



revista

FACULTAD DE AGRONOMÍA

La Revista de la Facultad de Agronomía fue fundada en 1895 y actualmente publica dos volúmenes por año (periodicidad semestral) con artículos originales en español, portugués e inglés, resultado de la investigación en cualquier disciplina de las ciencias agrarias y forestales, tanto en el ámbito nacional como internacional. Se aceptarán trabajos que brinden información de interés local y regional, siempre y cuando contengan debida justificación, diseño experimental adecuado y amplia discusión.

Los autores deben tener en cuenta que los lectores de la revista pertenecen a variadas disciplinas, de tal manera que los trabajos deben ser comprensibles por un amplio público que trabaje en el ámbito de la agronomía y la forestación.

Esta revista pertenece al Núcleo Básico de Publicaciones del CONICET, tiene una amplia difusión en el mundo y es citada en LATINDEX, Biological Abstracts, Field Crop Abstracts, Herbage Abstracts, Plant Breeding Abstracts, Review of Applied Entomology, Review of Plant Pathology, Soil and Fertilizers.



Los trabajos deberán ser dirigidos al Editor a:

REVISTA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA PLATA
CC. 31 // 1900 // La Plata
o a los e-mail: revagrounlp@gmail.com

revista

FACULTAD DE AGRONOMÍA



Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, 2019, vol 118 (2)

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales / Universidad Nacional de La Plata / La Plata, Argentina
ISSN 0041-8676 / ISSN (on line) 1669-9513

A modo de prólogo

Presentamos en este volumen impreso todos los trabajos aceptados durante el segundo semestre del año 2019. En el mismo se pueden observar 16 artículos, que incluyen aportes de autores de nuestra institución, así como también de otras instituciones y centros, tanto del ámbito nacional como internacional. Por otra parte, es importante agradecer a los Editores de Sección de la Revista y a la Editora Adjunta por la ardua y constante tarea que realizan.

En este sentido, a ellos nuestro agradecimiento:

Dra Paula Alayon Luaces
Dra. Ada Albanesi
Dr. Nicolas Di Lorenzo,
Dr Matías García
Ing. Ftal. Juan Francisco Goya
Dra. Corina Graciano
Dra. Noemi Bejarano
Ing. MSc. Claudia Gallardo
Dra Mariel Silvina Mitidieri
Dr. José Corronca
Dra. Maria Claudia Dussi
Dra. Lorenza Costa
Dr. Leonardo Gallo
Dr. Mario Pastorino
Dra. Silvina Larran
Ing. MSc. Pablo Cortese
Dr. Ignacio Mundo
Ing. MSc Carlos Cordiviola
Dra. Maria Dolores Raigon Jimenez
Dr. Guillermo Alberto Studdert
Dr. Ariel Vicente
Dra. Virginia Moreno
Ing. Agr. Alejandro Pérez
Ing. MSc. Claudia Flores
Dr. Juan Manuel Ressia
Dr. Diego Ruiz
Dra. Emma Siliprandi
Prof Raquel Rivata

Editora Adjunta: Dra. María Luz Blandi

Para este volumen también actuaron como evaluadores muchos especialistas de diferentes áreas, que conformaron una de las partes más destacadas del proceso editorial.

Es importante destacar la contribución conjunta por parte de autores, evaluadores y editores, gracias a los cuales puede verse un crecimiento constante en la cantidad y calidad de los trabajos de la Revista. Alentamos a los lectores, así como a todos los participantes de esta publicación a continuar por el mismo camino y en la misma dirección, alentando y fomentando la construcción del conocimiento.

Dra Cecilia Mónaco
Editora Responsable
Revista de la Facultad de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata
La Plata, Argentina, <https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Índice de contenidos

<p>Calidad de poroto (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) almacenado en silobolsa en condiciones de intemperie en relación a la presencia de materias extrañas y granos partidos</p> <p><i>Quality of stored bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) in outdoor silo bag related to the presence of foreign matters and broken grains</i></p> <p><i>Godoy, Adriana Iris</i></p>	161-168
<p>Cinco anos de avaliações dos efeitos de porta-enxertos sobre a produção, produtividade e eficiência produtiva do pessegueiro 'Maciel'</p> <p>Five years of evaluation of rootstock effects on tree production, yield and yield efficiency of 'Maciel' peach tree</p> <p><i>Mayer, Newton Alex; Bernardo Ueno; Tainá Rodrigues das Neves; Tamara Bohrer Rickes</i></p>	169-179
<p>Aptitud forestal de las tierras no agrícolas del norte de la provincia de Buenos Aires (Argentina)</p> <p>Land suitability of lowlands for forestation in the northern part of Buenos Aires province</p> <p><i>Lupi, Ana María; Marcos Angelini; Gabriela Civeira; Julieta Irigoín</i></p>	181-198
<p>Tabaco e Equipamento de Proteção Individual na Colheita. A Compreensão dos Agricultores Familiares no Sul do Brasil</p> <p>Tobacco and personal protective equipment in the harvest. The understanding of the family farming in the South of Brazil</p> <p><i>Corrêa, Ana Luiza Bacelo; Mario Duarte Canever; Décio Souza Cotrim</i></p>	199-210
<p>Fungicida biológico a base de una cepa del hongo <i>Trichoderma harzianum</i>: su supervivencia en el suelo</p> <p>Biological fungicide based on a strain of the fungus <i>Trichoderma harzianum</i>: its survival in the soil</p> <p><i>Stocco, Marina; Gladys Lampugnani; Soledad Zuluaga; Cecilia Abramoff; Cristina Cordo; Cecilia Mónaco</i></p>	211-215
<p>Capacidade de carga na trilha principal da ARIE da Floresta da Cicuta, Volta Redonda-Barra Mansa, Rio de Janeiro, Brasil</p> <p>Determination on the carrying capacity in the Main Trail of Cicuta's ARIE, Volta Redonda-Barra Mansa, Rio de Janeiro</p> <p><i>Tobias Lee, Lundoj; Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho; Camila Riquete Coelho; Lucinere de Souza Quintanilha Carvalho; Sabrinna Aires Garcia; Márcia Valéria da Fonseca Porto; Sandro Leonardo Alves; Wellington Kiffer de Freitas</i></p>	217-226
<p>Enterobacteria isolated from an agricultural soil of Argentina promote plant growth and biocontrol activity of plant pathogens</p> <p><i>Enterobacterias aisladas de suelos agrícolas de Argentina con efecto promotor del crecimiento de plantas y biocontrol sobre fitopatógenos</i></p> <p><i>López, Silvina M. Y; Graciela N. Pastorino; Ismael Malbran; Pedro A. Balatti</i></p>	227-236
<p>Calidad microbiológica de kiwi cv 'Hayward' cosechado en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina</p> <p>Microbiological quality of kiwi cv 'Hayward' harvested in the Southeastern of Buenos Aires Province, Argentina</p> <p><i>Moreno, Ayelén; Claudia Castellari; Alejandra Yommi; Sandra Médici; María Alejandra Pereyra</i></p>	237-243
<p>Flowering and fruiting of <i>Ananas comosus</i> L. Merr. in two cultivation systems under subtropical conditions</p> <p>Floración y fructificación del <i>Ananas comosus</i> L. Merr. bajo dos sistemas de cultivo en condiciones subtropicales</p> <p><i>Levin, Sebastián A.; Melanie D. Gómez Herrera; Paula Alayón Luaces</i></p>	245-252

- Análise diagnóstico dos sistemas agrários e aspectos da agricultura familiar no município de Derrubadas, Rio Grande do Sul** 253-267
Diagnostic analysis of agrarian systems and aspects of family farming in the municipality of Derrubadas, Rio Grande do Sul
Moreira, Diego Camelo; Tamires Elisa Bieger; Pedro Selvino Neumann; Mauren Buzzatti; Álvaro Antônio Xavier de Andrade
- Produtividade e qualidade dos grãos de cultivares de feijoeiro cultivado na safra das águas e de inverno** 269-275
Grain yield and quality of common bean cultivars cultivated in the water and winter seasons
Terra, Filipe Silveira de Ávila; Anderson Prates Coelho; João Victor Trombeta Bettiol; Rogerio Farinelli; Leandro Borges Lemos
- Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de la pella y el rendimiento en dos híbridos de brócoli (Brassica oleracea var. Italica Plenck) en el Valle de Lerma (Salta)** 277-283
Effect of plantation distance on of the head and the yield in two hybrids of broccoli (Brassica oleracea var. Italica Plenck) in the Lerma Valley, Salta
Lozano, Lelia; Andrés Tálamo; Ana Laura Artinian
- Sustentabilidad de agroecosistemas de maíz de la planicie costera del Istmo, Oaxaca, México** 285-296
Maize agroecosystems sustainability in the coastal plain of Istmo, Oaxaca, Mexico
Rasgado Cabrera, Víctor Ernesto; Ernesto Castañeda Hidalgo; Salvador Lozano Trejo; María Isabel Pérez León; Gisela Margarita Santiago Martínez
- Estudo higroscópico da polpa em pó do fruto da pitaya (Hylocereus costaricensis) em diferentes concentrações de maltodextrina** 297-305
A Pitaya (hylocereus costaricensis) pulp powder hygroscopic study in different maltodextrin concentrations
de Sousa, Erika Milene Pinto; Lênio José Guerreiro de Faria; Walber José Pereira Costa; Carlos Augusto de Sousa Araújo Neto; Renan Rocha Pereira; Carla Larissa Fonseca da Silva
- Indicadores de Heterogeneidad vegetal. Una herramienta para evaluar el potencial de regulación biótica en agroecosistemas hortícolas del periurbano platense, provincia de Buenos Aires, Argentina** 307-323
Indicators of vegetal heterogeneity: a tool to evaluate the potential of biotic regulation in horticultural agro-ecosystems of La Plata' surroundings, province of Buenos Aires, Argentina
Fernández, Valentina; Mariana Marasas; Santiago Sarandón
- Entre la expansión urbana y la producción de alimentos. El conflicto rural/urbano en relación al patrón espacial de usos del suelo en el partido de La Plata, Buenos Aires** 325-342
Between urban sprawl and food production. The rural/urban conflict in relation to land use spatial pattern in La Plata district, Buenos Aires
Baldini, Carolina; Mariana Edith Marasas; Andrea Alejandra Drozd

Calidad de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) almacenado en silobolsa en condiciones de intemperie en relación a la presencia de materias extrañas y granos partidos

Godoy, Adriana Iris

Estación Experimental Agropecuaria Salta (EEA Salta), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); godoy.adriana@inta.gob.ar

Godoy, Adriana Iris (2019) Calidad de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) almacenado en silobolsa en condiciones de intemperie en relación a la presencia de materias extrañas y granos partidos. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 161-168. <https://doi.org/10.24215/16699513e016>

El objetivo del trabajo fue estudiar el deterioro del poroto blanco alubia almacenado en silobolsa con la presencia de materias extrañas y granos partidos. Se evaluaron silobolsas con diferentes contenidos iniciales de humedad, materias extrañas, granos partidos y granos manchados. Se midió la evolución de estos parámetros y la concentración de dióxido de carbono. Se registró humedad relativa y temperatura del aire intergranario. Se utilizó la actividad acuosa como parámetro de actividad microbiana. Los resultados indican que el manchado de los granos aumentó con altos contenidos iniciales de manchado, humedad y materias extrañas, que coincidió con el incremento de microorganismos. Estos últimos se localizaron según la ubicación del material fino en la base de la bolsa, o en puntos húmedos del estrato superior producto de la condensación. Bajos valores de humedad y materias extrañas evidenciaron control microbiano por humedad relativa <70%. Se observó interacción entre los efectos de materias extrañas y granos partidos, que generó el manchado de los granos, favorecida por períodos prolongados y altas temperaturas. El efecto de los granos partidos se relacionó con el contenido de humedad y el efecto del material extraño con el tiempo. Se observó la estratificación de la humedad. La concentración de dióxido de carbono aumentó con el incremento de la temperatura. Los incrementos de la actividad acuosa se relacionaron con altas proporciones de materias extrañas y granos partidos presentes en el granel, y con elevados contenidos de humedad de los mismos y del grano, lo cual ocasiona mayor actividad microbiológica.

Palabras clave: bolsas plásticas, atmósfera modificada, deterioro de granos, material fino

Godoy, Adriana Iris (2019) Quality of stored bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in outdoor silo bag related to the presence of foreign matters and broken grains. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 161-168. <https://doi.org/10.24215/16699513e016>

The aim of this work was to study the spoilage process in bean's quality stored in silo bags with foreign matters and broken grains. Conventional silo bags were evaluated. They had different initial contents of: grain moisture, foreign matters, broken grains and spotted grains. This parameters evolution was evaluated and the carbon dioxide concentration too. The inter grain relative humidity and temperature air were registered. The water activity was used as a microbiological activity parameter. Results shows an important increase of the spotted grains percentage with high initial contents of spotted grains, humidity and foreign matters. That increase coincided with the microorganisms' increase. The microorganisms were located according to the location of the thin material in the base of the bag, or in upper layer damp points, product of condensation. Low values of moisture and foreign matters had showed microorganisms control because the intergranular air relative humidity reached percentages lower than 70%. An interaction between effects of foreign matters and broken grains was observed. This interaction generated spotted grains and was favored by long storage periods and high temperatures. The effect of the broken grains showed a strong relationship with the grain moisture content. The effect of foreign matters gained importance through the storage time. The moisture stratification was observed. The carbon dioxide concentration increased with temperature's increase. The water activity increase was related with the high percentages of foreign matters and broken grains, and it high moisture contents. The grain moisture has a positive effect on microorganisms as well. Those factors determinate of the microbiological activity increase.

Keywords: plastic bags, modified atmosphere, spoiled grains, fine material

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 05/12/2017

Aceptado: 28/07/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

La producción de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en Argentina se concentra en las provincias de Salta y Jujuy, donde se cultivaron 412.115 hectáreas en la campaña 2016-2017 (Paoli et al., 2017). El tipo comercial de mayor rentabilidad es el poroto blanco alubia (Tubello & Picollo, 2002) que se comercializa a través de acuerdos entre partes, con altas exigencias de calidad (el 90% de la producción se exporta a España, Italia, Turquía, Argelia, como destinos principales). La incorporación del silobolsa al manejo de poroto acompañó el incremento de la producción de 305.019 toneladas (t) en 2010 a 618.173 t en 2017 (Paoli et al., 2017).

En el interior del silobolsa se modifica la atmósfera por la respiración del granel, lo cual reduce la concentración de oxígeno (O₂) y aumenta la de dióxido de carbono (CO₂) (Cardoso et al., 2009), aspectos que limitan la actividad biológica y conservan el grano (Bartosik et al., 2009).

Como resultado de la cosecha directa ineficiente (es decir realizada con cosechadoras que carecen del equipamiento y la regulación apropiadas para el tratamiento de los granos de poroto), el manejo inadecuado de malezas y el uso de variedades de maduración despereja (De Simone & Godoy, 2006; Godoy et al., 2006) desde hace unos años se observan silobolsas de poroto con alto grado de materias extrañas (ME) y granos partidos (Godoy & De Simone, 2010). Esta situación generaría en el aire intergranario una humedad relativa de equilibrio (HRE) propicia para el desarrollo de microorganismos (Giner, 1994; Abadía & Bartosik, 2013). Sumado a esto, Weller & Saettler (1980) observaron durante la cosecha la infección externa del grano con bacterias presentes en el polvo de tejidos infestado.

Existen diversos estudios referidos al almacenaje en silobolsa. Bartosik et al. (2009) evaluaron el efecto del contenido de humedad del grano (CH), la temperatura (T°) y el tiempo sobre la calidad de maíz, trigo, soja y girasol almacenados en silobolsa. Estos autores midieron la concentración de gases, observando que los cambios se acentúan al final del almacenamiento, en especial en granos húmedos. Concluyen que los parámetros evaluados tienen efecto en la calidad, y que la concentración de CO₂ puede utilizarse como indicador de la actividad biológica. Cardoso et al. (2009) estudiaron la evolución del CH de granos individuales de maíz y soja en silobolsa. Ellos observaron que el CH individual se vuelve homogéneo y que el CH promedio de los granos del estrato superior de la bolsa aumenta debido a movimientos de humedad por convección de vapor y posterior condensación. También observaron la estratificación del material fino en la base de la bolsa. De Simone et al. (2009) estudiaron el comportamiento del poroto en bolsas plásticas experimentales (150 kg) en relación a su CH inicial, el deterioro de los granos (por hongos y bacterias) y el tiempo. Los autores mencionan que cuanto mayor es el CH del grano menor es su calidad, que los granos con elevado deterioro inicial pierden calidad independientemente del CH y que el PG disminuye a los 150 días. Ellos concluyen que es factible almacenar en condiciones seguras granos sanos, limpios y secos (CH 12%) hasta 150

días. De Simone & Godoy (2009) estudiaron los mismos parámetros que De Simone et al. (2009), en silobolsas comerciales de poroto (200 t) y observaron su disminución en el mismo periodo de tiempo. A su vez, Godoy (2014b) estudió la concentración de CO₂ en silobolsas comerciales de poroto y estableció valores de referencia de acuerdo a la condición del grano y del plástico. Este autor observó que existe una relación entre el CH del grano, la composición del granel y la concentración de CO₂.

La Humedad Relativa de Equilibrio (HRE) es la relación de equilibrio entre la humedad relativa del aire (HR) y el CH del grano. La misma define la curva de HRE que depende de la T° y del tipo de grano. Abadía & Bartosik (2013) y Giner (1994) destacan la importancia de considerar la HRE o su equivalente en granos (actividad acuosa (*aw*)) como parámetro de estabilidad microbiana. La misma no debe superar 70% de HR o 0,7 de *aw* (mínimo requerido por los hongos para crecer). En 1998, De Simone construyó la curva de HRE a 25°C para poroto blanco. En tal sentido Godoy (2014a) estudió el comportamiento de la atmósfera intergranaria en silobolsas experimentales de poroto (400 g) en función de contenidos y humedades conocidos de ME y granos partidos. Concluyó que existe una relación entre HR y CH, donde CH del grano aumenta y genera una condición de *aw* favorable para el desarrollo microbiano con la presencia de ME húmedo.

El 90% de los productores de poroto blanco alubia que almacenan la producción en silobolsa, lo hacen con altos contenidos de ME y granos partidos. Se desconocen las pérdidas de calidad comercial causadas por la actividad microbiológica, como así también el efecto de estos parámetros. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue evaluar el deterioro de la calidad comercial de poroto almacenado en silobolsa en condiciones de intemperie, con presencia de ME y granos partidos. Para ello se analizaron los cambios en la humedad por estratos y se determinaron qué factores ocasionan dichos cambios. También se estudió la ubicación de los microorganismos en el granel. Asimismo, se analizó el comportamiento de la concentración de dióxido de carbono en relación a la condición del grano y su entorno, y se identificaron los factores evaluados que podrían utilizarse como parámetros del tiempo de almacenamiento seguro.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en el establecimiento ALIMAR S.A. (General Güemes, Salta, Argentina). Se escogieron 5 silobolsas de poroto blanco alubia con diferentes valores iniciales de: CH del grano (%); ME (%); granos partidos (%), y granos manchados (%). Se designaron como bolsa A, B, C, D, E (Tabla 1).

Obtención de muestras.

Se empleó un muestreo dirigido al cierre de la bolsa, el punto crítico y el óptimo. Estos últimos puntos corresponden al máximo y mínimo valor medido de CO₂, respectivamente, determinados con el método de Bartosik et al. (2009).

Tabla 1. Características compositivas del granel de cada bolsa. Condición inicial, final y tiempo de almacenamiento. Valores promedio de cada silobolsa.

Bolsa	A		B		C		D		E	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Condición										
Contenido Humedad (%)	9,7	9,3	10,5	10,2	9	10,4	12,2	12,5	9,9	9,5
Materias Extrañas (%)	1,7	1,7	1,9	1,9	2	2	2,3	2,3	2,7	2,7
Granos partidos (%)	4,6	4,6	2,6	2,6	2,8	2,8	4,2	4,2	3,8	3,8
Granos manchados (%)	2	7,63	6,2	6,86	4,7	10,1	3,1	5,3	3,8	7,8
Tiempo de almacenaje (días)	124		74		62		105		120	

Se consideraron los valores de referencia de CO₂ para poroto (Godoy, 2014b). Se extrajeron muestras del nivel superior (1,2 m de altura) e inferior (0,1 m sobre el nivel del suelo). Por cada fecha de muestreo se evaluaron los puntos: 1) cierre arriba, 2) cierre abajo, 3) punto óptimo arriba, 4) punto óptimo abajo, 5) punto crítico arriba, 6) punto crítico abajo. Los muestreos se realizaron cada siete a 15 días en función de las condiciones climáticas en todas las bolsas, desde el 28/07/2011 hasta 05/01/2012, utilizando un calador convencional (De Simone & Godoy, 2009). Cada muestra pesó 450 g (SAGPyA, 1994). Se ingresó horizontalmente al silobolsa haciendo un corte del plástico con la punta del calador. El plástico se reparó según lo propuesto por Cardoso et al. (2009).

Determinación de los parámetros evaluados.

Se separaron las ME (tierra, cascotes, hojas, vainas, etc.) de los granos partidos utilizando una zaranda de 4,5 mm de paso (SAGPyA, 1994). El peso de ME se expresó como porcentaje del peso total de cada muestra. Los granos partidos separados y pesados también se expresaron como porcentaje. Los granos sanos se revisaron visualmente para detectar el manchado de la testa y su peso se expresó como porcentaje. Los granos manchados se analizaron en el laboratorio de Sanidad Vegetal del INTA Salta para la determinación de hongos y bacterias. El número de granos afectados se expresó como porcentaje del total de manchados. Se empleó como complemento el test de patogenicidad en bacterias.

