

HALL, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT Nucleic Acids Symp. Ser. 41:9598 pp. <https://doi.org/citeulike-article-id:691774>

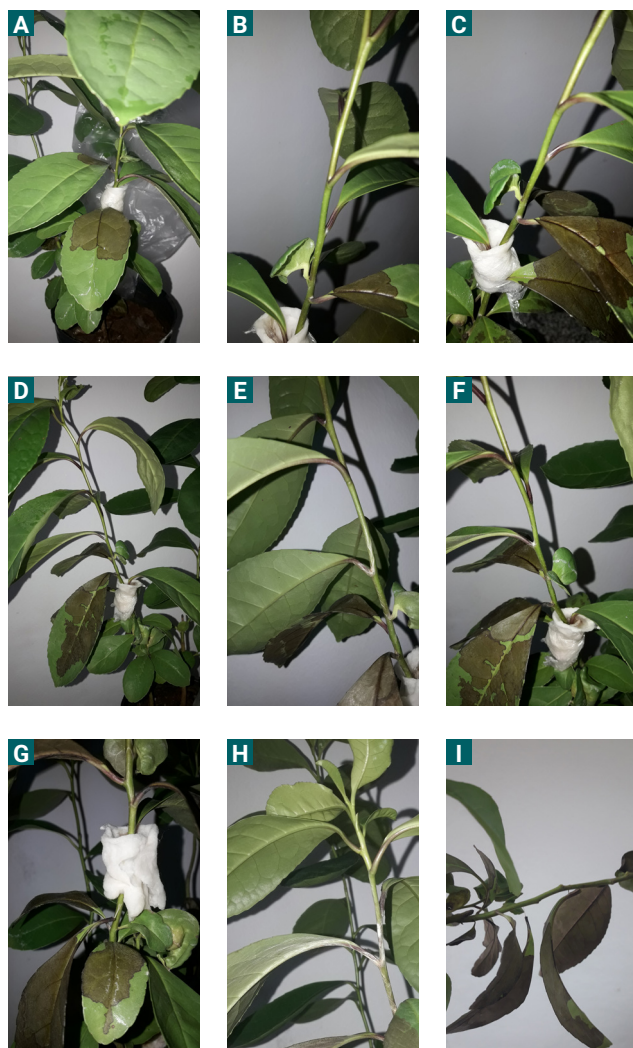


Figura 4. Planta de yerba mate inoculada con *C. niltonsouzanum* obtenida del aislamiento de la punta de la hifa. A, B, C) 12 días después de la inoculación, en la imagen A se puede observar el inicio de la infección. D, E, F) 16 días después de la inoculación, imagen E formación de micelio en hojas superiores; F formación de micelio en la axila de la hoja. G, H, I) 19 días después de la inoculación, la imagen H muestra el desarrollo del micelio en el tallo y el pedicelo de la hoja; la imagen I muestra hojas desprendidas que cuelgan del micelio del hongo. Elaborado para la presente edición.

HUELSENBECK, J.P.; RONQUIST, F. 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees. Yang and Rannala.

INYM. 2019. Informe del Sector Yerbatero. 1-17.

KUMAR, S.; STECHER, G.; LI, M.; KNYAZ, C.; TAMURA, K. 2018. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. Mol Biol Evol 35:1547-1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>

LIMA, N.B.; KRYVENKI, M.A.; CONFORTO, C.; SERRI, D.; KRAMER, R.; ROCA, M.; VARGAS-GIL, S. 2019. First Report of White Thread Blight caused by *Ceratobasidium niltonsouzanum* on Yerba Mate in Argentina. Plant Dis 2-5.

LÜCKEMEYER, D.D.; MÜLLER, V.D.M.; MORITZ, M.I.G.; SCHENKEL, E.P.; BARARDI, C.R.M.; REGINATTO, F.H.; SIMÕES, C.M.O. 2012. Effects of Ilex paraguariensis A. St. Hil. (yerba mate) on herpes simplex virus types 1 and 2 replication. Phyther Res 26:535-540. <https://doi.org/10.1002/ptr.3590>

MARCHIONATTO, J.B. 1948. Tratado de Fitopatología. Ediciones Libr. del Colegio, Buenos Aires 537.

RAMBAUT, A. 2010. FigTree v1.3.1. Inst. Biol. Evol. Univ. Edimburgo, Edimburgo.