Humedad y temperatura del grano y de la atmósfera intergranaria.

El CH del grano fue determinado en poroto sano y limpio según norma ASAE S352 (1996a). También se utilizó un humidímetro (marca Motomco) para determinar CH y temperatura (T°) de los granos. La HR y la T° intergranaria de la bolsa A fueron medidas utilizando seis sensores I-button datalogger (DS 1923 Termochrom, USA) que se programaron para una lectura horaria durante todo el almacenamiento. Se colocaron al inicio del embolsado en el estrato superior (tres sensores) y en la base (tres sensores) equidistantes a lo largo de la bolsa (Figura 1).

Con los datos de HR y CH se determinó la HRE empleando la curva de HRE propuesta por De Simone (1998). Se consideró HRE>70% como condición insegura de almacenamiento (Abadía & Bartosik, 2013; Giner, 1994).

Análisis estadístico.

Se utilizó el programa STATISTICA 7.0. Cada fecha de muestreo se consideró una repetición. Se empleó ANOVA de efectos principales (confianza: 95%; p<0,05) para evaluar el comportamiento del CH y de los microorganismos. Los predictores categóricos fueron las condiciones (1: inicial, 2: final) y los puntos de muestreo y las variables dependientes: CH (%), hongos (%) y bacterias (%). En la bolsa A se efectuó ANOVA con un solo predictor (confianza: 95%; p<0,05) para analizar los registros de los sensores. El predictor fue cada sensor y las variables dependientes: HR (%) y T° (°C). También se realizó una matriz de correlación entre todos los parámetros, y se escogieron las significativas. La interacción entre los parámetros se evaluó con ANOVA factorial. Se agruparon las bolsas de acuerdo con su contenido de ME y granos partidos: ME1/Partidos I: Bolsa B; ME1/Partidos II: Bolsa A; ME2/Partidos I: Bolsa C; ME2/Partidos II: Bolsas D y E, donde: ME1<2%; ME2>2%; partidos 1<4%; partidos 2>4%.

RESULTADOS

Actividad microbiológica y atmósfera intergranaria.

En la bolsa A la proporción de hongos se redujo de 16% a 12,4% entre condición inicial y final sin observarse diferencias estadísticas significativas (d.e.s.) (p=0,29). Los puntos de muestreo tampoco evidenciaron d.e.s. (p=0,32). Los hongos se distribuyeron en el granel en la base de la bolsa, de acuerdo con la ubicación del material fino (Figura 2). El contenido de granos partidos fue mayor en el estrato inferior (5%) que en el superior (2,8%).

Las bacterias aumentaron levemente y se ubicaron también en la zona inferior de la bolsa (promedio de afección 3,5%), aunque no se observaron d.e.s. entre puntos ni condiciones (p>0,05) (menos de 50 Unidades Formadoras de Colonias (UFC)). La patogenicidad de las bacterias fue positiva desde el inicio.

La HR del aire intergranario se mantuvo por debajo de 60% durante el almacenamiento (Figura 1). Se observaron d.e.s. entre los registros de HR (p<0,05), con valores más altos en la parte superior de la bolsa, lo que evidencia su estratificación (Figura 1). La diferencia de HR entre condición inicial y final fue mayor en los sensores superiores (2%). La T° del aire intergranario siguió el patrón de la T° ambiente con leves aumentos en el estrato superior, aunque sin d.e.s. (p>0,05) (Figura 1).

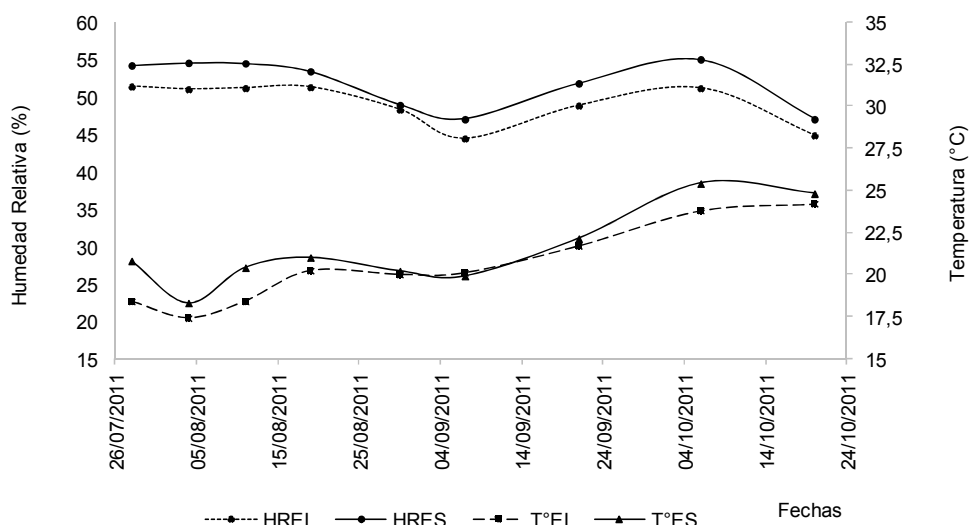


Figura 1. Evolución de la HR (%) y la T° (°C) del aire intergranario en el período de almacenamiento de la bolsa A en el estrato inferior (EI) y el estrato superior (ES) de la misma.

Las bolsas B, C y E tuvieron comportamientos semejantes a la bolsa A. Se produjo el control de microorganismos por la baja HRE, que se estima fue menor a 70%, de acuerdo a los CH del grano (menos de 10,5% con un promedio sostenido sin d.e.s., $p < 0,05$) y considerando la curva de CHE (contenido de humedad de equilibrio de los granos).

Los hongos disminuyeron en las bolsas C y E a 24% y 10% de afección final promedio, respectivamente, con una caída en el orden de 20%. En la bolsa C se observaron d.e.s. entre condiciones y puntos de muestreo ($p < 0,05$), no así para la bolsa E, aunque se observaron tendencias decrecientes muy marcadas. En la bolsa B la afección por hongos se redujo 0,5%, con un valor promedio final de 27%, sin d.e.s. entre condiciones ni puntos de muestreo. El mayor control de bacterias se produjo en la bolsa C (promedio de afección final 0,5% y d.e.s. entre condiciones y puntos de muestreo, $p < 0,05$).

En las bolsas con altos contenidos de ME y granos partidos (D y E) los microorganismos se ubicaron en la base de las bolsas (Figura 2) coincidiendo con la estratificación del material fino, al igual que en la bolsa A. En las bolsas B y C los hongos y bacterias se ubicaron en el estrato superior (Figura 2).

En la bolsa D la presencia de hongos y bacterias aumentó y generó la peor condición final (promedio de afección por hongos 55% y por bacterias 26%) con d.e.s. entre condiciones ($p < 0,05$) para hongos y sin d.e.s. para bacterias, pero con una tendencia creciente. No se observaron d.e.s. entre puntos de muestreo. Asimismo, esta bolsa presentaba un alto CH de los granos (13,2%, condición final). Además, los granos alcanzaron en el estrato superior 32,5°C promedio en octubre.

En la bolsa E, que presentó 120 días de almacenaje extendido hasta el verano (05/01/2012), se pronunciaron los cambios de CO₂ y la estratificación de la humedad. Los microorganismos se ubicaron también en el estrato superior al final del almacenamiento y el CO₂ aumentó por encima de la tolerancia (12,39%

promedio) (Figura 3). Sin embargo, la actividad microbiana no fue crítica (afección promedio final 12%). También se registraron aumentos de T° en el verano (promedio 30,5°C en granos). En las bolsas restantes, el CO₂ se mantuvo por debajo de la tolerancia durante el almacenamiento, con valores finales de: bolsa A 1,6%, bolsa B 4,3%, bolsa C 1,3% y bolsa D 2,6%.

Manchado de los granos. Relación con la actividad microbiológica.

El manchado de los granos aumentó en todas las bolsas (Figura 4). En la bolsa A se observa una relación significativa entre los granos manchados y los granos partidos ($r = 0,95$) situación que se observa especialmente en el estrato inferior a partir de los 110 días. También el contenido de ME mostró una relación significativa con los hongos ($r = 0,63$). La bolsa B no mostró relación del manchado con otros parámetros.

La bolsa C presentó el mayor contenido final de granos manchados (10,1%) con una relación significativa de los mismos con CH ($r = 0,65$) y con CO₂ ($r = 0,72$). En la bolsa D los granos manchados presentaron una relación significativa con los hongos ($r = 0,68$) y con los granos partidos ($r = 0,66$). A su vez, la relación entre hongos y granos partidos también fue significativa ($r = 0,83$). La bolsa E presentó el mayor porcentaje de granos manchados inicial y un elevado contenido de granos partidos. Las correlaciones de ambos parámetros con CO₂ resultaron en: granos manchados vs. CO₂: $r = 0,78$; granos partidos vs. CO₂: $r = 0,58$.

Interacción entre los parámetros: ME y granos partidos.

La condición inicial de las bolsas reflejó una interacción estadísticamente significativa entre ME y granos partidos para el porcentaje de granos manchados ($p < 0,05$). Cuando se excluye del análisis la bolsa D (granos con alto CH) la interacción no resulta significativa. En ambos casos el efecto de los granos partidos sobre los manchados es significativo.

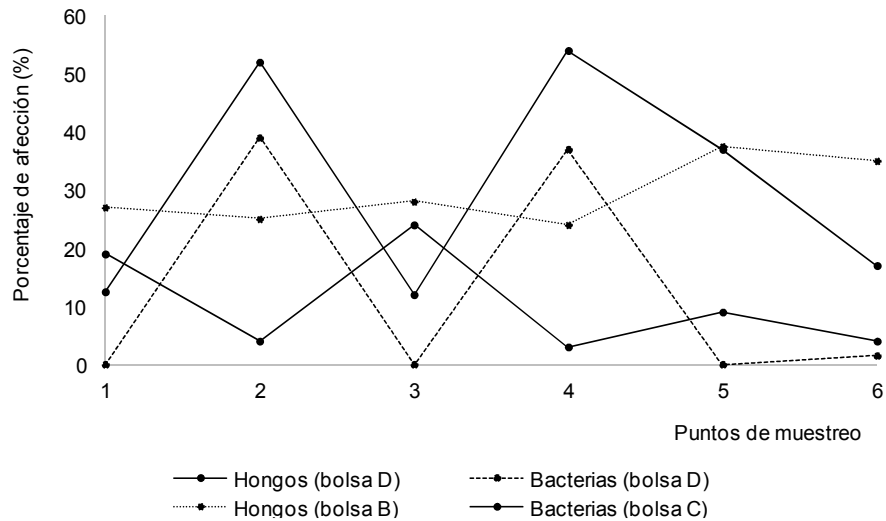


Figura 2. Distribución de los hongos y bacterias en los puntos de muestreo 2, 4 y 6 correspondientes a la base de la bolsa, y en los puntos 1, 3 y 5 correspondientes al estrato superior.

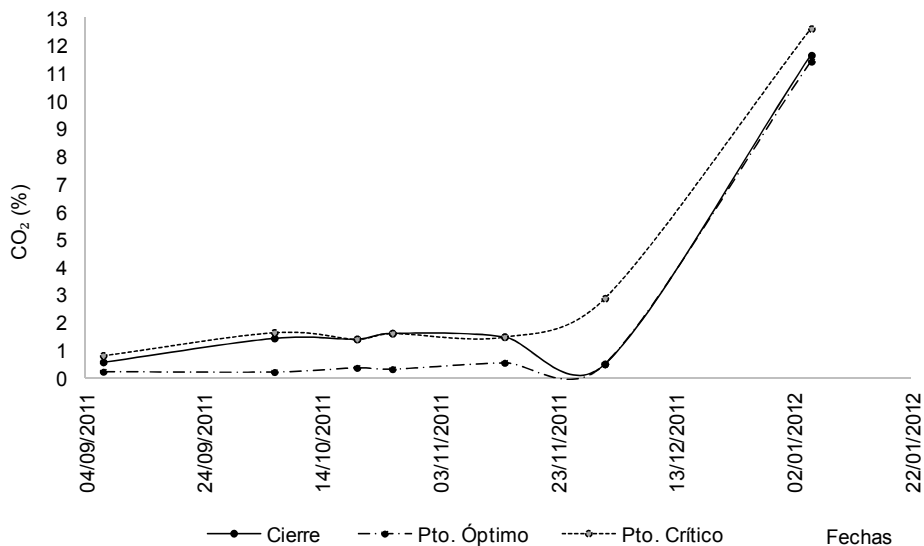


Figura 3. Registros de [CO₂] (%) en el período de almacenamiento de la bolsa E.

La interacción entre granos partidos y ME en la condición final resultó estadísticamente significativa para la proporción de granos manchados al incluir y excluir del análisis la bolsa D. El manchado se relaciona significativamente con la proporción de ME. A medida que avanza el tiempo de almacenamiento cobra importancia el efecto de ME en la interacción y produce la peor condición (Figura 5). El efecto de ME no está vinculado con el CH de los granos, mientras que el efecto de los granos partidos sí.

Tiempo de almacenamiento seguro (TAS)

A partir de los resultados obtenidos, es posible definir una aproximación del TAS en función del momento en

que se produce el incremento de la actividad microbiológica y con ello de la concentración de CO₂. Considerando las condiciones iniciales de almacenamiento para temperaturas menores a 30°C y ME seco, y de acuerdo con las tolerancias comerciales, se proponen tres TAS: 1)- ME < tolerancia – CH del grano igual o menor a 10,5% - granos partidos < tolerancia: 158 días; 2)- ME > tolerancia – CH del grano igual o menor a 10,5% - granos partidos > ó < tolerancia: 120 días; 3)- ME > tolerancia – CH del grano mayor a 10,5% - granos partidos > tolerancia: 95 - 100 días. Mayores temperaturas reducen el TAS. Asimismo, ME húmedo reduce el TAS, observándose que un CH de ME mayor a 60% disminuye el TAS a la mitad.

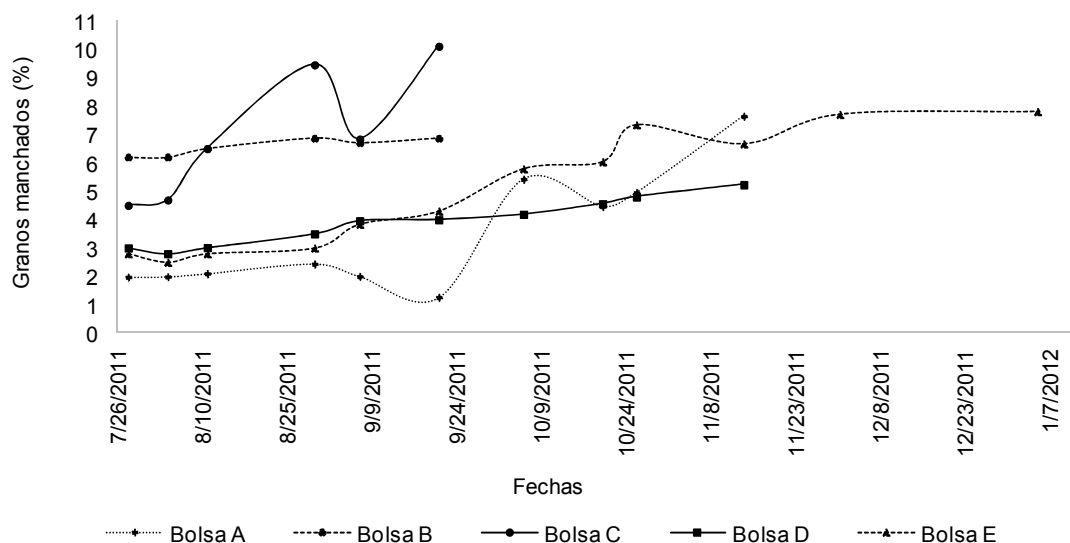


Figura 4. Evolución de los granos manchados (%) en el período de almacenamiento de las bolsas evaluadas.

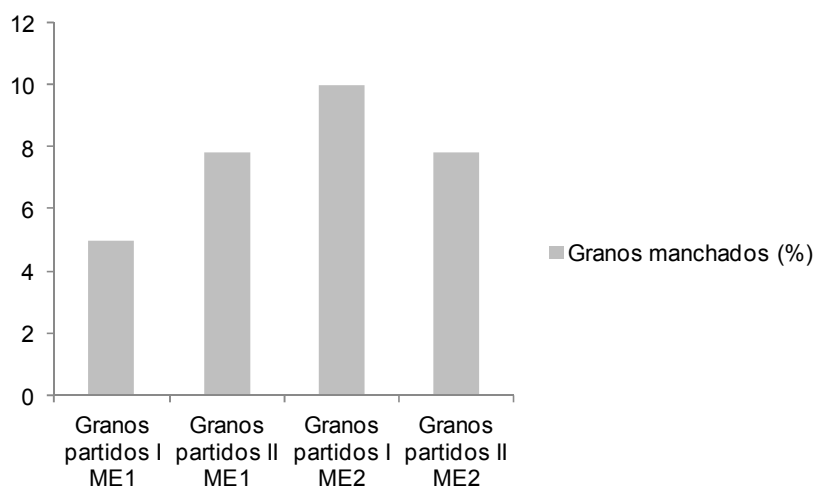


Figura 5. Interacción en la condición final de las bolsas entre ME y granos partidos para el manchado de los granos, donde ME1<2%, ME2>2%, granos partidos I<4%, granos partidos II>4% contemplando la bolsa D en el análisis.

DISCUSIÓN

La distribución de los hongos en la base de la bolsa A puede explicarse por el alto contenido de granos partidos especialmente concentrados en el estrato inferior, lo cual coincide con Cardoso et al., 2009. La ubicación de las bacterias siguió el mismo patrón y también puede vincularse a la estratificación de los granos partidos. La patogenicidad positiva de las bacterias desde el inicio del almacenamiento indica la posible infestación durante la cosecha, lo cual coincide con Weller & Saettler, 1980. De igual manera ocurrió en las bolsas con altos contenidos de ME y granos partidos (D y E) donde los microorganismos también se ubicaron en la base de la bolsa coincidiendo con la

estratificación del material fino. En las restantes (B y C) se ubicaron en el estrato superior, favorecidos por fenómenos de condensación resultante de movimientos de convección del aire intergranario. Ambos aspectos coinciden con los estudios de Cardoso et al., 2009. En el período de almacenamiento la HRE generada en la bolsa A produjo el control de microorganismos, en coincidencia con lo propuesto por Giner, 1994; Abadía & Bartosik, 2013; De Simone, 1998 y Godoy, 2014a, quienes establecen $a_w < 0,70$ como parámetro de estabilidad microbiana. Los aumentos de HR y T° del aire intergranario en el estrato superior reflejan la influencia del ambiente externo y explican la estratificación de la humedad por condensación debida, como se expresó previamente, a

movimientos de convección, lo cual coincide con Cardoso et al., 2009. Al igual que en los trabajos realizados por Bartosik et al., 2009 y Abalone et al., 2011, la T° del aire intergranario siguió el patrón de la T° ambiente.

En las bolsas B, C y E también se produjo el control de microorganismos por la baja HRE generada, a excepción de la bolsa D donde el aumento de hongos y bacterias se debió a un HRE favorable para el desarrollo microbiano. Estas situaciones coinciden con las observadas por Giner, 1994; Abadía & Bartosik, 2013; De Simone, 1998, y Godoy, 2014a.

La estratificación de la humedad y los cambios de CO₂ se pronunciaron con el aumento del tiempo de almacenamiento y el cambio de estación a la temporada más cálida, tal como ocurrió en la bolsa E, lo cual coincide con Bartosik et al., 2009 y Abalone et al., 2011. Sin embargo, en esta bolsa la actividad microbiana no fue crítica por lo que el incremento de CO₂ puede relacionarse con un aumento en la tasa de respiración de los granos (enteros y partidos) y las ME. Esto es favorecido por aumentos de T° en el verano y coincide con Bartosik et al., 2009; Godoy, 2014b.

El manchado de los granos puede considerarse como un indicador del desarrollo microbiano según los estudios de Godoy (2014a) y se evidencia claramente en la bolsa D donde el mismo aumenta a medida que crece la afección con hongos. Asimismo, el incremento del manchado se explica por el contenido de granos partidos, de ME y el CH de los granos. Por otra parte, la concentración de dióxido de carbono, que es también un indicador de la actividad microbiológica se incrementa a medida que aumenta la proporción de granos manchados (coincide con Bartosik et al., 2009 y Godoy, 2014b). Todos estos aspectos se profundizan a partir de los 100 días, lo cual coincide con los estudios realizados por De Simone et al., 2009; De Simone & Godoy (2009) y Godoy (2014a).

Estos incrementos de la proporción de granos manchados implican la disminución de la calidad comercial, lo cual se profundiza al almacenar granos húmedos, aspecto que coincide con los estudios de Bartosik et al. (2009), y Godoy (2014a-b).

La interacción significativa entre los contenidos de granos partidos y ME, permite evidenciar la sinergia entre el efecto de cada uno de ellos sobre el manchado de los granos y explica cómo se complementan ocasionando la reducción de la calidad comercial.

CONCLUSIONES

Altos contenidos de material extraño y granos partidos propician el incremento de la actividad acuosa. Dicho incremento favorece la actividad microbiológica.

La ubicación de los microorganismos dentro del granel responde a dos situaciones:

Acompañan la distribución del material fino en la base de la bolsa.

Se emplazan en puntos del estrato superior de la bolsa que presentan altos contenidos de humedad, producto de la condensación del aire húmedo que se desplaza en el espacio intergranario por movimientos de convección. Existe migración de humedad desde el estrato inferior hacia el superior.

La actividad microbiana produce el manchado de los granos, a lo que se agrega la sinergia entre los efectos del material extraño y los granos partidos.

El efecto de la proporción de granos partidos está influenciado por la humedad de los granos, cuanto mayor es, mayor es el porcentaje de manchado.

El efecto negativo del material extraño crece en importancia a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento.

Períodos prolongados y temperaturas elevadas favorecen la interacción entre material extraño y granos partidos, donde aumenta la tasa respiratoria del granel (incluido el grano). La acción integrada de ambos parámetros reduce la calidad comercial del poroto almacenado en silobolsa en condición de intemperie.

La proporción y condición de ME y granos partidos presentes en el granel, conjuntamente con el contenido de humedad inicial de los granos, deben considerarse para determinar el tiempo de almacenamiento seguro.

Agradecimientos

Al CPN Marcelo Camacho gerente de ALIMAR S.A. por la invaluable predisposición para lograr este trabajo. Al Sr. Hugo de ALIMAR S.A. por la colaboración permanente en el desarrollo del ensayo a campo. A las empresas fabricantes de silobolsa: IpesaSilo y PlastarGroup por el acompañamiento financiero para concretar el trabajo a través del convenio con INTA. Al personal de apoyo técnico de INTA Salta: Víctor Flores, Alejandro Chocobar y Gastón Brizuela por su trabajo continuo y responsable. Al personal de laboratorio de INTA Salta: Mario Chocobar y Oscar Sarapura por la dedicación minuciosa a cada muestra analizada.

BIBLIOGRAFÍA

- Abadía B. & R. Bartosik.** 2013. Manejo Eficiente del Grano en la Poscosecha. En: Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos. Editores: Abadía B. & R. Bartosik. Ediciones INTA. I.S.B.N.: 978-987-679-264-6. Buenos Aires, Argentina. pp: 22 - 30.
- Abalone R., A. Gastón, R. Bartosik, L. Cardoso & J. Rodríguez.** 2011. Concentración de gas en la atmósfera intersticial de silobolsa de trigo. Parte II: Sensibilidad del modelo y efecto de las condiciones de almacenamiento del grano. Elsevier. Journal of Stored Products Research 47: 276 - 283.
- ASAE.** 1996. Norma ASAE S352 1996 - determinación de humedad de granos.
- Bartosik R., J. C. Rodríguez, H. Malinarich & L. Cardoso.** 2009. Almacenaje de maíz, trigo, soja y girasol en bolsas plásticas herméticas. En: Almacenamiento de granos en bolsas plásticas. Ediciones INTA. I.S.S.N. 1667-9199. Córdoba, Argentina. pp: 2 - 14.
- Cardoso L., R. Bartosik & J. C. Rodríguez.** 2009. Estudio de la evolución de la humedad de los granos individuales en bolsas plásticas de maíz y soja. En: Almacenamiento de granos en bolsas plásticas. Ediciones INTA I.S.S.N. 1667-9199. Córdoba, Argentina. pp: 23 - 33.
- De Simone M.E.** 1998. Humedad de equilibrio en porotos (*Phaseolus vulgaris* L.) Disponible en:

<http://www.cosechaypostcosecha.org>. Último acceso: Julio 2017.

De Simone M.E. & A.I. Godoy. 2006. Sistema de recolección directa. En: Poroto: Eficiencia de cosecha y postcosecha, PRECOP, manual técnico N°4. Editor De Simone M. Ediciones INTA I.S.S.N. 1667 -9199. Córdoba, Argentina. pp: 23, 48, 50.

De Simone M. E. & A. I. Godoy. 2009. Evaluación del efecto de media sombra en la calidad del poroto almacenado en bolsas plásticas con sistema de embolsado por gravedad. En: Almacenamiento de granos en bolsas plásticas Ediciones INTA I.S.S.N. 1667-9199. Córdoba, Argentina. pp: 169 - 180.

De Simone M.E., M.J. Fili & A.I. Godoy. 2009. Almacenamiento de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) en bolsas plásticas con relación al contenido de humedad inicial, deterioro de los granos y el tiempo. En: Almacenamiento de granos en bolsas plásticas. Ediciones INTA I.S.S.N. 1667-9199. Córdoba, Argentina. pp: 162 - 168.

Giner S.A. 1994. Temas de post-cosecha de granos oleaginosos. Parte I. Aceites y Grasas, A&G Técnica. pp: 71 - 83.

Godoy A.I. 2014a. Calidad de Poroto Blanco Alubia (*Phaseolus vulgaris* L.) almacenado en Bolsas Plásticas experimentales en relación a la presencia de Materias Extrañas en el granel. 1° Congreso Internacional de Almacenamiento de Granos en Silobolsa. Libro de resúmenes. Editores Gastón A., R. Abalone & R. Bartosik. Ediciones INTA I.S.B.N. 978-987-33-6146-3. Buenos Aires, Argentina. pp: 65 - 67.

Godoy A.I. 2014b. Silo bolsa de poroto. Concentración de dióxido de carbono en relación a las condiciones de

almacenamiento. En: Almacenamiento de granos en silo bolsa. Resultados de investigación 2009 - 2013. Editores Cardoso L., R. Bartosik, D. de la Torre, B. Abadía & M. Santa Juliana. Ediciones INTA I.S.B.N. 978-987-33-6221-7. Buenos Aires, Argentina. pp: 128 - 137.

Godoy A.I. & M.E. De Simone. 2010. Almacenamiento de poroto en bolsas plásticas. Actualización técnica N° 53. Ediciones INTA. Córdoba, Argentina. pp: 12.

Godoy A.I., M.E. De Simone & F. Mónico. 2006. Manejo de la cosecha. En: Poroto: eficiencia de cosecha y postcosecha. PRECOP, manual técnico N°4, PRECOP. Editor De Simone M. Ediciones INTA I.S.S.N. 1667-9199. Córdoba, Argentina. pp: 59 - 65.

Paoli H.P., J.N. Volante, L.M. Vale Laura Y. Noé, M.J. Mosciaro & H.J. Helena. 2017. Cultivos extensivos de verano, Salta y Jujuy. En: Monitoreo de cultivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. ProReNOA. Campaña agrícola 2016-2017. Vol. 17, N° 37. Ediciones INTA I.S.S.N. Edición Impresa N° 1851-8109. I.S.S.N. Edición en Línea N° 1851-8230. pp: 8.

SAGPyA. 1994. Norma de Poroto Blanco Seleccionado Oval y Alubia (Norma XVI - anexo A) Resolución 1075/94. Buenos Aires, Argentina.

Tubello D. & A. Picollo. 2002. Producción, comercialización y mercados. En: El cultivo de poroto en la República Argentina. Editores De Simone M. & V. Failde. Ediciones INTA I.S.B.N. 987-521-067-6. Salta, Argentina. pp: 255 - 265.

Weller D.M. & A.W. Saettler. 1980. Colonization and distribution of *Xanthomonas phaseoli* and *Xanthomonas phaseoli* var. *Fuscans* in field-grown Navy Beans. *Phytopathology*. Ecology and Epidemiology Vol. 70, N° 6. pp: 500 - 506.

Cinco anos de avaliações dos efeitos de porta-enxertos sobre a produção, produtividade e eficiência produtiva do pessegueiro 'Maciel'

Mayer, Newton Alex^{1,4}; Bernardo Ueno¹; Tainá Rodrigues das Neves^{1,2}; Tamara Bohrer Rickes^{1,3}

¹Embrapa Clima Temperado, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil; ²FAEM/UFPel; ³IFRSul, Campus Visconde da Graça; ⁴alex.mayer@embrapa.br

Mayer, Newton Alex; Bernardo Ueno; Tainá Rodrigues das Neves; Tamara Bohrer Rickes (2019) Cinco anos de avaliações dos efeitos de porta-enxertos sobre a produção, produtividade e eficiência produtiva do pessegueiro 'Maciel'. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 169-179. <https://doi.org/10.24215/16699513e017>

Os porta-enxertos constituem o sistema radicular das plantas enxertadas, interagem com os fatores bióticos e abióticos do solo e influenciam inúmeras características da cultivar-copa. No Rio Grande do Sul, estado maior produtor brasileiro de pêssegos, as cultivares tipo indústria 'Aldrighi' e 'Capdeboscq' foram bastante utilizadas como porta-enxerto até o final da década de 1970, devido a facilidade de obtenção de sementes e também pela ausência de porta-enxertos adequados. Hipotetizou-se que cultivares com características desejáveis de sistema radicular e lançadas para a finalidade porta-enxerto, como 'Flordaguard', 'Nemaguard' e 'Okinawa', aumentam o desempenho produtivo da cv. Maciel, comparativamente a 'Aldrighi' e 'Capdeboscq'. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de cinco cultivares como porta-enxerto (Aldrighi, Capdeboscq, Flordaguard, Nemaguard e Okinawa) sobre a produção por planta, produtividade por hectare e eficiência produtiva do pessegueiro 'Maciel' por cinco anos consecutivos, em duas unidades de observação em Pelotas-RS, sendo uma delas em área com histórico de morte-precoce. As cultivares testadas como porta-enxerto do pessegueiro 'Maciel' apresentam eficiência produtiva, produção acumulada e produtividade acumulada, em cinco anos produtivos, similares entre si. O desempenho dos porta-enxertos avaliados foi bastante similar nas duas unidades de observação e nenhum sintoma de morte-precoce do pessegueiro foi verificado, nos primeiros seis anos de cultivo. As cultivares lançadas para a finalidade porta-enxerto - 'Flordaguard', 'Nemaguard' e 'Okinawa' - constituem alternativas de recomendação mais adequadas para a cultivar Maciel, na região persícola de Pelotas-RS.

Palavras-chave: *Rosaceae*, *Prunus persica*, frutas de caroço, plantas frutíferas enxertadas

Mayer, Newton Alex; Bernardo Ueno; Tainá Rodrigues das Neves; Tamara Bohrer Rickes (2019) Five years of evaluation of rootstock effects on tree production, yield and yield efficiency of 'Maciel' peach tree. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 169-179. <https://doi.org/10.24215/16699513e017>

Rootstock constitute the root system of grafted trees, it interacts with biotic and abiotic factors in the soil and affects several scion characteristics. In Rio Grande do Sul, the largest peach producer brazilian state, 'Aldrighi' and 'Capdeboscq' were widely used as rootstocks until the late 1970's due to seed availability and absence of appropriate rootstocks. It has been hypothesized that cultivars with desirable root system characteristics and released for rootstock purpose, such as 'Flordaguard', 'Nemaguard' and 'Okinawa', present superior productive performance in relation to 'Aldrighi' and 'Capdeboscq'. The objective of this research was to evaluate the effect of five cultivars (Aldrighi, Capdeboscq, Flordaguard, Nemaguard and Okinawa) on tree production, yield and yield efficiency of 'Maciel' peach during five consecutive years in two trials in Pelotas, Rio Grande do Sul State - Brazil, one of them being an area with Peach Tree Short Life (PTSL) history. The cultivars tested as rootstock for 'Maciel' peach presented similar yield efficiency, accumulated production and accumulated yield, in five years. The performance of evaluated rootstocks was very similar in two trials and no PTSL symptoms were observed in the first six years. The released cultivars for rootstock purpose - 'Flordaguard', 'Nemaguard' and 'Okinawa' - are the most appropriate recommendation alternatives for 'Maciel' scion peach in Pelotas-RS area, Brazil.

Key words: *Rosaceae*, *Prunus persica*, stone fruits, budded fruit trees

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 16/02/2018

Aceptado: 06/06/2019

Disponibile on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina



INTRODUÇÃO

Mudas de espécies frutíferas de caroço (*Prunus* spp.) são tradicionalmente produzidas, nos diversos países produtores, pela união de dois genótipos (a copa e o porta-enxerto), objetivando a obtenção de uma planta composta que se beneficie mutuamente das características desejáveis que ambos apresentam, ou seja, produção de frutos de qualidade, em quantidade satisfatória e sobre um sistema radicular preparado para conviver com os fatores bióticos e abióticos existentes no solo. À partir da união ou combinação desses dois genótipos, por intermédio da enxertia, será formado um único indivíduo, relação esta que se manterá por toda a vida da planta. Assim, o uso de porta-enxertos compatíveis com as cultivares-copa e com características desejáveis para uma determinada condição edafoclimática é altamente desejável, pois pode influenciar características relativas ao crescimento, desenvolvimento, nutrição e movimento de água nas plantas, as características físico-químicas dos frutos, o rendimento produtivo, na reação às condições físico-químicas e biológicas existentes no solo e clima, reação a pragas, doenças e morte-precoce do pessegueiro, bem como a longevidade das plantas, a viabilidade técnica e econômica dos pomares (De Salvador et al., 2002; Iglesias et al., 2004; Tsiouridis & Thomidis, 2005; Arroyo & Valentini, 2006; Valentini et al., 2006; Mathias et al., 2008; Reighard & Loreti, 2008; Reighard et al., 2013).

O estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de pêssegos do Brasil. Em 2014, a produção gaúcha foi responsável por 60,6 % da produção nacional, proveniente de 13.084 hectares (Agrianual, 2017). Entretanto, a produtividade média gaúcha é bastante baixa (9,78 t ha⁻¹), sendo inferior às médias nacional (11,60 t ha⁻¹) (Agrianual, 2017) e mundial (14,26 t ha⁻¹), considerando-se a safra de 2014 (Fao, 2017). De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ibge, 2017), os municípios de Pelotas (com 2.960 ha) e Canguçu (com 2.500 ha) são os que possuem as maiores áreas cultivadas com pessegueiro no país, sendo responsáveis por 29,9 % da área brasileira cultivada, porém, esses municípios também apresentam produtividades médias também muito baixas (10,1 e 7,0 t ha⁻¹, respectivamente).

Diversos são os fatores que podem afetar a produtividade do pessegueiro. Entretanto, especialmente na Mesorregião do Sudeste Rio-grandense, onde está concentrada a indústria conserveira de pêssegos e onde localizam-se os municípios de Pelotas e Canguçu, os severos danos causados pela morte-precoce do pessegueiro, a acidez e os elevados teores de alumínio no solo, bem como o uso de misturas varietais de caroços de diversas cultivares-copa tipo indústria para a formação de porta-enxertos, são fatores importantes que contribuem diretamente para a redução da qualidade das frutas, da produtividade e da vida útil dos pomares (Mayer & Ueno, 2012; Mayer et al., 2015a). Segundo Harper & Greene (1998), a habilidade de um porta-enxerto para sobreviver em condições adversas tem sido a principal característica almejada em um bom porta-enxerto, sendo que a correta escolha afetará a rentabilidade

econômica do pomar, pelo seu efeito direto sobre a mortalidade de plantas e a produtividade.

Os porta-enxertos 'Okinawa', 'Nemaguard' (*Prunus persica*) e 'Flordaguard' ['Chico 11' x *Prunus davidiana* (Carr.) Franch] são opções bastante interessantes para a cultura do pessegueiro, pois não apresentam riscos de incompatibilidade de enxertia e apresentam resistência a algumas espécies do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) (Brooks & Olmo, 1961; Sherman et al., 1991; Reighard & Loreti, 2008; Mayer et al., 2014). No Rio Grande do Sul, esses três porta-enxertos foram testados com as cultivares-copa Granada, Chimarrita e Maciel (De Rossi et al., 2004; Rocha et al., 2007; Picolotto et al., 2009; Galarça et al., 2012; Galarça et al., 2013; Barreto et al., 2017), porém com resultados dependentes da combinação copa/porta-enxerto, do local de cultivo e/ou da safra avaliada. Os resultados também foram divergentes quanto ao vigor, produção e/ou produtividade de cada porta-enxerto. Com relação à nutrição, teores foliares de magnésio (Mg) em pessegueiros 'Maciel' foram menores quando utilizado o porta-enxerto 'Nemaguard', comparativamente às plantas enxertadas em 'Flordaguard', 'Okinawa', 'Aldrighi' ou 'Capdeboscq' (Mayer et al., 2015b).

Para a realização do presente trabalho, formulou-se a hipótese de que cultivares com características desejáveis de sistema radicular e lançadas para a finalidade porta-enxerto, como 'Flordaguard', 'Nemaguard' e 'Okinawa', aumentam o desempenho produtivo da cv. Maciel, comparativamente às cultivares Aldrighi e Capdeboscq, as quais foram bastante utilizadas até o final da década de 1970 como porta-enxerto no sul do Brasil. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de cinco cultivares como porta-enxerto (Aldrighi, Capdeboscq, Flordaguard, Nemaguard e Okinawa) sobre a produção, produtividade e eficiência produtiva do pessegueiro 'Maciel' por cinco anos consecutivos, em duas unidades de observação no município de Pelotas-RS, sendo uma delas em área com histórico de morte-precoce.

MATERIAL E MÉTODOS

As mudas de pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch.] cv. Maciel (Raseira et al., 2014) utilizadas no presente trabalho foram produzidas em sacos plásticos (28 x 18 cm) contendo substrato comercial. Para a produção dos porta-enxertos, utilizaram-se sementes estratificadas (Pereira & Mayer, 2005) oriundas de plantas matrizes do Viveiro Frutplan Mudas Ltda. (Pelotas-RS). As cinco cultivares foram: a) 'Aldrighi' (*P. persica*), cultivar selecionada na região de Pelotas durante a década de 1940 como produtora de frutos para indústria e apresenta necessidade de frio em torno de 350 horas (Raseira et al., 2014). Essa cultivar também foi bastante utilizada como porta-enxerto no Sul do Brasil, até a década de 1970 (Pereira & Mayer, 2005); b) 'Capdeboscq' (*P. persica*), cultivar-copa lançada em 1966 pela antiga Estação Experimental de Pelotas. Estima-se sua necessidade de frio em, no máximo, 300 horas (Raseira et al., 2014). Também foi bastante utilizada como porta-enxerto no Sul do Brasil, principalmente nas décadas de 1970 e 1980 em função,

principalmente, da adaptação e da grande disponibilidade de suas sementes nas indústrias de conservas (Pereira & Mayer, 2005); c) 'Flordaguard', híbrido interespecífico lançado como porta-enxerto pela Universidade da Flórida, com requerimento de frio estimado em 300 horas (Sherman et al., 1991). Apresenta folhas vermelhas e é originário, em sexta geração, do cruzamento entre 'Chico 11' e *Prunus davidiana* (Carr.) Franch, C-26712.; d) 'Nemaguard' (*P. persica*), porta-enxerto americano selecionado em Fort Valley, estado da Geórgia, com exigência de frio estimada em 825 horas (Brooks & Olmo, 1961); e) 'Okinawa' (*P. persica*), originária do programa de Melhoramento Genético da Universidade da Flórida à partir de um lote de sementes oriundas da ilha de Okinawa, no Japão. É o porta-enxerto mais utilizado no Sudeste do Brasil para frutíferas de caroço, com exigência de frio estimada em 100 horas (Barbosa et al., 1993; Pereira & Mayer, 2005; Mayer et al., 2014). Em julho de 2010, as mudas foram cultivadas em duas áreas experimentais, identificadas como Pomar 1 e 2. Pomar 1: área experimental da Sede da Embrapa Clima Temperado (31°40'55,8"S; 52°26'7,39"O), com declividade do terreno para leste e altitude entre 54 e 56 m. O espaçamento adotado foi de 6,5 m x 2 m (770 plantas ha⁻¹). Pomar 2: área privada de um persicutor, com histórico da ocorrência de morte-precoce do pessegueiro, localizada na Colônia Júlio de Castilhos, 5° distrito de Pelotas-RS (31°34'2,52"S; 52°30'23,71"O), com declividade do terreno para sudeste e altitude entre 127 e 132 m. O espaçamento utilizado foi de 5,7 m x 1,5 m (1.170 plantas ha⁻¹). Em ambos os pomares, as plantas foram conduzidas em formato de "vaso" e foram realizados os tratamentos culturais recomendados para a cultura do pessegueiro na região (Raseira et al., 1998; Sbcs/cqfs, 2004). Amostras de solo foram coletadas para análise química e interpretação, nos anos de 2012, 2013 e 2014 (Tabela 1) (Sbcs/cqfs, 2004). Dados de chuva mensal (mm) e de horas de frio ($\leq 7,2^{\circ}\text{C}$) também foram registrados na Sede da Embrapa Clima Temperado, ao lado do pomar 1, durante os cinco anos de avaliação do experimento, com as médias históricas (Tabela 2). Em ambos os pomares experimentais, avaliações relacionadas à produção de frutos foram realizadas por cinco anos consecutivos (2012, 2013, 2014, 2015 e 2016), mensurando-se as seguintes variáveis: 1) número de frutos por planta (NFP): contabilizado entre duas e três semanas antes da maturação dos frutos, em uma planta representativa da parcela, que foi marcada no primeiro ano de avaliação e sempre avaliada nos demais anos; 2) massa do fruto (MF): amostras de, no mínimo, 20 frutos em estágio "de vez" foram colhidas de cada parcela (planta representativa) e pesadas em laboratório com balança digital, com duas casas decimais. A massa média por fruto foi calculada e expressa em g.; 3) produção por planta (P): foi estimada a partir do n° de frutos por planta e da massa média por fruto, expressando-se em kg planta⁻¹; 4) produção acumulada (PA): variável determinada pela soma das produções dos cinco anos de avaliação e expressa em kg planta⁻¹; 5) diâmetro do tronco (DT): variável avaliada no início de novembro de cada ano a 5 cm acima do ponto de enxertia, com auxílio de paquímetro digital. Na planta representativa de cada

parcela, foram realizadas duas avaliações, sendo uma transversal e a outra longitudinal à linha de plantio, e a média delas foi expressa em mm; 6) área de secção do tronco (AT): calculada pela fórmula $AT = \pi \times R^2$, sendo AT = área da secção do tronco, expresso em cm²; $\pi = 3,1416$; R = raio, em cm.; 7) eficiência produtiva (EF): determinada pela fórmula $EF = P/AT$, expressa em kg cm⁻²; 8) diâmetro transversal do fruto (DTF): variável avaliada com auxílio de paquímetro digital, medindo-se o diâmetro do fruto na linha sutural equatorial de 20 frutos aleatórios de cada amostra, expressa em mm; 9) diâmetro longitudinal do fruto (DLF): também avaliada com paquímetro digital, expressa em mm; 10) produtividade (PD): estimada pela fórmula $PD = (P \times n^{\circ} \text{ plantas por hectare})/1000$, e expressa em t ha⁻¹; 11) produtividade acumulada (PDA): determinada pela soma das produtividades obtidas nos cinco anos avaliados, e expressa em t ha⁻¹.