RIAN. 2011. Yerba mate. Manual de campo. (Disponible: <https://inta.gob.ar/documentos/yerba-mate-manual-de-campo> verificado: 04 de febrero de 2020).

RONQUIST, F.; TESLENKO, M.; VAN DER MARK, P.; AYRES, D.L.; DARLING, A.; HÖHNA, S.; LARGET, B.; LIU, L.; SUCHARD, M.A.; HUELSENBECK, J.P. 2012. Mrbayes 3.2: Efficient bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. Syst Biol 61:539-542. <https://doi.org/10.1093/sysbio/sys029>

RYBAK, M.; RYBAK, R.; CABRERA, M.G.; ALVAREZ, R.E. 2014. Enfermedades de la yerba mate. Miscelanea N.º 66. Estación Experimental Cerro Azul, INTA. (Disponible: https://baunne.unne.edu.ar/documentos/ENFERMEDADES_YERBAMATE_TE.pdf verificado: 05 de febrero de 2020).

SIVIERO, A.; DE MACEDO, P.E.F.; MOREIRA, G.T.S.; NECHET, K.; Coelho, R.M.S.; HALFELD-VIEIRA, B.A. 2019. First report of cassava leaf blight caused by *Rhizoctonia solani* AG-1 IA. Australas Plant Dis Notes 14:1-3. <https://doi.org/10.1007/s13314-019-0356-3>

STALPERS, J.A.; ANDERSEN, T.F. 1998. A Synopsis of the Taxonomy of Teleomorphs connected with *Rhizoctonia* S.L. En: SNEH, B.; JABAJI, S.; NEATE, S.M. (eds.). *Rhizoctonia* Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control. Springer, 49-63 pp. WHITE, T.J.; BRUNS, T.D.; LEE, S.B.; TAYLOR, J.W. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA Genes for phylogenetics. PCR - Protocols and Applications- A Laboratory Manual. Academic Press. 315-322 pp. (Disponible: https://www.researchgate.net/publication/223397588_White_T_J_T_D_bBrunns_S_B_Lee_and_J_W_Taylor_Amplification_and_direct_sequencing_of_fungal_ribosomal_RNA_Genes_for_phylogenetics verificado: 05 de febrero de 2020).

Distribución radical en plantaciones de kiwi (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa*) en el sudeste bonaerense y su implicancia en el manejo racional del riego
David, M.A.; Ligier, H.D.; Sánchez, E.E.

Evaluación de la sustentabilidad de un sistema productivo familiar: aplicación de un set de indicadores adaptados a la provincia de Santa Cruz
Birgi, J.A.; Peri, P.L.; Ceconello, M.M.; Gargaglione, V.

Primer aislamiento de *Leptospira borgpetersenii* de un feto de jabalí (*Sus scrofa*)
Brihuega, B.; Samartino, L.; Romero, G.; Auteri, C.; Martínez, M.; Grune Loffler, S.

Efecto de pies clonales sobre el crecimiento y productividad en manzano cv Cripps Pink en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén
De Angelis, V.; Calvo, P.

Ecología de comunidades de malezas de arroz (*Oryza sativa* L.) como aporte hacia una agricultura sustentable
Lovato Echeverría, R.A.; Giménez, L.I.; López, M.G.

Efecto de la fertilización y aplicación de fitohormonas sobre la floración y rendimiento de *Hylocereus megalanthus* (*K. Schum. ex Vaupel*)
Sánchez-Herrera, J.H.; Oliva, M.; Collazos, R.; Meléndez-Mori, J.B.

Evaluación de la aceptabilidad de chips de pepino orgánico: estudio de mercado y análisis sensorial
Yañez, G.; Sotera, T.; Rodríguez, A.

Diseño de tres pares de oligonucleótidos específicos para la detección del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV)
Cruz, J.K.; Ochoa, J.; Ortega, V.; Ruiz, F.G.

Contribución del bienestar animal a la calidad de la carne vacuna
Munilla, M.E.; Vittone, J.S.; Romera, S.A.; Teira, G.A.

Secuencias de cultivos anuales para forraje y pastura perenne en suelo agrícola degradado
Bertin, O.D.; Camarasa, J.N.; Barletta, P.F.; Mattera, J.; Pacente, E.; Beribe, M.J.

Avances sobre la caracterización del “mal de la tela” en plantas de yerba mate *Ilex paraguariensis* a. St. Hil.
Dummel, D.M.; Badaracco, A.; Kramer, R.; Rohatsch, P.; Agostini, J.P.