O delineamento experimental, em ambos os pomares, foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos (porta-enxertos 'Aldrighi', 'Capdeboscq', 'Flordaguard', 'Nemaguard' e 'Okinawa') e quatro repetições. Cada parcela foi constituída por três plantas, totalizando 60 plantas, em cada pomar. Os dados de cada pomar foram analisados separadamente e para cada ano de amostragem, sendo submetidos à análise de variância, pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software Estat (Estat, 1994).

RESULTADOS

Os resultados das análises químicas de solo permitiram constatar a melhor condição de fertilidade no pomar 2, nos três anos em que as amostragens foram realizadas (Tabela 1). No pomar 1, após amostragem do solo em 2012, realizou-se a calagem, conforme recomendações da Sbcs/cqfs (2004), o que reduziu sensivelmente a saturação por Al e aumentou o pH em água, no ano de 2013. Como destaque positivo em ambos os pomares, citam-se os níveis alto ou muito alto de K no solo e, como destaque negativo, os baixos ou médios teores de matéria orgânica (Tabela 1).

Com os registros de chuva mensais foi possível verificar que, na maioria dos meses dos dois primeiros anos de avaliação do experimento (2012 e 2013), os totais mensais ficaram abaixo da média histórica (Tabela 2). Assim, as quantidades anuais de chuva de ambos os anos ficaram 22% e 17,4% abaixo da média histórica, respectivamente. Por outro lado, nesses dois anos, foram registradas 417 e 368 horas de frio, sendo estas acima da média histórica, que é de 342 horas (Tabela 2). Nos três anos seguintes (2014, 2015 e 2016), os totais anuais de chuva foram elevados e ficaram 23,3%, 48,7% e 46,1% acima da média histórica, respectivamente. Entretanto, os acúmulos de frio nesses três anos foram bem baixos, de apenas 173, 87 e 172 horas de frio, respectivamente, sendo 49,4%, 74,6% e 49,7% abaixo da média histórica que é de 342 horas (Tabela 2). A exigência anual de frio da cv. Maciel é estimada entre 200 e 300 horas (Raseira et al., 2014). Assim, nesses três anos, o frio acumulado ficou aquém da necessidade da cultivar.

Tabela 1. Resultados e interpretação da análise de solo dos dois pomares experimentais, em 2012, 2013 e 2014¹. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS.¹ Média das análises provenientes dos quatro blocos experimentais. Interpretação das análises químicas (Sbcs/cqfs, 2004): Mb = muito baixo; B = baixo; M = médio; A = alto; Ma = muito alto.

Ano	pH _{água} 1:1	M.O. (%)	P		K		Na	Ca	Mg	Al	H+Al	K	Saturação (%)		CTC pH7
			mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³					Al	Bases		
Pomar 1															
2012	5,0 (Mb)	1,5 (B)	4,7 (Mb)	84 (A)	12	1,3 (B)	0,7 (M)	0,5	4,5	0,2	20,2 (A)	33 (Mb)	6,7(M)		
2013	5,6 (M)	1,1 (B)	8,7 (B)	90 (A)	15	1,6 (B)	0,8 (M)	0,2	1,6	0,2	7,2 (B)	60 (B)	4,2(B)		
2014	6,4 (A)	1,8 (B)	25,3 (A)	95,3(A)	-	3,0 (M)	0,6 (M)	0,0	1,9	0,3	0,0 (Mb)	66 (M)	5,7(M)		
Pomar 2															
2012	7,0 (A)	2,7 (M)	30,2 (A)	81 (A)	19	7,2 (A)	2,4 (A)	0,0	1,5	0,2	0,0 (Mb)	87 (A)	11,3(M)		
2013	6,8 (A)	1,8 (B)	56,8 (Ma)	139(Ma)	24	4,9(A)	1,7 (A)	0,0	1,0	0,4	0,0 (Mb)	88 (A)	8,1(M)		
2014	7,0 (A)	2,6 (M)	68,3 (Ma)	114(A)	-	6,9 (A)	1,4 (A)	0,0	1,4	0,3	0,0 (Mb)	87 (A)	10,0(M)		

Tabela 2. Chuva mensal total (mm) e horas de frio ($\leq 7,2^{\circ}\text{C}$) no período de 2012 a 2016, com médias históricas (1984-2010), registradas na Sede da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas-RS. Fonte: <http://agromet.cpact.embrapa.br/>

Mês	Chuva mensal total (mm)					Média histórica (1984-2010)	Horas de frio ($\leq 7,2^{\circ}\text{C}$)					Média histórica (1984-2010)
	2012	2013	2014	2015	2016		2012	2013	2014	2015	2016	
Janeiro	80,2	94,9	217,1	168,2	161,2	136,2	-	-	-	-	-	-
Fevereiro	169,6	132,2	106,9	107,4	146,3	153,7	-	-	-	-	-	-
Março	74,1	56,2	173,9	59,7	321,5	123,2	-	-	-	-	-	-
Abril	47,2	150,0	98,6	33,5	339,0	133,7	-	-	-	-	-	-
Maio	14,1	91,4	90,9	294,1	153,8	127,9	18	35	20	0	4	32
Junho	56,5	67,2	154,9	209,0	29,4	119,7	121	34	43	57	81	85
Julho	162,8	52,5	204,4	205,7	131,0	120,0	229	153	51	17	67	123
Agosto	108,1	83,5	82,0	116,3	267,6	122,9	10	132	59	0	18	68
Setembro	146,8	145,9	179,8	277,8	141,6	136,7	39	14	0	13	2	34
Outubro	106,9	184,1	213,8	321,4	178,0	117,7	-	-	-	-	-	-
Novembro	40,6	119,1	91,9	192,2	200,4	111,0	-	-	-	-	-	-
Dezembro	172,9	71,8	148,7	261,8	137,6	108,6	-	-	-	-	-	-
Total do ano	1.179,8	1.248,8	1.862,9	2.247,1	2.207,4	1.511,3	417	368	173	87	172	342

Os dados relativos ao número de frutos por planta e massa média do fruto são apresentados na Tabela 3, e evidenciam que, para a maioria dos dados, não existem diferenças estatísticas entre os porta-enxertos testados. Para o número de frutos por planta, a única diferença estatística foi observada no Pomar 1 em 2012, com maior valor em 'Capdeboscq' (123,0) em relação a 'Aldrighi' (67,5), 'Flordaguard' (72,5) e 'Nemaguard' (69,8). Para a massa de fruto, diferenças estatísticas só foram constatadas no Pomar 2 em 2014 e 2015, sendo que frutos produzidos sobre o porta-enxerto 'Flordaguard' apresentaram-se mais leves (113,2 e 118 g, respectivamente) em relação aos produzidos sobre 'Nemaguard' (146,2 e 136,8 g, respectivamente). As produções anuais por planta, durante os cinco anos de avaliação (Tabela 4), também apresentaram

similaridade estatística para a grande maioria dos dados. A única exceção foi no Pomar 1 em 2012, quando 'Aldrighi' (6,09 kg pl⁻¹) e 'Nemaguard' (5,97 kg pl⁻¹) apresentaram menor produção em relação ao 'Capdeboscq' (10,96 kg pl⁻¹). A produção por planta acumulada, em cinco anos, não apresentou diferença estatística entre os porta-enxertos testados, em ambos os pomares avaliados. Observando-se os dados dos dois pomares, é possível constatar que no terceiro, quarto e quinto ano de avaliação, as maiores produções por planta (em todos os porta-enxertos) foram sempre observadas no pomar 1. Conseqüentemente, esses dados refletiram-se em maiores produções acumuladas por planta no pomar 1 (média de 145,8 kg pl⁻¹, entre os cinco porta-enxertos), comparativamente à média de 86,48 kg pl⁻¹, no pomar 2.

Tabela 3. Efeitos de porta-enxertos no número de frutos por planta e na massa do fruto (g) da cv. Maciel em dois pomares experimentais, em cinco safras consecutivas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna para cada pomar, diferem entre si pelo teste de Tukey. ^{ns} não significativo; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Porta-enxertos	N° de frutos por planta					Massa de fruto (g)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Pomar 1										
Aldrighi	67,5 b	155,5 a	157,3 a	327,8 a	278,5 a	93,5 a	124,7 a	146,1 a	144,2 a	148,6 a
Capdeboscq	123,0 a	212,3 a	167,8 a	270,0 a	318,0 a	89,0 a	135,5 a	143,1 a	148,3 a	150,1 a
Flordaguard	72,5 b	157,3 a	153,3 a	305,8 a	308,3 a	92,6 a	137,6 a	141,1 a	148,4 a	149,4 a
Nemaguard	69,8 b	178,3 a	172,5 a	324,8 a	333,3 a	87,8 a	118,0 a	138,7 a	146,5 a	156,8 a
Okinawa	84,3 ab	150,8 a	158,5 a	338,0 a	330,8 a	94,5 a	131,5 a	149,1 a	146,3 a	142,4 a
F porta-enxerto	4,50*	2,72 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,82 ^{ns}	2,01 ^{ns}	1,91 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,83 ^{ns}
F blocos	20,11**	7,81**	0,85 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,62 ^{ns}	3,19 ^{ns}	0,26 ^{ns}	11,43**	2,69 ^{ns}	2,31 ^{ns}
CV (%)	26,06	18,07	22,05	28,31	15,78	7,11	8,78	4,11	5,87	7,55
Pomar 2										
Aldrighi	91,3 a	102,8 a	130,0 a	173,8 a	195,5 a	88,0 a	148,9 a	132,5 ab	129,8 ab	139,5 a
Capdeboscq	69,3 a	68,3 a	110,3 a	210,8 a	175,0 a	84,6 a	139,7 a	143,7 a	125,7 ab	146,1 a
Flordaguard	65,3 a	145,3 a	161,0 a	211,3 a	193,3 a	86,0 a	143,5 a	113,2 b	118,0 b	143,2 a
Nemaguard	72,3 a	68,0 a	105,0 a	153,8 a	223,5 a	92,4 a	151,9 a	146,2 a	136,8 a	144,8 a
Okinawa	70,5 a	71,3 a	106,8 a	195,8 a	189,5 a	83,7 a	149,6 a	126,2 ab	115,7 b	138,0 a
F porta-enxerto	1,20 ^{ns}	1,58 ^{ns}	0,80 ^{ns}	0,54 ^{ns}	1,03 ^{ns}	2,29 ^{ns}	0,42 ^{ns}	4,36*	5,05*	1,01 ^{ns}
F blocos	1,03 ^{ns}	0,60 ^{ns}	2,64 ^{ns}	1,55 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,24 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,08 ^{ns}	2,74 ^{ns}	2,43 ^{ns}
CV (%)	25,13	58,77	43,13	35,93	17,80	5,29	10,52	9,74	6,14	4,85

Tabela 4. Efeitos de porta-enxertos na produção por planta (kg planta⁻¹) da cv. Maciel em dois pomares experimentais, em cinco safras consecutivas e no total acumulado. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna para cada pomar, diferem entre si pelo teste de Tukey. ^{ns} não significativo; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Porta-enxertos	Produção por planta (kg planta ⁻¹)					Acumulado em cinco safras
	2012	2013	2014	2015	2016	
Pomar 1						
Aldrighi	6,09 b	19,26 a	23,01 a	47,40 a	41,78 a	137,43 a
Capdeboscq	10,96 a	28,94 a	24,14 a	39,90 a	48,18 a	152,12 a
Flordaguard	6,68 ab	21,57 a	21,19 a	45,25 a	45,73 a	140,41 a
Nemaguard	5,97 b	21,00 a	24,06 a	47,92 a	52,37 a	151,32 a
Okinawa	7,97 ab	19,85 a	23,49 a	49,49 a	46,99 a	147,77 a
F porta-enxerto	4,61*	2,54 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,42 ^{ns}
F blocos	19,25**	4,60*	1,78 ^{ns}	0,14 ^{ns}	3,73*	3,38 ^{ns}
CV (%)	25,61	22,23	19,83	29,12	15,95	13,94
Pomar 2						
Aldrighi	8,04 a	15,10 a	17,19 a	22,37 a	27,48 a	90,18 a
Capdeboscq	5,92 a	9,20 a	15,81 a	26,17 a	25,62 a	82,72 a
Flordaguard	5,62 a	20,09 a	18,34 a	24,55 a	27,61 a	96,21 a
Nemaguard	6,68 a	10,00 a	15,31 a	21,08 a	32,05 a	85,12 a
Okinawa	5,89 a	10,38 a	13,26 a	22,53 a	26,12 a	78,17 a
F porta-enxerto	1,45 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,59 ^{ns}
F blocos	1,48 ^{ns}	0,63 ^{ns}	2,80 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,35 ^{ns}
CV (%)	25,38	53,39	40,19	35,68	19,20	20,91

As densidades de plantio foram de 770 (pomar 1) e 1.170 plantas ha⁻¹ (pomar 2), o que possibilitou maior espaço disponível para o crescimento e abertura da “taça” das plantas no pomar 1 e, assim, maior capacidade de produção e de produção acumulada por planta.

Nenhuma diferença estatística foi detectada entre os porta-enxertos testados para o diâmetro do tronco, área da secção do tronco (Tabela 5) e eficiência produtiva das plantas (Tabela 6) nos cinco anos de avaliações. Esses dados revelam a similaridade de vigor dos porta-enxertos sobre o crescimento das plantas.

Tabela 5. Efeitos de porta-enxertos no diâmetro do tronco (mm) e na área da secção do tronco (cm²) da cv. Maciel em dois pomares experimentais, em cinco anos consecutivos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna para cada pomar, diferem entre si pelo teste de Tukey. ^{ns} não significativo; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Porta-enxertos	Diâmetro do tronco (mm)					Área da secção do tronco (cm ²)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Pomar 1										
Aldrighi	72,67 a	92,96 a	105,14 a	128,30 a	148,62 a	41,97 a	69,24 a	88,34 a	131,64 a	175,73 a
Capdeboscq	80,52 a	100,27 a	118,43 a	143,47 a	169,55 a	51,30 a	80,79 a	111,11 a	162,01 a	226,03 a
Flordaguard	78,52 a	91,97 a	106,91 a	133,51 a	158,04 a	49,23 a	67,04 a	90,69 a	142,10 a	200,16 a
Nemaguard	69,34 a	93,15 a	106,00 a	133,23 a	150,50 a	38,27 a	69,24 a	89,23 a	139,95 a	178,95 a
Okinawa	81,05 a	93,53 a	123,36 a	147,19 a	171,71 a	52,57 a	69,38 a	120,15 a	172,40 a	232,11 a
F porta-enxerto	1,46 ^{ns}	0,57 ^{ns}	2,67 ^{ns}	1,14 ^{ns}	1,58 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,77 ^{ns}	2,61 ^{ns}	1,09 ^{ns}	1,49 ^{ns}
F blocos	3,22 ^{ns}	8,13**	4,16*	1,94 ^{ns}	0,84 ^{ns}	3,23 ^{ns}	8,83**	4,25*	1,97 ^{ns}	0,83 ^{ns}
CV (%)	11,21	9,36	9,14	10,74	10,57	22,48	17,56	18,24	21,67	21,04
Pomar 2										
Aldrighi	67,36 a	87,29 a	103,01 a	110,31 a	117,00 a	35,66 a	59,91 a	83,45 a	95,77 a	107,68 a
Capdeboscq	61,21 a	79,28 a	97,47 a	110,06 a	114,30 a	29,67 a	50,52 a	77,13 a	96,81 a	104,29 a
Flordaguard	65,76 a	82,11 a	96,16 a	114,07 a	118,31 a	34,08 a	54,08 a	73,52 a	103,40 a	110,54 a
Nemaguard	61,11 a	81,68 a	96,10 a	112,15 a	115,43 a	29,67 a	52,68 a	72,85 a	99,35 a	104,99 a
Okinawa	65,43 a	82,65 a	95,18 a	106,48 a	109,62 a	33,96 a	54,19 a	71,83 a	89,91 a	95,25 a
F porta-enxerto	0,96 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,34 ^{ns}
F blocos	1,38 ^{ns}	1,79 ^{ns}	1,51 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,76 ^{ns}	1,41 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,05 ^{ns}
CV (%)	9,06	11,73	12,12	11,06	9,70	17,69	22,23	23,27	21,91	18,95

Tabela 6. Efeitos de porta-enxertos na eficiência produtiva (kg cm²) da cv. Maciel em dois pomares experimentais, em cinco anos consecutivos. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna para cada pomar, diferem entre si pelo teste de Tukey. ^{ns} não significativo; * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Porta-enxertos	Eficiência produtiva (kg cm ²)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Pomar 1					
Aldrighi	0,1451 a	0,2988 a	0,2700 a	0,3751 a	0,2395 a
Capdeboscq	0,2167 a	0,3840 a	0,2225 a	0,2444 a	0,2135 a
Flordaguard	0,1320 a	0,3218 a	0,2497 a	0,3155 a	0,2463 a
Nemaguard	0,1373 a	0,3005 a	0,2730 a	0,3483 a	0,2960 a
Okinawa	0,1467 a	0,2916 a	0,1997 a	0,3000 a	0,2030 a
F porta-enxerto	1,31 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,12 ^{ns}	1,59 ^{ns}	1,97 ^{ns}
F blocos	3,71*	1,02 ^{ns}	2,50 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,53 ^{ns}
CV (%)	39,02	29,37	24,48	24,95	21,51
Pomar 2					
Aldrighi	0,2259 a	0,2493 a	0,2120 a	0,2359 a	0,2564 a
Capdeboscq	0,1979 a	0,2349 a	0,2119 a	0,2838 a	0,2542 a
Flordaguard	0,1621 a	0,3887 a	0,2484 a	0,2444 a	0,2529 a
Nemaguard	0,2340 a	0,2016 a	0,2128 a	0,2128 a	0,3056 a
Okinawa	0,1781 a	0,2143 a	0,1924 a	0,2515 a	0,2866 a
F porta-enxerto	1,45 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,70 ^{ns}
F blocos	0,65 ^{ns}	0,73 ^{ns}	2,58 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,90 ^{ns}
CV (%)	25,46	61,54	35,72	38,37	20,98

Com relação ao efeito dos cinco porta-enxertos testados sobre o diâmetro transversal e longitudinal dos frutos da cv. Maciel (Tabela 7), houveram poucas diferenças estatísticas significativas. Para diâmetro longitudinal do fruto, diferenças só foram detectadas em 2014, em ambos os pomares, sendo que as menores médias foram observadas em 'Flordaguard', seja em relação à 'Aldrighi' (pomar 1) seja em relação à

'Capdeboscq' (pomar 2). Para diâmetro transversal do fruto, diferenças estatísticas só foram observadas no pomar 2, em 2014 e em 2016. Novamente, as menores médias foram observadas em 'Flordaguard'. Apesar dessas diferenças estatísticas, é preciso destacar que, na grande maioria dos dados dos cinco anos de avaliação, em ambos os pomares, os porta-enxertos não apresentaram efeito significativo no diâmetro transversal e longitudinal do fruto.

A produtividade por hectare, em cada ano de avaliação (Tabela 8), também apresentou igualdade estatística entre os porta-enxertos testados para a quase totalidade dos dados, excetuando-se apenas no pomar 1 em 2012, em que a produtividade verificada em 'Capdeboscq' (8,44 t ha⁻¹) foi maior do que a obtida em 'Nemaguard' (4,60 t ha⁻¹) e 'Aldrighi' (4,69 t ha⁻¹). A produtividade acumulada em cinco safras (Tabela 8) não apresentou diferença estatística entre os porta-

enxertos, em ambos os pomares. Assim, as amplitudes numéricas máximas de produtividade acumulada em cinco anos, que foi de 11,31 t ha⁻¹ no pomar 1, e de 21,1 t ha⁻¹ no pomar 2, resultaram em igualdade estatística entre os porta-enxertos sobre essa variável em decorrência da baixa variância dos dados e aos baixos valores do coeficiente de variação (13,94 % e 20,91 %, respectivamente).

Tabela 7. Efeitos de porta-enxertos no diâmetro transversal (mm) e longitudinal do fruto (mm) da cv. Maciel em dois pomares experimentais, em cinco safras consecutivas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna para cada pomar, diferem entre si pelo teste de Tukey. ^{ns} não significativo; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Porta-enxertos	Diâmetro transversal do fruto (mm)					Diâmetro longitudinal do fruto (mm)				
	2012	2013	2014	2015	2016	2012	2013	2014	2015	2016
Pomar 1										
Aldrighi	55,79 a	89,87 a	65,64 a	64,91 a	67,32 a	56,08 a	88,22 a	62,37 a	68,20 a	64,14 a
Capdeboscq	55,39 a	78,97 a	65,32 a	65,60 a	66,16 a	56,40 a	76,37 a	62,23 ab	70,03 a	62,45 a
Flordaguard	56,21 a	85,48 a	64,91 a	65,29 a	67,64 a	55,59 a	82,43 a	60,30 b	68,84 a	62,12 a
Nemaguard	55,09 a	83,81 a	65,09 a	64,49 a	68,86 a	55,67 a	82,26 a	61,90 ab	68,42 a	63,08 a
Okinawa	56,69 a	78,43 a	65,56 a	65,37 a	67,00 a	56,38 a	76,28 a	61,93 ab	68,29 a	62,69 a
F porta-enxerto	0,77 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,43 ^{ns}	2,24 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,47 ^{ns}	3,78*	0,80 ^{ns}	1,10 ^{ns}
F blocos	3,00 ^{ns}	0,87 ^{ns}	6,59**	1,94 ^{ns}	4,48*	2,81 ^{ns}	0,90 ^{ns}	19,52**	3,67*	3,70*
CV (%)	2,61	17,04	1,62	2,05	1,95	1,74	17,90	1,39	2,45	2,37
Pomar 2										
Aldrighi	55,58 a	67,28 a	62,90 ab	63,56 a	64,96 b	56,77 a	63,35 a	63,02 ab	67,29 a	63,08 a
Capdeboscq	54,26 a	66,05 a	65,33 a	62,91 a	65,77 ab	55,29 a	61,70 a	63,66 a	66,61 a	64,21 a
Flordaguard	55,36 a	65,42 a	60,50 b	62,16 a	65,22 b	55,85 a	61,57 a	58,10 b	64,20 a	61,92 a
Nemaguard	56,95 a	67,20 a	65,25 a	65,10 a	67,10 a	57,08 a	62,02 a	62,90 ab	68,03 a	62,42 a
Okinawa	54,58 a	66,82 a	62,66 ab	61,34 a	64,46 b	55,09 a	62,23 a	60,89 ab	64,52 a	61,79 a
F porta-enxerto	3,02 ^{ns}	0,46 ^{ns}	4,30*	2,91 ^{ns}	9,01**	3,56*	0,43 ^{ns}	4,11*	2,65 ^{ns}	2,66 ^{ns}
F blocos	2,60 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,64 ^{ns}	2,07 ^{ns}	4,92*	0,08 ^{ns}	0,36 ^{ns}	2,06 ^{ns}	3,06 ^{ns}
CV (%)	2,18	3,52	3,08	2,67	1,03	1,67	3,47	3,63	3,15	1,94

Tabela 8. Efeitos de porta-enxertos na produtividade por hectare e na produtividade total acumulada em cinco anos (t ha⁻¹) da cultivar-copa Maciel, em dois pomares experimentais. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna para cada pomar, diferem entre si pelo teste de Tukey. ^{ns} não significativo; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Porta-enxertos	Produtividade por hectare (t ha ⁻¹)					
	2012	2013	2014	2015	2016	acumulada em cinco safras
Pomar 1						
Aldrighi	4,69 b	14,83 a	17,72 a	36,50 a	32,09 a	105,82 a
Capdeboscq	8,44 a	22,29 a	18,59 a	30,72 a	37,10 a	117,13 a
Flordaguard	5,14 ab	16,61 a	16,32 a	34,85 a	35,21 a	108,11 a
Nemaguard	4,60 b	16,17 a	18,53 a	36,90 a	40,32 a	116,52 a
Okinawa	6,14 ab	15,28 a	18,09 a	38,11 a	36,18 a	113,79 a
F porta-enxerto	4,60*	2,54 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,42 ^{ns}
F blocos	19,18**	4,61*	1,78 ^{ns}	0,14 ^{ns}	3,70*	3,38 ^{ns}
CV (%)	25,64	22,23	19,84	29,11	15,95	13,94
Pomar 2						
Aldrighi	9,41 a	17,66 a	20,12 a	26,17 a	32,16 a	105,51 a
Capdeboscq	6,93 a	10,77 a	18,50 a	30,62 a	29,98 a	96,78 a
Flordaguard	6,57 a	23,50 a	21,46 a	28,73 a	32,31 a	112,56 a
Nemaguard	7,81 a	11,71 a	17,92 a	24,66 a	37,50 a	99,59 a
Okinawa	6,89 a	12,15 a	15,51 a	26,35 a	30,56 a	91,46 a
F porta-enxerto	1,45 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,59 ^{ns}
F blocos	1,47 ^{ns}	0,63 ^{ns}	2,80 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,35 ^{ns}
CV (%)	25,39	53,39	40,18	35,69	19,21	20,91

DISCUSSÃO

Com os cinco anos de avaliações realizadas nos dois pomares experimentais, foi possível constatar que existe grande similaridade entre os cinco porta-enxertos testados com relação aos seus efeitos na cultivar Maciel de pessegueiro. As variáveis diâmetro do tronco, área da secção do tronco, eficiência produtiva, produção acumulada e produtividade acumulada, nos cinco anos de avaliações, não apresentaram nenhuma diferença significativa entre os porta-enxertos testados (Tabelas 4, 5, 6 e 8). Nas demais variáveis, as poucas diferenças significativas existentes entre os porta-enxertos não ocorreram de forma clara, ou seja, variaram entre os pomares e entre os anos de avaliação, não permitindo identificar algum porta-enxerto com destaque (Tabelas 3, 4, 7 e 8). O fato de terem sido testados apenas cinco tratamentos (porta-enxertos), sendo que quatro deles ('Aldrighi', 'Capdeboscq', 'Nemaguard' e 'Okinawa') pertencerem à mesma espécie (*P. persica*) e 'Flordaguard' ['Chico 11' x *Prunus davidiana* (Carr.) Franch] também ter 'Okinawa' na sua ascendência (Sherman et al., 1991), certamente limitou a amplitude dos resultados e a possibilidade de detecção das diferenças significativas. Assim, a enxertia intra-específica do pessegueiro 'Maciel' sobre esses cinco porta-enxertos não permitiu que ocorressem efeitos significativos e de forma clara entre os tratamentos testados.

Os resultados do presente trabalho concordam, em grande parte, com a literatura gaúcha sobre o assunto. Em pessegueiros 'Chimarrita' e 'Maciel' enxertados sobre 'Aldrighi', 'Capdeboscq', 'Flordaguard', 'Nemaguard' e 'Okinawa' e estabelecidos em três unidades de observação no Estado do Rio Grande do Sul, verificou-se não houve efeito significativo sobre os valores médios de três anos de avaliações do volume de copa, diâmetro do tronco, diâmetro dos frutos, massa dos frutos e número de frutos por planta (Galarça et al., 2012; Galarça et al., 2013). Em outras duas safras avaliadas (2014 e 2015) em Capão do Leão-RS, esses cinco porta-enxertos também não influenciaram o diâmetro do tronco, volume de copa e número de frutos por planta na cv. Maciel (Barreto et al., 2017). Como porta-enxertos da cultivar Granada, De Rossi et al. (2004) constataram que 'Aldrighi', 'Flordaguard' e 'Okinawa' apresentaram diâmetro do tronco similares entre si, nos primeiros três anos de cultivo, embora o volume de copa das plantas sobre 'Flordaguard' tenha sido menor. Para a cultivar Chimarrita, Picolotto et al. (2009) verificaram menor diâmetro do tronco nas plantas enxertadas sobre 'Aldrighi', comparativamente às enxertadas sobre 'Okinawa' e 'Capdeboscq'. Esse menor vigor do 'Aldrighi' também reduziu o volume de copa e a massa de poda, no terceiro e quarto ano de idade (Picolotto et al., 2009).

O primeiro componente da produção é o número de frutos por planta, contabilizados após o raleio, antes do início da maturação dos frutos. Esta variável também pode ser utilizada para verificação da intensidade do raleio, juntamente com o diâmetro do tronco, além de possibilitar a estimativa da produção. No presente trabalho, os dados de número de frutos por planta (Tabela 3) revelam a homogeneidade do raleio

realizado entre os tratamentos, nos cinco anos de avaliações e em ambos os pomares, visto a igualdade estatística desta variável (exceção apenas para 2012, no pomar 1). Os dados também revelaram que o número de frutos remanescentes nas plantas poderia ser maior. De acordo com o critério de deixar 5 frutos para cada cm² de área transversal do tronco (Pereira & Raseira, 2014), constata-se que as plantas poderiam suportar praticamente o dobro do número de frutos, sem prejudicar a qualidade, visto que o número de frutos oscilou entre 1,35 e 2,69 frutos cm² de área transversal do tronco. Com maior número de frutos por planta, as variáveis produção por planta e produtividade por hectare, assim como os valores acumulados em cinco anos, poderiam ser positivamente influenciadas.

No primeiro ano de avaliações (2012), quando as plantas encontravam-se com apenas 2 anos, a massa média dos frutos em todos os tratamentos e em ambos os pomares, ficou abaixo de 100 g (Tabela 3). Porém, nos quatro anos subsequentes, a massa média dos frutos foi sempre próxima ou acima de 120 g, que é a massa média característica da cultivar (Raseira et al., 2014), revelando excelentes características físicas dos frutos de todos os tratamentos, tanto em massa (Tabela 3) como em diâmetro transversal e longitudinal do fruto (Tabela 5). Para a cv. Granada, segundo De Rossi et al. (2004), a massa de frutos foi menor quando as plantas foram enxertadas sobre 'Aldrighi', comparativamente às enxertadas sobre 'Flordaguard'.

Em função das pouquíssimas diferenças entre os tratamentos para número de frutos por planta e massa do fruto, a produção por planta (Tabela 4) não foi afetada pelos porta-enxertos (exceção apenas para o pomar 1, em 2012). Os dados revelam aumentos constantes da produção em todos os tratamentos, ao longo dos cinco anos de avaliações (com raras exceções). Embora não tenha sido realizada análise estatística por não ser objetivo do trabalho, observa-se que as produções obtidas no pomar 1 em 2014, 2015 e 2016 foram numericamente maiores do que as obtidas no pomar 2. Assim, a produção acumulada das cinco safras também foi maior no pomar 1 (aumento mínimo de 46%, para o porta-enxerto 'Flordaguard'; e de até 89%, para o porta-enxerto 'Okinawa'), em relação às produções acumuladas no pomar 2. Segundo Raseira et al. (2014), plantas adultas de 'Maciel' apresentam potencial produtivo de 50 kg por planta, o que foi praticamente atingido no pomar 1, nos dois últimos anos de avaliações (Tabela 4). De acordo com Galarça et al. (2013), a produção acumulada em três anos das cultivares Chimarrita e Maciel foi influenciada pelos porta-enxertos utilizados. Entretanto, os resultados não foram consistentes, pois os melhores resultados obtidos com um determinado porta-enxerto em um local nem sempre se repetiam com outra copa e/ou em outro local de cultivo.

Os resultados de pesquisa com porta-enxertos para pessegueiro obtidos no Rio Grande do Sul revelam que os porta-enxertos influenciam características produtivas das copas, assim como características físicas e químicas dos frutos, porém os resultados variam entre as safras e locais (De Rossi et al., 2004; Rocha et al., 2007; Picolotto et al., 2009; Galarça et al., 2012; Galarça et al., 2013; Barreto et al., 2017). O uso de porta-enxertos clonais interespecíficos e de outras

espécies do gênero *Prunus*, bem como a realização de avaliações por maior número de anos, tenderá aumentar a amplitude dos resultados e a identificação de diferenças significativas entre porta-enxertos, de forma mais consistente.

Assim como verificado na produção por planta, a produtividade por hectare também não foi influenciada pelos porta-enxertos testados, exceção apenas no pomar 1 em 2012 (Tabela 8). Embora diferenças numéricas de até 12,7 t.ha⁻¹ tenham ocorrido (pomar 2 em 2013), entre 'Flordaguard' (23,5 t.ha⁻¹) e 'Capdeboscq' (10,77 t.ha⁻¹), essas diferenças não foram significativas. As produtividades acumuladas nas cinco safras, de ambos pomares, também não apresentaram diferenças significativas entre os porta-enxertos, nem mesmo alguma tendência de superioridade. Destaca-se também para as elevadas produtividades obtidas a partir de 2013 (3º ano de idade das plantas), em ambos os pomares e em todos os cinco porta-enxertos, sendo obtidas as seguintes médias mínimas e máximas: 2013 = entre 10,77 e 23,5 t.ha⁻¹; 2014 = entre 15,51 e 21,46 t.ha⁻¹; 2015 = entre 24,66 e 38,11 t.ha⁻¹; 2016 = entre 29,98 e 40,32 t.ha⁻¹) (Tabela 8). Esses valores são bem superiores à produtividade média gaúcha para o pessegueiro, que é de apenas 9,78 t.ha⁻¹ (Agrianual, 2017). Para a cultivar copa Granada, não houve diferenças significativas da produtividade da cultivar Granada entre os porta-enxertos Aldrighi e Okinawa, no segundo e no terceiro anos de idade. Entretanto, quando enxertadas sobre 'Flordaguard', a produtividade foi menor, comparativamente ao 'Okinawa' (De Rossi et al., 2004).

Um fator que interfere diretamente na produtividade e na rentabilidade de um pomar é a mortalidade de plantas (Harper & Greene, 1998). No Estado do Rio Grande do Sul, já foram encontrados pomares comerciais de pessegueiro com até 90 % de plantas mortas ou com sintomas de morte precoce do pessegueiro (Mayer et al., 2009). No presente trabalho, não ocorreu nenhuma morte de planta, em ambos os pomares, até o término das avaliações (2016), destacando-se que a área 2 apresentava histórico severo de morte-precoce, nos anos anteriores ao da instalação do experimento. Em área imediatamente adjacente ao pomar 2, também plantada em 2010 (porém com mudas adquiridas no comércio local, de raiz nua da cv. Maciel, com uso de porta-enxertos oriundos de misturas de caroços das indústrias processadoras), a mortalidade de plantas foi de 37 % até 2013, algumas, inclusive, devido à morte-precoce do pessegueiro. Assim, além do conhecimento e adoção de porta-enxertos com características de interesse para uma determinada situação de cultivo, a produção das mudas em embalagens plásticas com substrato parece ter importância decisiva na sobrevivência inicial no campo, devido à manutenção do torrão que envolve as raízes, a abundante quantidade de radículas e sua preservação no transplantio (Mayer & Ueno, 2017).

O presente trabalho comprova a viabilidade técnica de uso de todos os cinco porta-enxertos testados. Entretanto, salienta-se que as cultivares Flordaguard, Nemaguard e Okinawa foram selecionadas e lançadas para a finalidade porta-enxerto, sendo, portanto, vantajosas em relação às cultivares Aldrighi e

Capdeboscq, que foram originalmente selecionadas e lançadas para a finalidade de produção de frutos para industrialização. O porta-enxerto 'Flordaguard' apresenta resistência a *Meloidogyne javanica*, *M. floridensis*, *M. mayaguensis* e *M. incognita* raças 1 e 3, sendo indicado para ser utilizado para cultivares de pessegueiro, nectarineira e ameixeira de baixa exigência de frio (\approx 300 horas anuais), em solos não alcalinos infestados com nematoide das galhas (Sherman et al., 1991; Nyczepir et al., 2008; Olmstead et al., 2018). O porta-enxerto 'Nemaguard' é resistente a *Meloidogyne javanica*, *M. mayaguensis* e *M. incognita* e é tolerante a *Pratylenchus penetrans* e *P. vulnus* (Reighard & Loreti, 2008; Nyczepir et al., 2008). Por fim, o porta-enxerto 'Okinawa', amplamente utilizado no Sudeste do Brasil, é especialmente recomendado por apresentar resistência a *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* e *M. mayaguensis* (Mayer et al., 2003; Mayer et al., 2005; Nyczepir et al., 2008).

CONCLUSÕES

As cultivares Aldrighi, Capdeboscq, Flordaguard, Nemaguard e Okinawa, quando utilizadas como porta-enxerto do pessegueiro 'Maciel', apresentam eficiência produtiva, produção acumulada por planta e produtividade acumulada por hectare, nos cinco primeiros anos produtivos, similares entre si.

O desempenho dos porta-enxertos testados foi bastante similar nas duas unidades de observação e nenhum sintoma de morte-precoce do pessegueiro foi verificado, nos primeiros seis anos de cultivo no campo. As cultivares lançadas para a finalidade porta-enxerto - 'Flordaguard', 'Nemaguard' e 'Okinawa' - constituem alternativas de recomendação mais adequadas para a cultivar Maciel, na região persícola de Pelotas-RS.

Agradecimentos

À Embrapa e ao CNPq, pelo apoio financeiro; ao persicultor Fábio Donini e família, aos técnicos Rudinei Oliveira Gomes e Ângelo da Silva Lopes, bem como à equipe de funcionários de campo da Embrapa Clima Temperado, pelo apoio na condução dos experimentos.

REFERÊNCIAS

- Agrianual.** 2017. Pêssego. FNP Consultoria & Comércio. São Paulo pp. 364-369.
<<http://www.agrianual.com.br/>>
- Arroyo, L. & G. Valentini.** 2006. Different rootstocks affect yield and fruit quality of 'Forastero' peach. *Acta Horticulturae* 713: 285-287.
<http://www.actahort.org/books/713/713_41.htm>
- Barbosa, W., F.A. Campo Dall'orto, M. Ojima & F.P. Martins.** 1993. Produção e manejo de sementes do pessegueiro porta-enxerto Okinawa. *O Agrônomo* 45 (2/3): 10-16.
- Barreto, C.F., M.B.M. Kirins, P.S. Silva, C.R. Schiavon, C.V. Rombaldi, M.B. Malgarim & J.C. Fachinello.** 2017. Agronomic performance of the Maciel peach with different rootstocks. *Semina: Ciências Agrárias* 38 (3): 1217-1228.

- <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/25972/20995>>.
- Brooks, R.M. & H.P. Olmo.** 1961. Register of new fruit and nut varieties. Nemaquid peach. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 78: 634-635.
- De Rossi, A., J.C. Fachinello, L. Rufato, E. Parisotto, P. Picolotto & L.R. Kruger.** 2004. Comportamento do pessegueiro 'Granada' sobre diferentes porta-enxertos. Revista Brasileira de Fruticultura 26 (3): 446-449. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-29452004000300018&lng=pt&nrm=iso&tng=pt>.
- De Salvador, F.R., G. Ondradu, & B. Scalas.** 2002. Horticultural behaviour of different species and hybrids as rootstocks for peach. Acta Horticulturae 592: 317-322. <http://www.actahort.org/books/592/592_44.htm>.
- Estat.** 1994. Sistema para análises estatísticas (v. 2.0). Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, FCAV-UNESP.
- Harper, J.K. & G.M. Greene.** 1998. Impact of production risk on the selection of peach rootstocks. Fruit Varieties Journal 52 (1): 41-46.
- Ibge.** 2017. Produção agrícola municipal: lavoura permanente em 2013. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/comparamun/compara.php?lang=&coduf=43&idtema=136&codv=v145&search=rio-grande-do-sul|pelotas|sintese-das-informacoes-2013>>. Último acesso em maio 2017.
- Iglesias, I., R. Montserrat, J. Carbó, J. Bonany & M. Casals.** 2004. Evaluation of agronomical performance of several peach rootstocks in Lleida and Girona (Catalonia, NE-Spain). Acta Horticulturae 658: 341-348. <https://www.actahort.org/books/658/658_49.htm>.
- Fao.** 2017. Peaches and nectarines: yield, area and productivity on 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Último acesso em dezembro 2017.
- Galarça, S.P., J.C. Fachinello, D.L. Betemps, N.P. Machado, L.B. Haas, M.E. Presotto & A. Comiotto.** 2012. Produção e qualidade de frutos de pessegueiros 'Chimarrita' e 'Maciel' sobre diferentes porta-enxertos. Pesquisa Agropecuária Brasileira 47 (12): 1731-1736. <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/12596>>.
- Galarça, S.P., J.C. Fachinello, D.L. Betemps, A. Hoffmann, G.A.B. Marodin, F. Pretto, F.S. Nunes & F.P. Dias.** 2013. Crescimento e desenvolvimento de pessegueiros 'Chimarrita' e 'Maciel' sobre diferentes porta-enxertos e locais de cultivo. Ciência Rural 43 (2): 219-224. <<http://www.redalyc.org/pdf/331/33125630005.pdf>>.
- Nyczepir, A.P., J.A. Brito, D.W. Dickson & T.G. Beckman.** 2008. Host status of selected peach rootstocks to *Meloidogyne mayaguensis*. HortScience 43 (3): 804-806. <<http://hortsci.ashspublications.org/content/43/3/804.short>>.
- Mathias, C., N.A. Mayer, B. Mattiuz & F.M. Pereira.** 2008. Efeito e porta-enxertos e espaçamentos entre plantas na qualidade de pêssegos 'Aurora-1'. Revista Brasileira de Fruticultura 30 (1): 165-170. <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/3482/S0100-29452008000100030.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.
- Mayer, N.A. & B. Ueno.** 2012. A morte-precoce do pessegueiro e suas relações com porta-enxertos (Documentos, 359). Embrapa Clima Temperado, Pelotas. 42 pp. <<https://www.embrapa.br/clima-temperado/busca-de-publicacoes/-/publicacao/994696/a-morte-precoce-do-pessegueiro-e-suas-relacoes-com-porta-enxertos>>.
- Mayer, N.A. & B. Ueno.** 2017. Avaliação participativa de porta-enxertos tolerantes à morte-precoce do pessegueiro (Documentos, 449). Embrapa Clima Temperado, Pelotas. 35 pp. <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1084531/avaliacao-participativa-de-porta-enxertos-tolerantes-a-morte-precoce-do-pessegueiro>>.
- Mayer, N.A., F.M. Pereira & J.M. Santos.** 2003. Reação de clones de umezeiro (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) e cultivares de pessegueiro a *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. Revista Brasileira de Fruticultura 25 (1): 181-183. <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v25n1/a50v25n1.pdf>>.
- Mayer, N.A., F.M. Pereira & J.M. Santos.** 2005. Resistência de clones de umezeiro e cultivares de pessegueiro a *Meloidogyne incognita* (Nemata: Heteroderidae). Revista Brasileira de Fruticultura 27 (2): 335-337. <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v27n2/a38v27n2.pdf>>.
- Mayer, N.A., B. Ueno & L.E.C. Antunes.** 2009. Seleção e clonagem de porta-enxertos tolerantes à morte-precoce do pessegueiro (Comunicado Técnico, 209). Embrapa Clima Temperado, Pelotas. 13 pp. <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/747136/selecao-e-clonagem-de-porta-enxertos-tolerantes-a-morte-precoce-do-pessegueiro>>.
- Mayer, N.A., V.J. Bianchi & L.A.S. Castro.** 2014. Porta-enxertos. En: Pessegueiro. Raseira, M.C.B., Pereira, J.F.M., Carvalho, F.L.C. Embrapa, Brasília. pp.173-223.
- Mayer, N.A., B. Ueno, V.A.L. Silva, R.A. Valgas & C.A.P. Silveira.** 2015a. A morte-precoce do pessegueiro associada à fertilidade do solo. Revista Brasileira de Fruticultura 37 (3): 773-787. <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v37n3/0100-2945-RBF-37-3-773.pdf>>.
- Mayer, N.A., B.Ueno & V.A.L. Silva.** 2015b. Teores de nutrientes foliares de pessegueiro em cinco porta-enxertos. Revista Brasileira de Fruticultura 37 (4): 1045-1052. <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v37n4/0100-2945-rbf-37-4-1045.pdf>>.
- Olmstead, M., J. Chaparro & J. Ferguson.** 2018. Rootstocks for Florida stone fruit. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/HS/HS36600.pdf>>. Último acesso em janeiro 2018.
- Pereira, F.M. & N.A. Mayer.** 2005. Pessegueiro: tecnologias para a produção de mudas. Funep, Jaboticabal. 65 pp.
- Pereira, J.F.M. & A. Raseira.** 2014. Raleio. En: Pessegueiro. Raseira, M.C.B., Pereira, J.F.M., Carvalho, F.L.C. Embrapa, Brasília. pp. 309-327.
- Picolotto, L., R. Manica-Berto, D. Pazin, M.S. Pasa, J.D. Schmitz, M.E. Prezotto, D. Betemps, V.J. Bianchi & J.C. Fachinello,** 2009. Características

vegetativas, fenológicas e produtivas do pessegueiro cultivar Chimarrita enxertado em diferentes porta-enxertos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 44 (6): 583-589.

<<http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n6/a06v44n6.pdf>>.

Raseira, A., J.F.M. Pereira, A.R.M. Medeiros & F.L.C. Carvalho. 1998. Instalação e manejo do pomar. En: A cultura do pessegueiro. Medeiros, C.A.B., Raseira, M.C.B. Embrapa-SPI, Brasília; Embrapa-CPACT, Pelotas. pp. 130-160.

Raseira, M.C.B., B.H. Nakasu & W. Barbosa. 2014. Cultivares: descrição e recomendação. En: Pessegueiro. Raseira, M.C.B., Pereira, J.F.M., Carvalho, F.L.C. Embrapa, Brasília. pp. 73-141.

Reighard, G.L. & F. Loreti, 2008. Rootstock development. En: The peach: botany, production and uses. Layne, D.R., Bassi, D. CABI Head Office, Oxfordshire; CABI North American Office, Cambridge. pp.193-220.

Reighard, G.L., W. Bridges, B. Rauh & N.A. Mayer. 2013. *Prunus* rootstocks influence peach leaf and fruit nutrient content. Acta Horticulturae 984: 117-124.

<https://www.actahort.org/books/984/984_10.htm>.

Rocha, M.S., V.J. Bianchi, J.C. Fachinello, J.D. Schmitz, M.S. Pasa & J.B. Silva. 2007. Comportamento agrônômico inicial da cv. chimarrita enxertada em cinco porta-enxertos de pessegueiro. Revista Brasileira de Fruticultura 29 (3): 583-588.

<<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v29n3/a32v29n3.pdf>>.

Sbcs/cqfs. 2004. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10. ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Porto Alegre. 400 pp.

Sherman, W.R., P.M. Lyrene & R.H. Sharpe. 1991. Flordaguard peach rootstock. HortScience 26 (4): 427-428.

<<http://hortsci.ashspublications.org/content/26/4/427.full.pdf+html>>.

Tsipouridis, C. & T. Thomidis. 2005. Effect of 14 peach rootstocks on the yield, fruit quality, mortality, girth expansion and resistance to frost damages of May Crest peach variety and their susceptibility on *Phytophthora citrophthora*. Scientia Horticulturae 103: 421-428.

<[https://ac.els-cdn.com/S0304423804001785/1-s2.0-S0304423804001785-main.pdf?_tid=548010b0-1345-11e8-ae73-](https://ac.els-cdn.com/S0304423804001785/1-s2.0-S0304423804001785-main.pdf?_tid=548010b0-1345-11e8-ae73-00000aab0f26&acdnat=1518805093_996f41b3e86db43c9ed1b4548c57361f)

[00000aab0f26&acdnat=1518805093_996f41b3e86db43c9ed1b4548c57361f](https://ac.els-cdn.com/S0304423804001785/1-s2.0-S0304423804001785-main.pdf?_tid=548010b0-1345-11e8-ae73-00000aab0f26&acdnat=1518805093_996f41b3e86db43c9ed1b4548c57361f)>.

Valentini, G.H., R.E. Murray & L.E. Arroyo. 2006. Evaluación de los efectos de distintos portainjertos sobre la calidad de los frutos de dos variedades de duraznero cultivadas en el nordeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Revista de Investigaciones Agropecuarias 35 (2): 71-89.

<<http://www.redalyc.org/pdf/864/86435205.pdf>>.

Aptitud forestal de las tierras no agrícolas del norte de la provincia de Buenos Aires (Argentina)

Lupi, Ana Maria^{1,2}; Marcos Angelini¹; Gabriela Civeira¹; Julieta Irigoín¹

¹Instituto de Investigación Suelos, Centro de Investigación de Recursos Naturales, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (CIRN-INTA), Buenos Aires, Argentina; ²lupi.ana@inta.gov.ar

Lupi, Ana Maria; Marcos Angelini; Gabriela Civeira; Julieta Irigoín (2019) Aptitud forestal de las tierras no agrícolas del norte de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 181-198. <https://doi.org/10.24215/16699513e018>

El objetivo de este trabajo fue clasificar, cuantificar y cartografiar la aptitud forestal de las tierras no agrícolas del N-NE de la provincia de Buenos Aires. Para ello se aplicó el software *Automated Land Evaluation System (ALES)* propuesto por la FAO. Las especies consideradas fueron: *E. camaldulensis*, *E. dunnii*; *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. viminalis* y los géneros *Salix* spp. y *Populus* spp. Se utilizaron las Cartas de Suelos de la provincia de Buenos Aires escala 1:50.000 del INTA. Como criterios diagnósticos se utilizaron la profundidad de fluctuación de la napa freática, el pH, la textura del horizonte superficial y el drenaje, entre otros. El balance de superficies indica que existen 92.089 ha de tierras aptas para implantar *E. camaldulensis* de las cuales el 13% se consideran sin limitantes. Para *E. tereticornis* existen 91.841 ha aptas, donde el 13% son muy aptas. La superficie de tierras aptas para *E. saligna* y *E. viminalis* alcanzó las 40.718 ha de las cuales el 30% son muy aptas. Estas dos especies presentan restricciones climáticas en el área evaluada debido a la susceptibilidad al frío en el período de implantación. Para *E. dunnii*, con 40.718 ha, no se identificaron tierras muy aptas. En cuanto al género *Populus*, el potencial de tierras disponibles es de 42.000 ha, siendo el 29% muy aptas. Para el género *Salix* la superficie fue de 47.243 ha. Estos resultados muestran que existe una importante superficie de tierras potencialmente aptas para el desarrollo de una cuenca forestal en la región sin competencia con la agricultura.

Palabras clave: evaluación de tierras, producción forestal, limitantes edáficas

Lupi, Ana Maria; Marcos Angelini; Gabriela Civeira; Julieta Irigoín (2019) Land suitability of lowlands for forestation in the northern part of Buenos Aires province. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 181-198. <https://doi.org/10.24215/16699513e018>

The objective of this work was to classify, quantify and map the land suitability of lowlands lands (or non suitable lands for annual-crop) of the N-NE of the province of Buenos Aires. For this, the Automated Land Evaluation System (ALES) software proposed by FAO was applied. We evaluated the following species: *E. camaldulensis*, *E. dunnii*; *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. viminalis* y los géneros *Salix* spp. y *Populus* spp using the soil map at 1:50,000 scale as source of soil information. The depth of water-table fluctuation, soil pH, soil texture and drainage, among other soil properties, were used as diagnostic criteria. The results showed that 92,089 ha were suitable for *E. camaldulensis*, from which 13% have not limitations. There were 91,841 ha suitable for *E. tereticornis*, where 13% were very suitable. The area suitable for *E. saligna* and *E. viminalis* reached 40,718 ha, from which 30% are very suitable. These two species present climatic restrictions in the study area due to the susceptibility to cold in the implantation period. *E. dunnii* reached 40,718 ha of lands, but none were very suitable land. The genus *Populus* had 42,000 suitable hectares, being 29% of them very apt. For *Salix* the resulting area was 47,243 ha. These results show that there is an important area of land potentially suitable for the development of a forest basin in the region without competing with annual crops.

Key words: land evaluation, forest production, edaphic limitations

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 25/03/2019

Aceptado: 01/08/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina



INTRODUCCIÓN

La provincia de Buenos Aires es una de las provincias más importantes del país en términos económicos, aportando el 29% del producto agropecuario nacional (Cámara Argentina de Comercio, 2016). La región norte de la provincia, conocida como zona núcleo, concentra el 42% de los suelos con aptitud agrícola y es considerada una de las principales áreas productivas del mundo producto de su clima y la extensión de suelos de alta productividad (Hall et al., 1992; Satorre & Slafer, 1999). Conjuntamente con las regiones del sudeste y sudoeste de Buenos Aires, forma parte de las 6 subregiones forestales que se identifican en la provincia como posibles cuencas de abastecimiento de recursos madereros para el mercado interno y externo. El desarrollo de un territorio requiere de la organización y planificación de su uso y ocupación, en función de las características y las restricciones biofísicas, culturales, socioeconómicas y político-institucionales (MAGyP, 2012). En el norte de Buenos Aires, la introducción del componente forestal en forma planificada puede representar una oportunidad para el desarrollo de un nuevo sector productivo, que está muy por debajo de su potencial (Sfeir, 2015). Actualmente la demanda de productos de la madera de esta zona se satisface a partir de lo producido en la Mesopotamia y el Delta del Paraná, de acuerdo a las especies. La producción de madera en sistemas puros o mixtos resulta un desafío para la zona continental. Particularmente los sistemas mixtos, bajo la forma de sistemas silvopastoriles son escasamente conocidos. Las interacciones de los componentes (ganado y árbol) sinergizan los efectos positivos individuales ofreciendo múltiples beneficios y servicios a escala predial, regional y de paisaje (Alonso, 2011, Zuluaga et al., 2011, Murgueitio et al., 2014). En cuanto a sistemas puros, la región está dando sus primeros pasos (Achinelli, 2014) y es posible obtener productos derivados de la madera para usos diversos como: rurales (postes, varillas), la producción de biomasa para celulosa y biomasa para energía orientada a atender el déficit energético y reducir el consumo de combustibles fósiles (FAO, 2008). A nivel mundial, el rol de las masas boscosas como herramienta para reparar daños ambientales está siendo cada vez más importante. Podrían contribuir a manejar el flujo de agua subsuperficial a nivel de paisaje (Alconada Magliano et al., 2009), a la fitorremediación en ambientes contaminados (Dietz & Schnoor, 2001) y el secuestro de gases efecto invernadero, en el marco de una estrategia nacional de reducción de emisiones.

Según las estadísticas oficiales, la provincia de Buenos Aires cuenta con una superficie de bosques cultivados de 68.014 ha, principalmente con salicáceas en la región del Delta del Paraná (60.091 ha) y *Eucalyptus spp* en el SE de Buenos Aires (7.818 ha). Excluyendo las áreas con suelos aptos para la agricultura, en el NE de Buenos Aires existe una proporción de suelos con diversos tipos y grados limitantes que podrían sostener la producción forestal con rendimientos variables. Esto daría impulso a nuevas cadenas productivas, a la diversificación de los productores y también al mantenimiento de servicios ecosistémicos para enfrentar los desafíos que propone el cambio climático.

Teniendo en cuenta la diversidad de ambientes, es necesario plantear un esquema ordenador que identifique con cierto margen de seguridad, áreas en las que el nivel de crecimiento de determinadas especies forestales tenga valores adecuados para su desarrollo. Para esto se llevan a cabo los estudios de evaluación de aptitud de las tierras para un uso específico. A nivel provincial, entre los antecedentes sobre evaluación de aptitud forestal a escala de semidetalle se encuentran los realizados por Lupi et al., (2013), en el oeste de la provincia de Buenos Aires para *E. viminalis* y por Cullot & Dillon (1998) en el sudeste de Buenos Aires para *E. globulus*. Para la región norte no se dispone de información sobre la distribución y aptitud forestal de las tierras, particularmente haciendo énfasis en suelos ganadero-agrícolas, que seguramente serán las áreas potencialmente elegibles para estos sistemas productivos.

En este marco, el objetivo de este trabajo fue clasificar, cuantificar y cartografiar la aptitud forestal de las tierras no agrícolas bajo la oferta tecnológica actual, ubicadas en la región N-NE de la provincia de Buenos Aires.

MATERIALES Y METODOS

Localización y características de la región de estudio

La evaluación de aptitud de uso forestal se realizó en los siguientes partidos de la provincia de Buenos Aires: Ramallo, Colón, Pergamino, San Pedro, Bartolomé Mitre, Baradero, Capitán Sarmiento, Rojas, Salto, General Arenales, Chacabuco, Carmen de Areco, Junín, San Nicolás, Zárate, San Antonio de Areco (Figura 1).

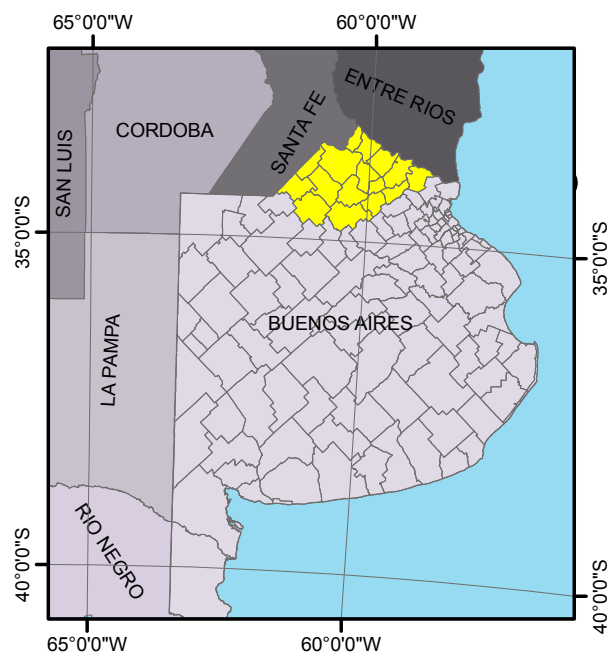


Figura 1. Ubicación geográfica de los partidos donde se realizó la evaluación de aptitud de uso de las tierras, en la provincia de Buenos Aires.

Caracterización climática

La provincia de Buenos Aires en general, se caracteriza por poseer un clima templado. En la región nor-noreste, la temperatura media del mes de enero es de 24 °C y en julio de 10°C, con un valor medio anual de 18°C. En cuanto a los valores extremos, los máximos absolutos superan los 40°C y los mínimos absolutos de -7°C a -10°C. El período libre de heladas en el NE es de 260 días. La fecha media de la primera helada es a principios de junio y las últimas heladas ocurren a fines de agosto. Las lluvias anuales superan los 900 mm y la estación con mayores precipitaciones es el verano con un máximo en el mes de marzo. En invierno, particularmente en el mes de junio, se registran los menores valores. La evapotranspiración potencial anual es de 850 mm según la metodología de Thornthwaite & Mather (1957). El balance hídrico de la región oriental de la provincia de Buenos Aires manifiesta excesos hídricos de aproximadamente 100 mm desde mayo a septiembre (Hall et al., 1992).

Geología, geomorfología y suelos

La provincia de Buenos Aires es una amplia llanura cuya superficie está conformada por sedimentos no consolidados de edad cuaternaria denominado loess. Estos sedimentos conforman el material originario a partir del cual se desarrollan los suelos de la región. La subregión Pampa Ondulada presenta un paisaje de suaves lomadas drenadas por ríos tributarios de la cuenca del Río Paraná y del Río de la Plata. En general, los depósitos loésicos recientes son clasificados como loess arcilloso, con bajos contenidos de arenas (< 5 %) y altos porcentajes de limo (70 %) y arcilla (como mínimo 20 %), (Zárate, 2003).

En particular, en Pergamino, San Nicolás, Ramallo, San Pedro y Colón el paisaje está compuesto de planicies elevadas, suavemente onduladas, recortadas por arroyos que drenan al río Paraná. En las partes altas de las planicies y en las pendientes se desarrollan los suelos Argiudoles vérticos, mientras que en las planicies aluviales, terrazas bajas y márgenes de ríos y arroyos están ocupadas por suelos Natracuoles y Natracualfes típicos. En los partidos de Carmen de Areco, San Antonio de Areco, Pergamino, Rojas, Chacabuco, Capitán Sarmiento, Zárate, Exaltación de la Cruz y parte de Colón y San Pedro el paisaje está compuesto por lomas alargadas y planicies suavemente onduladas, recortadas por vías de drenaje. En las posiciones más elevadas y mejor drenadas se desarrollan suelos Argiudoles típicos, al igual que en las pendientes. En las posiciones más planas y algo deprimidas evolucionan los suelos Argiudoles ácuicos, Argialboles argiácuicos y Argialboles típicos; en las partes bajas adyacentes a los cursos de agua se encuentran los suelos Natracuoles típicos y Natracualfes típicos. En los partidos de General Arenales, Junín y Bragado el área está cubierta por un sedimento eólico de gran espesor de textura franca a franca arenosa. El paisaje está fundamentalmente determinado por ondulaciones arenosas. En el sector oeste existen cordones alargados con relieve más marcado, donde los bajos alargados funcionan como vías de escurrimiento. Los Hapludoles énticos están desarrollados en los cordones arenosos y en las partes altas de las ondulaciones. Los Hapludoles típicos

ocupan, preferentemente, las posiciones planas y concavidades entre médanos. En las áreas bajas evolucionan Hapludoles taptó árgicos, Hapludoles taptó nátricos y Natracualfes típicos. En los planos aluviales de los ríos y arroyos existen complejos indiferenciados de suelos alcalinos e hidromórficos (SAGyP-INTA, 1989).

Principales limitaciones de los suelos

En el área de estudio, las principales limitaciones genéticas de los suelos para la producción forestal son el hidromorfismo, la salinidad y la sodicidad. Los cuales se describen a continuación.

El hidromorfismo se origina por la saturación con agua de la totalidad del perfil del suelo o una parte del mismo, durante períodos más o menos prolongados, provocando deficiencia de oxígeno. La intensidad de este proceso es variable según la posición topográfica, el microrelieve, las características de los materiales del suelo (en texturas arcillosas con baja conductividad hidráulica, es más propenso), las oscilaciones del nivel freático y el contenido de oxígeno disuelto en el agua freática, entre otros aspectos (Imbellone et al., 2010). Generalmente esta limitante se manifiesta en ambientes deprimidos, microdepressiones, pie de pendientes y llanuras aluviales. Estos ambientes constituyen condiciones de intrazonalidad, donde se observan suelos con distintas clases de drenaje deficiente, tales como imperfectamente drenado, pobremente drenado y muy pobremente drenado (Pereyra, 2016). Dichas clases de drenaje se diferencian por la frecuencia y duración de los períodos de desaturación y en las características morfológicas y rasgos redoximórficos presentes como concreciones y cutanes de óxidos de hierro (color herrumbre) y manganeso (color negro).

La salinización es un proceso que conduce a un aumento excesivo de las sales solubles en el suelo, pudiendo ser causada por agentes naturales o antrópicos. Los suelos salinos presentan principalmente las siguientes sales solubles: cloruro de sodio, sulfatos solubles de sodio y magnesio y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio; ocasionalmente puede haber acumulaciones de nitratos y boratos (Imbellone et al., 2010), las cuales elevan el componente osmótico del potencial hídrico de los suelos generando una menor disponibilidad de agua para las plantas. Además, el crecimiento de las plantas puede verse disminuido o retrasado dependiendo del contenido salino del suelo y la tolerancia de la especie vegetal. En general, el umbral de la salinidad aceptado para considerar reducciones en la producción de biomasa aérea y de raíces, y en consecuencia asociados con mermas en el rendimiento y/o productividad se encuentra en 2 dS/m de conductividad eléctrica (Lavado & Taboada, 2009). Los procesos de salinización y sodicidad se encuentran estrechamente vinculados, y en muchos casos se producen simultáneamente en los suelos de la Región Pampeana. La sodicidad se refiere a suelos con alta concentración de sodio intercambiable. A su vez, estos suelos presentan elevados pH. El hidromorfismo, en algunos casos, también se encuentra combinado con otros procesos como pueden ser la salinización y sodificación.

La sodicidad ocurre luego de la descalcificación, donde

el calcio es desplazado por el sodio y el magnesio, debido a la presencia de minerales de relativamente fácil meteorización, como las plagioclasas y de vidrio volcánico, presentes en la fracción liviana del suelo. En general, los suelos sódicos son aquellos que tienen suficiente proporción de sodio intercambiable como para producir deterioro en las condiciones físicas del suelo y afectar el desarrollo de los cultivos. El límite establecido es de 15% de sodio intercambiable (PSI) respecto de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, siendo el pH alcalino (>8,5). Típicamente las sales de sodio están presentes en áreas deprimidas o al pie de las pendientes, donde el agua freática está cerca de la superficie hacia donde asciende por capilaridad; en cambio en las posiciones más altas del paisaje el sodio puede ser lixiviado del perfil. Las sales de magnesio y calcio son menos solubles, en caso de precipitar pueden hacerlo en forma separada en el perfil del suelo por encima de la sal de sodio.

Requerimientos y tolerancias de las especies.

A partir de los trabajos de Mangieri & Dimitri (1958), Cozzo (1975), FAO (1981), Golfari, (1985), Cromer (1995); Marcar (1995), Achinelli, et al., (2004), Baridon et al., (2005), Achinelli, (2006) y Baridon et al., 2008; se pudo realizar la siguiente síntesis.

Eucalyptus camaldulensis Dehnh, en su área natural de dispersión, cubre casi todo el continente con una gran variación de climas: templados al sur, tropicales al norte y condiciones de sequía en el centro. Es una especie de gran plasticidad, adaptable tanto a regiones semiáridas como a terrenos sujetos a periódicas inundaciones. Se desarrolla en ambientes donde la temperatura media y las precipitaciones no sean inferiores a -8°C y 250 mm anuales. Crece desde suelos arenosos, rojos lateríticos, arcillosos hasta suelos cubiertos con agua gran parte del año. Los suelos más aptos se corresponden con los de aptitud agrícola, profundos, de buen drenaje y con pH comprendidos entre 5 y 7. Esta especie presenta moderada tolerancia a la salinidad y se adapta a ambientes con subsuelo arcilloso. Es resistente a condiciones de pH moderadamente alcalino (8,6) y fuerte salinidad (8 dS/m). Se adapta a texturas muy finas (más finas que franco arcillosas). Requiere profundidades mayores a 70 cm. Sobrevive a largos periodos de anegamiento (24 meses según CSIRO, 2018).

Eucalyptus tereticornis Smith crece en gran variedad de condiciones climáticas. No soporta temperaturas inferiores de -5 °C. Es más sensible a las heladas que el *E. camaldulensis*. Es resistente a la sequía y al calor. Requiere climas templados, cálidos. En su área de origen se desarrolla en suelos aluviales, arenosos y húmedos, sobre el curso de los ríos, así como en suelos lateríticos con subsuelo arcilloso o de greda y profundos. Los suelos más aptos son los profundos (más de 100 cm), de buen drenaje, ligeramente ácidos a moderadamente alcalinos. Toleran drenaje imperfecto a pobre, pero no encharcable. Toleran pH moderadamente alcalino (8,2-8,4) y salinidad moderada (4 dS/m). Toleran texturas finas (franco-arcillosas a arcilloso).

Eucalyptus dunnii Maiden tienen un área natural pequeña en el NE de Nueva Gales del Sur (NGS) y SE

de Queensland. El clima de esta región es subtropical húmedo. Prefiere suelos fértiles, preferentemente de origen basáltico o sedimentario, bien drenados. En Australia es considerada una de las especies de más rápido crecimiento. Las áreas más aptas son las de drenaje bueno a moderado. No tolera drenaje deficiente (imperfecto a pobre). Requiere suelos profundos (100 cm o más). El crecimiento se ve limitado en suelos someros con menos de 75 cm. Las áreas más aptas son de pH neutros o ligeramente alcalino y toleran pH ligeramente ácido. Requieren suelos libres de salinidad y alcalinidad. Toleran texturas franco-arcillosas, no arcillosas.

Eucalyptus saligna Smith se sitúa en una franja de 120 km sobre la costa de NGS y del S de Queensland, sobre clima templado al sur y subtropical al N. En su área natural se desarrolla en suelos de buena calidad como los aluviales de textura media pero también en Podsólicos; pero todos bien drenados. Es más tolerante al frío que el *E. grandis* y presenta una alta capacidad de regeneración de rebrotes. Crece en suelos de textura media (más grueso que franco arcilloso), arenosos, rojos lateríticos, profundos y bien drenados. No tolera drenaje deficiente y los excesivamente húmedos son limitantes, no tolera pH muy alcalinos y salinidad mayor a 4 dS/m.

Eucalyptus viminalis Labill, en Australia, se extiende desde la Isla de Tasmania (43° S) hasta NGS y Queensland (28° S), con un clima que varía desde templado hasta subtropical húmedo y subhúmedo. Soporta temperaturas muy bajas, inferiores a -16°C, es sensible a los calores requiere entre 600-1400 mm anuales, principalmente en invierno. Requiere suelos profundos, sueltos y bien drenados. Puede adaptarse y vegetar en formaciones de médanos. Se adapta a suelos ligeramente ácidos a moderadamente alcalinos, con moderada salinidad. Resiste algo suelos salinos, limo-arenosos permeables. Son limitantes los suelos arcillosos, impermeables, poco profundos (< 75 cm), con pH >8, salinidad moderada (>4 dS/m) y drenaje pobre a imperfecto. No tolera texturas más finas que franco arcillosas.

El área de distribución natural de las salicáceas está comprendida en regiones de clima boreal o templado frío. Son especies de crecimiento rápido, de fácil propagación vegetativa y muy adaptable a una amplia gama de condiciones climáticas y del suelo. Estas características, combinadas con la amplia gama de productos forestales de madera, fibra, leña y otros productos y servicios que ofrecen, han llevado al uso generalizado de álamos y sauces en todo el mundo. Las propiedades del suelo son fundamentales para la producción exitosa y sostenible de cultivos. Para *Salix spp*, el Gran Grupo de suelos representativos de condiciones de mejor aptitud serían los Argialboles y Argiacuoles (según la Soil Taxonomy) mientras que para *Populus spp* sería Hapludoles y Argiudoles. Los suelos no apropiados para este último cultivo serían Natracuoles o Natracualfes.

Proceso de evaluación de tierras

La evaluación de la aptitud de uso forestal de las tierras se realizó en base al esquema Food and Agriculture Organization (FAO) y se utilizó el programa Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras, ALES,

(Rossiter & Van Wambeke 1997, 1995) para la generación de un sistema experto. El sistema experto se constituyó con la confrontación de los distintos requerimientos de las especies forestales y de las cualidades de la tierra propias del área de estudio, a partir del conocimiento experto.

Todas las especies forestales tienen requerimientos y necesidades particulares razón por la cual la respuesta de cada una de ellas será diferente para una misma unidad de tierra (UT). La UT representa la superficie o el área donde se realiza la evaluación de aptitud de uso y en este caso se corresponden con las series de suelos. Para cada UT se detallan un conjunto de características edafoclimáticas, las cuales son utilizadas para definir las distintas cualidades de la tierra (CuT). La evaluación de tierras consideró los riesgos o limitaciones que se presentan respecto al uso de la tierra en cuestión, tales como exceso hídrico, alcalinidad, salinidad, entre otros.

Siguiendo la metodología descripta, se procedió a definir el tipo de uso de la tierra (TUT), el cual comprende el conjunto de especificaciones técnicas de manejo y producción que dependen de la escala y del propósito del estudio. Tales especificaciones pueden referirse al tipo de cultivo, objetivos de producción, tipo de manejo, rotación, intensidad de mecanización y capital, infraestructura requerida, tamaño y tenencia de la tierra, entre otros. En este trabajo, el TUT fue definido como: Tierras destinadas a la implantación de bosques cultivados con diferentes fines, en forma pura o asociada y sostenible a partir de las siguientes especies forestales: *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus dunnii* Maiden; *Eucalyptus saligna* Sm., *Eucalyptus tereticornis* Sm., *Eucalyptus viminalis* Labill, *Salix* spp. y *Populus* spp.

Las UT se correspondieron con las Series de suelo provenientes de las Cartas de Suelos de la provincia de Buenos Aires escala 1:50.000 (INTA, 1972). Para cada unidad taxonómica se identificó la clase utilitaria definida por USDA (Klingebiel & Montgomery, 1961) que varía de I a VIII. Si bien todas las clases admiten el uso forestal, en este trabajo la evaluación se centró en las clases IV a VIII. Se incluyó en el análisis la clase IV, de uso ganadero-agrícola, debido a que son suelos que presentan severas limitaciones y alta variabilidad en los rendimientos y podrían representar un área de producción con mayor expectativa para el cultivo forestal.

Producto de esta selección, las series de suelo evaluadas y definidas como las unidades de tierra (UT)

fueron: Arroyo Juárez, El Recuerdo, Faustina, Gelly, Gorostiaga, Gowland, Huemul, Ingeniero Silveyra, Las Nutrias, Manantiales, Morse, Rancagua, Rawson, Río Tala fase moderadamente inclinada y fase severamente erosionada, Río Tala fase severamente erosionada, Saforcada, San Sebastián, Santa Lucia, Santa Rita, Tatay, Vedia, Villa Moll, Wheelwright fase ligeramente erosionada y fase ligeramente inclinada, Wheelwright fase ligeramente inclinada y fase moderadamente erosionada, Wheelwright fase moderadamente erosionada, Wheelwright fase moderadamente inclinada y fase ligeramente erosionado, Wheelwright fase pobremente drenada, Wheelwright fase severamente erosionada y Zapiola.

Posteriormente, se identificaron las siguientes cualidades de la tierra (CuT) que tienen incidencia en la definición de la aptitud de uso forestal: profundidad de la napa freática (a partir de la profundidad de aparición de la napa freática descrita en el perfil del suelo), drenaje (a partir de la clase natural de drenaje de los suelos), facilidad para la exploración radical en el perfil del suelo (a partir de las características de la tierra textura superficial y subsuperficial), alcalinidad sódica (a partir de la profundidad de aparición en el perfil de suelo de un horizonte con PSI >15%), salinidad (a partir de la conductividad eléctrica del suelo) y reacción del suelo (a partir de la característica pH del horizonte superficial). Cada cualidad fue evaluada de acuerdo al nivel de severidad en cuatro categorías: no limitante (*1), ligera limitación (*2), moderada limitación (*3) y severa limitación (*4). Para la construcción de las cualidades se utilizaron los árboles de decisión como se muestran en las tablas 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

El resultado de la evaluación se expresó de acuerdo a 4 niveles de aptitud de uso de las tierras para cada especie forestal en: tierras muy aptas, tierras moderadamente aptas, tierras marginalmente aptas y tierras no aptas. La asignación de la aptitud a cada Serie de suelo se realizó considerando el factor de mayor restricción (limitación máxima). Así por ejemplo para que una Serie de suelo sea clasificada como muy apta para una determinada especie, ésta debió reunir todos los requisitos predefinidos por la especie forestal. Para clasificar tierras dentro la clase más restringida (no apta), resultó suficiente la identificación de un sólo atributo/cualidad con severa limitación (*4), aunque las demás características de las tierras reunieran las condiciones previstas para una clasificación de mejor aptitud.

Tabla 1. Árbol de decisión de la cualidad de la profundidad de la napa freática. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación.

Profundidad de aparición de la napa freática	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. viminalis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna
Muy alta (0-50 cm)	*4	*3	*3	*4	*4	*4	*4
Alta (50-75 cm)	*3	*2	*2	*4	*3	*4	*4
Moderada (75-100 cm)	*2	*1	*1	*2	*2	*3	*3
Baja (100-300 cm)	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1

Tabla 2. Árbol de decisión de la calidad drenaje. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación.

Clase natural de drenaje	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. viminalis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna
Muy pobremente drenado	*4	*4	*3	*4	*4	*4	*4
Pobremente drenado	*3	*3	*2	*4	*2	*4	*4
Algo pobremente drenado	*3	*1	*1	*3	*2	*4	*3
Moderadamente bien drenado	*1	*1	*1	*1	*1	*2	*2
Bien drenado	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
Algo excesivamente drenado	*1	*2	*1	*1	*1	*1	*1
Excesivamente drenado	*2	*4	*1	*1	*2	*2	*2

Tabla 3. Árbol de decisión de la calidad facilidad para la exploración radical en el perfil. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación. =Corresponde a la misma resolución de la rama identificada (Ej: =1, corresponde a la resolución de la rama 1).

Textura superficial	Textura subsuperficial	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna	E. viminalis
1. Areno franco	Franca arenosa	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
	Franca	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
	Franco limosa	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
	Limosa	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
	Franco arcillo limosa	*1	*1	*1	*1	*2	*1	*2
	Franco arcillosa	*1	*1	*1	*1	*2	*1	*2
	Franco arcillo	*1	*1	*1	*1	*2	*1	*2
	Arcillo limosa	*2	*1	*2	*1	*2	*2	*2
	Arcillosa	*2	*2	*2	*2	*2	*2	*2
2. Franco arenosa	Areno franca	*1	*2	*1	*1	*1	*1	*1
	1	1	1	1	1	1	1	1
	3. Franco	1	1	1	1	1	1	1
	4. Franco limosa	1	1	1	1	1	1	1
	5. Limosa	1	1	1	1	1	1	1
	6. Franco arcillo	*2	1	1	1	1	1	*2
	7. Franco arcillosa	*2	1	1	1	1	1	*2
	8. Arcillo limosa	*2	1	*2	*2	*2	*2	*2
	9. Franco arcillo	*2	1	1	1	1	1	
	Franca arenosa							*1
	Franca							*1
	Franco limosa							*1
	Limosa							*1
	Franco arcillo limosa							*1
	Franco arcillosa							*1
	Franco arcillo							*1
	Arcillo limosa							*2
	Arcillosa							*2
	Areno franca							*1

Tabla 4. Árbol de decisión de la calidad Alcalinidad sódica. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación.

Profundidad de aparición de altos contenidos de sodio en el perfil (≥ 15 PSI)	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. viminalis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna
Superficial (< 20 cm)	*4	*4	*4	*4	*4	*4	*4
Subsuperficial (20-50 cm)	*4	*4	*3	*4	*3	*4	*4
Poco profundo (50-75 cm)	*4	*3	*2	*4	*3	*4	*4
Moderadamente profundo (75-100 cm)	*2	*2	*1	*3	*2	*3	*3
Profundo (100-150 cm)	*1	*1	*1	*3	*1	*2	*2
Sin sodio en el perfil ó a > 150 cm	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1

Tabla 5. Árbol de decisión de la cualidad salinidad. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación.

Conductividad eléctrica	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. viminalis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna
No salino (0-2 dS/m)	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
Ligeramente salino (2-4 dS/m)	*2	*2	*1	*1	*1	*1	*2
Moderadamente salino (4-8)	*4	*4	*2	*3	*2	*4	*4
Salino (8-16 dS/m)	*4	*4	*3	*4	*4	*4	*4

Tabla 6. Árbol de decisión de la cualidad reacción del suelo. Referencia: *Resolución del árbol: *1: No limitante; *2: Ligera limitación; *3: Moderada limitación; *4: Severa limitación.

pH	Populus	Salix	E. camaldulensis	E. viminalis	E. tereticornis	E. dunnii	E. saligna
Fuertemente ácido (5-5,5)	*2	*3	*2	*2	*3	*3	*3
Moderadamente ácido (5,5-6)	*1	*1	*1	*1	*2	*3	*2
Ligeramente ácido (6-6,5)	*1	*1	*1	*1	*1	*2	*1
Neutro (6,5-7,3)	*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
Ligeramente alcalino (7,3-7,8)	*2	*1	*1	*1	*1	*1	*1
Moderadamente alcalino (7,8-8,4)	*3	*3	*2	*4	*2	*3	*1
Fuertemente alcalino (>8,4)	*4	*4	*3	*4	*3	*4	*4

A continuación, se describen los distintos niveles de aptitud forestal de las tierras Muy Aptas: Comprende tierras que no tienen limitaciones para el uso forestal con la especie considerada, o sólo presentan limitaciones leves, que no reducirían significativamente la producción maderera, ni harán elevar los insumos por sobre un nivel aceptable. Para esta clase de aptitud no se identifican subclases de aptitud debido a que no se reconocen limitaciones edáficas que afecten la producción forestal. Moderadamente aptas: Las limitaciones pueden reducir la productividad y los beneficios por elevación de los insumos, pero éstos aún son atractivos. Marginalmente aptas: Las limitaciones reducen marcadamente la productividad, pero aún es factible la producción forestal. No aptas: Comprende tierras con limitaciones que en conjunto son muy graves para su uso forestal con la especie considerada. La baja productividad y/o las necesidades de ordenamiento hacen no factible económicamente su utilización actual.

Una vez obtenida la evaluación de la aptitud de cada Serie de Suelo para cada especie o grupo de especies, se expresó el resultado en unidades cartográficas (UC) tomando como base georreferenciada la cartografía de suelos. Cada UC se compone de una o más Series de suelos en diferentes proporciones respecto del área total. Por lo tanto, cada UC tendrá diferente aptitud según la especie forestal y los suelos que la componen. En la cartografía resultante, la leyenda identificadora expresa las distintas clases de tierras aptas previamente definidas: muy aptas (verde), moderadamente aptas (naranja) y marginalmente aptas (rosa), mediante tres colores diferentes. Al mismo tiempo, para cada clase (o color) se representa la proporción de series (en %) que integra la UC bajo ese nivel de aptitud, variando las intensidades de color.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Superficie según clases de aptitud forestal

Basado en estimaciones del mapa de uso actual se determinó que la superficie neta de tierras no agrícolas representa un 50% del área total. Este valor fue considerado para el cálculo de la superficie con diferentes grados de aptitud. Se conoce que a raíz de los paquetes tecnológicos actualmente disponibles muchos suelos no agrícolas (con clases de capacidad de uso VI) se encuentran en producción de cultivos anuales, básicamente con cultivo de soja, con los riesgos que ello implica, sumado a la variabilidad en los rendimientos.

La Tabla 7 muestra, en términos cuantitativos y relativos, la superficie disponible para implantar bosques, por clase de aptitud. Del análisis se observa que las especies menos exigentes en condiciones de sitios y por lo tanto con mayores condiciones de adaptabilidad a los suelos estudiados fueron el *E. camaldulensis* y el *E. tereticornis*. El balance de superficie indica que existen 92.089 ha de tierras aptas para implantar *E. camaldulensis* de las cuales el 13% se consideran sin limitantes (12.449 ha), el 47% tienen limitantes moderadas y el 40% restante tiene limitantes severas para el crecimiento del cultivo. Para *E. tereticornis* se observó que existe una mayor superficie de tierras marginales respecto de las moderadamente aptas. Existen 91.841 ha aptas, donde el 13% son muy aptas, el 35% tienen limitantes moderadas y el 52% posee limitaciones graves. La superficie de tierras aptas (40.718 ha) disminuyó notablemente para *E. saligna* y *E. viminalis*. El 70% de ellas se clasifican como moderadamente aptas para estas especies y no se registran tierras marginalmente aptas. Para el cultivo de *E. dunnii* existen 40.718 ha de tierras moderadamente

aptas y no se disponen de tierras muy aptas ni marginalmente aptas.

La superficie de tierras disponible para implantar álamos es similar a *E. viminalis*. El potencial de tierras disponibles es de 42.000 ha, siendo el 29% muy apta, el 68% moderadamente aptas y solo el 3% marginalmente aptas. La superficie disponible para implantar sauces fue levemente superior a la de álamos, sin embargo, no se hallaron tierras sin limitaciones. La mayor proporción son tierras moderadamente aptas y la superficie total es de 47.243 ha.

Las plantaciones con especies exóticas de rápido crecimiento constituyen una alternativa viable para diferentes objetivos entre los cuales puede indicarse bosques productores de madera para la industria del aserrado, la construcción, la celulósica y la energía. Los bosques pueden constituirse como reparo para animales, cortinas rompevientos, protección en márgenes de cursos de agua y secuestro de CO₂. Si el objetivo es la renta económica en sitios de buena aptitud son esperables buenos crecimientos, mientras que en las clases moderadamente aptas los rendimientos pueden verse afectados entre un 20-25%. (FAO, 2003).

La disponibilidad de tierras para sostener la actividad forestal con especies exóticas de rápido crecimiento ha sido demostrada en diferentes regiones de la provincia de Buenos Aires (Ferrere et al.; 2008, 2017; Achinelli et al., 2017), pero existen discusiones sobre los efectos que podrían provocar las masas boscosas cuando reemplazan pastizales. Se menciona como aspectos más controversiales los cambios producidos en el ciclo hidrológico (Jobbágy et al., 2008; Besteiro, 2014), la acidificación de los suelos, la modificación en el patrón de distribución de los nutrientes, la pérdida de fertilidad cuando aumenta el número de rotaciones con planteos de manejo intensivos (Jobbágy & Jackson, 2003; 2004; Lupi et al., 2011). En contraposición se destaca el rol de

los bosques en el control de la erosión hídrica y eólica, el secuestro de carbono atmosférico en la gran biomasa (Ferrere et al., 2008), y otros gases efecto invernadero; y el uso de árboles como fitoremediadores en áreas contaminadas (Dhillon et al., 2008; Madejon et al., 2017).

Mapas de aptitud forestal

Para todas las especies evaluadas, las tierras muy aptas o sin limitantes son las de menor predominancia y se encuentran en el partido de Junín y General Arenales. Las Series de suelo: Arroyo Juárez (AJ), Gelly (Ge), Huemul (Hm), Ing. Sylveira (ISy), Los Indios (LI), Los Leones (LL), Manantiales (Ma), San Sebastián (SS), Tatay (Ty), Vedia (Ve) y Zapiola (Za) fueron calificadas como no aptas para todas las especies evaluadas (Tabla 8).

Los partidos de Arenales y Junín concentran las tierras muy aptas mientras que Baradero y San Pedro concentran la mayor superficie de tierras de moderada aptitud para los eucaliptos colorados: *E. camaldulensis*, *E. tereticornis* (Figuras 2 y 3). Por el contrario, el partido de Chacabuco, Carmen de Areco, General Arenales y Pergamino concentran la mayor superficie de tierras marginales. Al intentar establecer alguna relación entre el crecimiento de las especies evaluadas y los suelos clasificados, se infiere que es escasa la información disponible.

E. camaldulensis dispone de condiciones ambientales (climáticas) de crecimiento en casi toda la provincia de Buenos Aires (Moschini et al., 2000) y los rendimientos son variables con el tipo de suelo. Los reportes encontrados refieren a rodales establecidos en suelos agrícolas como los Argiudoles típicos (Baridon et al., 2001) que pueden clasificarse como muy aptos, donde los crecimientos esperados son mayores a 20 m³/ha/año (Marcó & Harrand, 2005). En los Argiacuoles típicos, suelos mal drenados y clasificados como moderadamente aptos por Baridon et al., (2001); los

Tabla 7. Balance de superficie por especie y clase de aptitud.

		Tierras no agrícolas			Total
		Muy aptas para uso forestal	Moderadamente aptas para uso forestal	Marginalmente aptas para uso forestal	
E. camaldulensis	ha	12.449	43.083,5	36.557,2	92.089,7
	%	13,5	46,8	39,7	
E. tereticornis	ha	12.448,9	31.894,1	47.498,3	91.841,0
	%	13,6	34,7	51,7	
E. saligna	ha	12.272,2	28.445,9		40.718,0
	%	30,1	69,9		
E. viminalis	ha	12.272,1	28.445,9		40.718,0
	%	30,1	69,9		
E. dunnii	ha		40.718,0		40.718,0
	%		100		
Populus	ha	12.272,1	28.445,9	1.278,2	41.996,2
	%	29,2	67,3	3,0	
Salix	ha		41.366,0	5.877,2	47.243,2
	%		87,6	12,4	

Tabla 8. Serie de suelo, limitantes y criterios diagnósticos de tierras no aptas.

	Limitante	Drenaje	Salinidad/ Alcalinidad	Na int (%)	pH (pasta/H ₂ O)
TATAY	Drenaje y alcalinidad sódica. Los tenores de sodio que en superficie alcanzan al 15 y 40 %, llegan en el al 45 y 80 % de la capacidad de intercambio.	Algo pobremente drenado, escurrimiento lento a muy lento y permeabilidad lenta.	No salino, con fuerte alcalinidad sódica desde la superficie	26% Na desde la sup	7,7/8,4 desde la sup
VEDIA	Ocupa los sitios de bajo. Limitaciones severas por exceso de Na desde la superficie, exceso de humedad y peligro de anegamiento.	Algo pobremente drenado, escurrimiento lento, permeabilidad lenta.	Fuertemente alcalino, débilmente salino	43% desde la sup	7,6/8,1 desde la superficie
INGENIERO SILVEYRA	Alcalinidad sódica, salinidad y drenaje deficiente. El límite BA al Bt es abrupto con 40 a 60 cm de espesor.	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad muy lenta, muy anegable.	Exceso de sodio desde la superficie y alcalinidad sódica hasta después de los 100 cm. Levemente salino	18% de Na desde la sup y 40% a los 20 cm	8,1/8,5 desde los 20 cm
SAN SEBASTIAN	Drenaje, alcalinidad sódica después de los 16 cm. Bt, fuertemente textural, salinidad.	Pobremente drenado, escurrimiento lento, permeabilidad lenta	Alcalino, débilmente salino	48.8% a partir de los 16 cm	8,8/9,1 a partir de los 16 cm
LOS LEONES	Drenaje, hidromorfismo, alcalinidad sódica	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad lenta	Alcalino sódico desde la sup.	29% a partir de los 16 cm	7,3/7,6 a partir de los 16 cm y 8,5/9 a partir de los 25 cm
LOS INDIOS	Alcalinidad, salinidad y drenaje deficiente	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad lenta, muy anegable	Alcalinidad sódica desde la superficie. Levemente salino.	19% de Na desde la superficie y 35 % a los 18 cm	8,2 a partir de los 18 cm
ZAPIOLA	Drenaje, alcalinidad sódica, salinidad moderada. Se encuentra en posición de bajos deprimidos.	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad lenta.	Alcalino sódico y débilmente salino a los 16 cm.	30% desde la sup.	7,9/8,4 desde la sup.
MANANTIALES	Drenaje, alcalinidad sódica, peligro de anegamiento por capa freática fluctuante.	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad muy lenta.	alcalino sódico desde superficie, no salino	39% desde la sup.	8,9/9,1 desde la sup.
SANTA RITA	Drenaje y alcalinidad sódica desde la superficie.	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad muy lenta.	Fuertemente alcalino-sódico desde la superficie, con salinidad desde los 50 cm. de profundidad	68% desde la sup.	9,0/9,8 desde la sup.
HUEMUL	Drenaje, hidromorfismo, alcalinidad	Pobremente drenado, escurrimiento lento, permeabilidad lenta.	sódico y levemente salino 12.4 mmhos /cm en sup	31% desde la sup.	8,1/8,8 desde la sup.
ARROYO JUAREZ	Drenaje, alcalinidad sódica. Suelo poco profundo en áreas deprimidas de los cursos de arroyos	Pobremente drenado, escurrimiento muy lento, permeabilidad muy lenta.	Fuertemente alcalino y salino. 6,9 mmhos/ cm en sup	58% en sup.	8,9/9,5 en sup.

crecimientos esperables serían de 15-20 m³/ha/año. Los primeros trabajos de Mangieri & Dimitri (1958) en plantaciones localizadas en Ezeiza, refieren a crecimientos en un rango de 12,5 hasta 28,7 m³/ha/año. El valor más bajo se correspondería con clase de aptitud marginalmente apta (10-15 m³/ha/año) y el más alto a clase muy apta (>20 m³/ha/año). En Castelar, se registraron crecimientos de 19,8 m³/ha/año (Ottone, 1990), esperables para una clase moderadamente apta. Por su lado, Penon et al., (2008) indican que en suelos agrícolas se registran crecimientos de 30-33 m³/ha/año (suelos muy aptos) mientras que en suelos pobres puede descender a 12 m³/ha/año (marginalmente aptos

a no aptos). El valor indicado por Penon et al., (2008) para sitios buenos, supera el rango indicado por Cozzo (1995) en sitios de buena calidad y es coincidente con los crecimientos señalados para sitios de baja calidad (suelos regulares a malos, compactos y con presencia de tosca), donde el rango oscilaría entre 10-15 m³/ha/año (marginalmente apto).

Es notablemente menor la información disponible sobre crecimiento de *E. tereticornis*. Harrand & Marcó (2012) encuadran a esta especie en el grupo de los eucaliptos que tienen crecimiento entre 20- 30 m³/ha/año a los 10 años en el sur de Entre Ríos, valores que podrían ser esperables para el Norte de Buenos Aires.

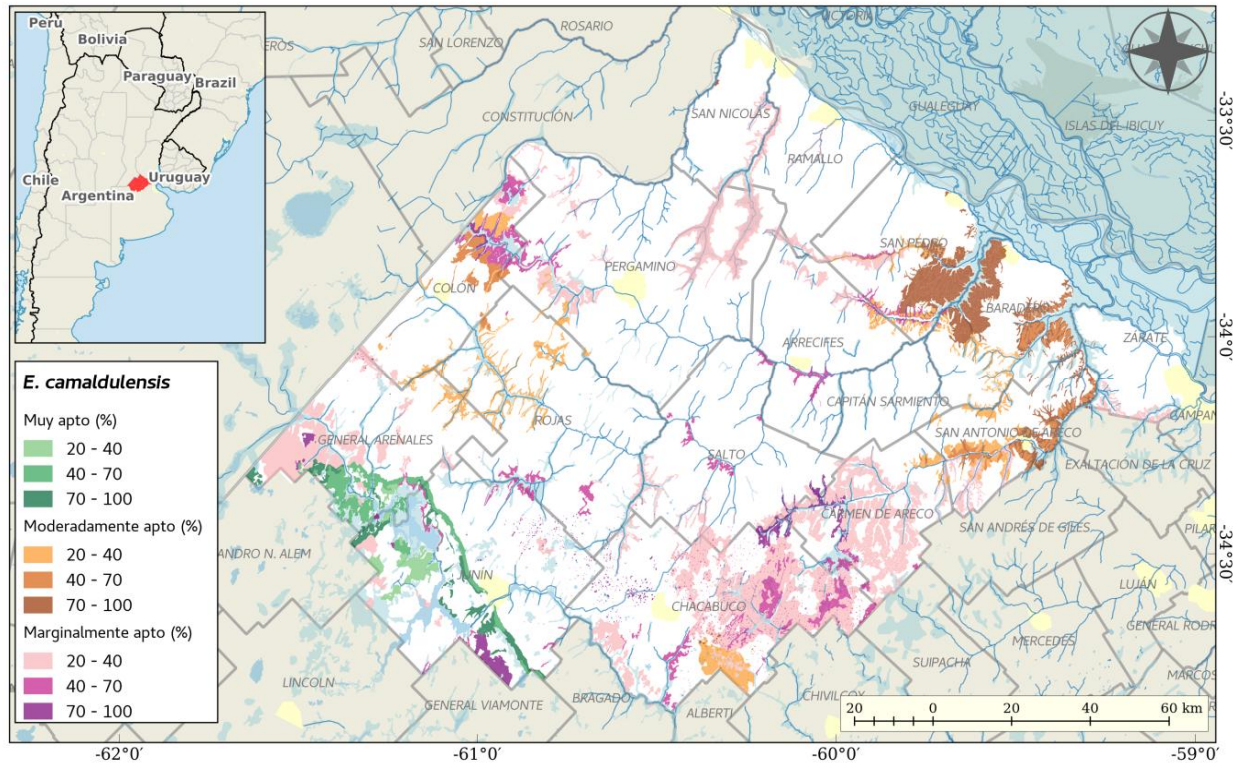


Figura 2. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Eucalyptus camaldulensis*.

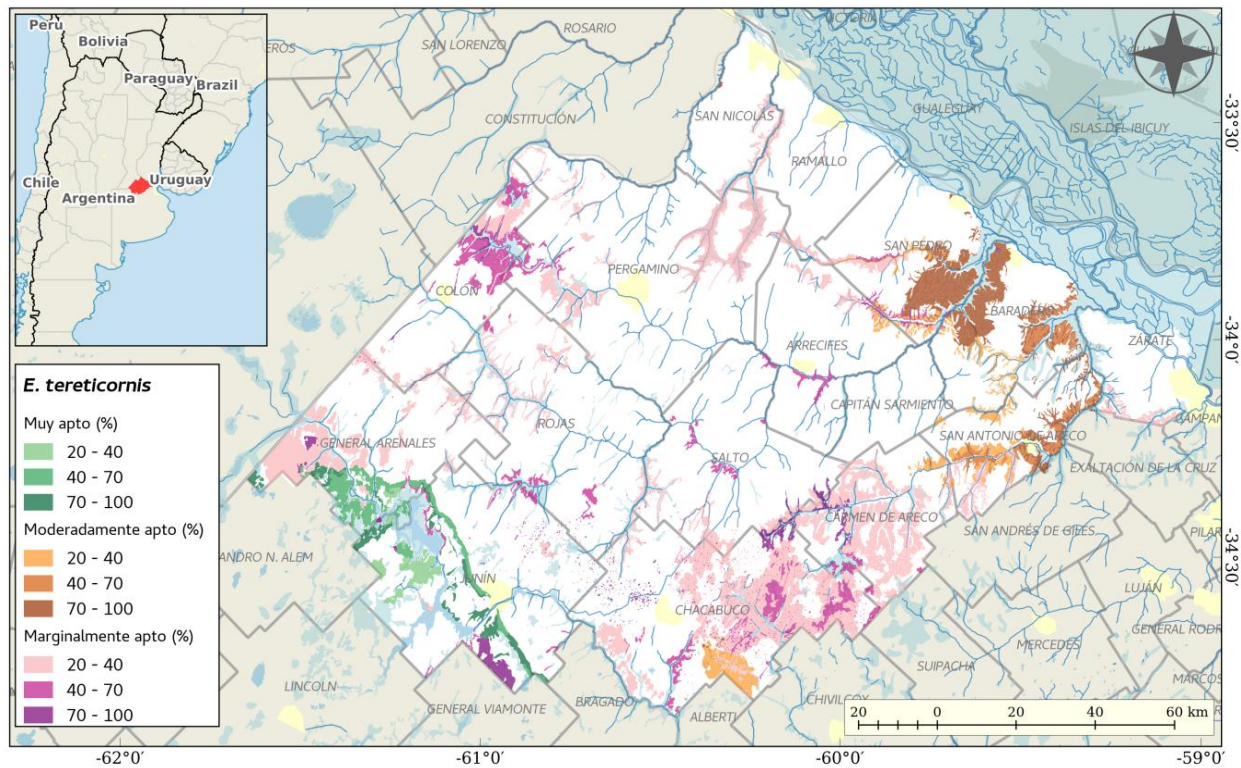


Figura 3. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Eucalyptus tereticornis*.

Los resultados logrados para progenies a los 6 años de edad, sobre un suelo Argiudol en Zárate, indican crecimientos variables de 12 a 35 m³/ha/año. Estos datos surgen de diversas fuentes semilleras y se estima que su uso superará en un 30% en crecimiento a la semilla comercial disponible (Raute & Bunse 2011).

Para *E. saligna*, los partidos de General Arenales y Junín disponen de tierras aptas, y en Baradero, San Pedro y San Antonio de Areco se localizarían las mayores superficies de tierra moderadamente aptas (Figura 4). *Eucalyptus saligna* es una especie afín a *E. grandis* pero con mayor tolerancia a frío. Los antecedentes que refieren crecimientos de esta especie son muy escasos. Se puede mencionar el trabajo de Ottone (1990) en el partido de 25 de Mayo donde indican valores de 37 m³/ha/año, en una plantación de 29 años con distanciamiento de 2,5 x 2,5 m, pudiendo corresponder esto a una clase muy apta. Harrant & Marco (2012) encuadran al *E. saligna* al igual que *E. dunnii* en el grupo de los eucaliptos que tienen crecimiento por encima de los 30 m³/ha/año en el sur de Entre Ríos.

Los eucaliptos blancos como el *E. viminalis* y *E. dunnii* (Figura 5 y 6) presentan algunas diferencias en cuanto a la disponibilidad de tierras. *E. viminalis*, por su mayor adaptabilidad, dispone de tierras aptas en los partidos de Junín y General Arenales mientras que las tierras moderadamente aptas se localizan en los partidos de Baradero, San Pedro y San Antonio de Areco. Las tierras moderadamente aptas para *E. viminalis* también lo son para *E. dunnii*. Los resultados muestran que no se disponen de tierras aptas para esta última especie y los suelos de los partidos de Junín y General Arenales también se clasifican como moderadamente aptos. La evaluación de aptitud no reporta suelos marginalmente aptos para ninguna de estas especies.

Relevamientos realizados en los alrededores de Ezeiza (Buenos Aires) por Mangieri & Dimitri (1958) informan que *E. viminalis* a los 10 años muestran incrementos volumétricos que superan los 25 m³/ha/año, clasificando estas áreas como muy aptas. Por otro lado, en un rango de ambientes que va desde 25 de Mayo hasta Guaminí (oeste de la provincia de Buenos Aires), sobre suelos Hapludoles énticos y Udipsamentos típicos, de textura gruesa y con drenaje algo excesivo, Ferrere et al., (2008), indican crecimientos de 28 m³/ha/año. Particularmente, para un rodal de 14 años localizado en 25 de Mayo el incremento medio anual (IMA) fue de 27 m³/ha/año (Ferrere et al., 2007). Resulta interesante analizar los datos informados por Ottone (1990). En Ramallo, partido incluido en esta evaluación, plantaciones de 8 y 9 años, con distanciamientos de 3 m x 2 m se relevaron crecimientos en suelos agrícolas, de 28 y 37 m³/ha/año, respectivamente. En este mismo trabajo, aunque sin referenciar el sitio, indica que plantaciones de *E. viminalis* de 12 años mostraron crecimientos de 15 m³/ha/año en suelos con limitantes sin especificar y 30 m³/ha/año en suelos sin limitantes, correspondiéndose con clases de suelo marginalmente aptas y muy aptas, respectivamente.

E. dunnii es una de las mejores alternativas para el N de la Región Pampeana con buenos crecimientos, forma y comprobada tolerancia a heladas; además de

contar con disponibilidad de germoplasma mejorado que asegura el progreso genético (Harrant & Marcó, 2012). Los crecimientos esperables por clases de aptitud para esta especie varían de 25-30 m³/ha/año en suelos muy aptos como los Argiudoles típicos, donde el suelo es bien drenado, no alcalino y la profundidad efectiva es mayor a 100 cm. Dellarupe et al.; (2011) presentan resultados sobre los crecimientos obtenidos en el huerto semillero de progenies, sobre un Argiudol típico de Zárate. Estos autores observaron que las familias provenientes de Ramallo y el origen australiano fueron superiores a las selecciones de Oliveros. Para el norte de la cuenca del Salado, Achinelli et al., (2017) informan un crecimiento de 31,4 tn/ha/año. Estos autores citan a Mac Donagh et al. (1991), quienes reportan un IMA de 28,1 m³/ha/año. Sin duda, los crecimientos en suelos de buena calidad son promisorios, sobre todo si se tiene en cuenta que en la mayor parte de los antecedentes reportados no se trata de materiales mejorados. Si bien no se disponen de otros antecedentes se propone como suelos moderadamente aptos a aquellos moderadamente profundos, algo excesivamente drenados o imperfectamente drenados, y débilmente alcalinos; donde el IMA se reduce a 20-25 m³/ha/año. La clase marginalmente apta (15-20 m³/ha/año), incluye suelos poco profundos a someros, donde el drenaje presenta una mayor limitante que la clase anterior y la alcalinidad es leve a moderada.

Dentro del grupo de las Salicáceas y haciendo referencia a la zona continental, las plantaciones del género *Populus* (álamos) predominan en la Pampa Arenosa; y sólo se cultivan sauces (*Salix* spp.) en bajos dulces inundables de importancia marginal (Achinelli, 2014). En estos ambientes se consolida el predominio de clones de *Populus deltoides*, seguidos de clones de *P. x canadensis* (= *P. x euramericana*). Se mantienen en cultivo algunos materiales de probada adaptabilidad, como *P. deltoides* 'Stoneville 67', *P. deltoides* 'Australiano 129/60' y *P. deltoides* 'Delta Gold' (= Stoneville 66). Los suelos Argiudoles y Hapludoles profundos, francos a franco arenosos, fértiles y sin problemas de drenaje se indican como muy favorables para el cultivo de álamos (Achinelli, 2006), y los rendimientos para turnos de 11-12 años serían de 17-25 tn/ha/año (Achinelli, 2014), o su equivalente de 21-31 m³/ha/año. En ambientes de la pampa ondulada, área que corresponde a esta evaluación, predominan clones de *P. deltoides* como 'Stoneville 67' y 'Australiano 129/60'. Según Achinelli (2014) en esta región los suelos con potencial productivo se circunscriben a las planicies de inundación de los Ríos Arrecifes y Areco, con posibilidades de extenderse a otros cursos de agua de la región como los Arroyos Ramallo y Chacón. Los álamos resultan aptos para los sitios "altos" donde podrían obtenerse un IMA de 20-25 tn/ha/año (25-31 m³/ha/año) y deben evitarse los sitios bajos con sodicidad en superficie. Estos crecimientos podrían encuadrarse dentro de las clases muy aptas. Existen otros antecedentes que corresponden a otras regiones. Baridon et al., (2005) trabajando con *Populus deltoides* cv *Harvard* (I-63/51) en el Partido de Alberti (Buenos Aires) sobre un Argiudol típico y un Hapludol típico registró crecimientos de 18,8 m³/ha/año a los 13 años.

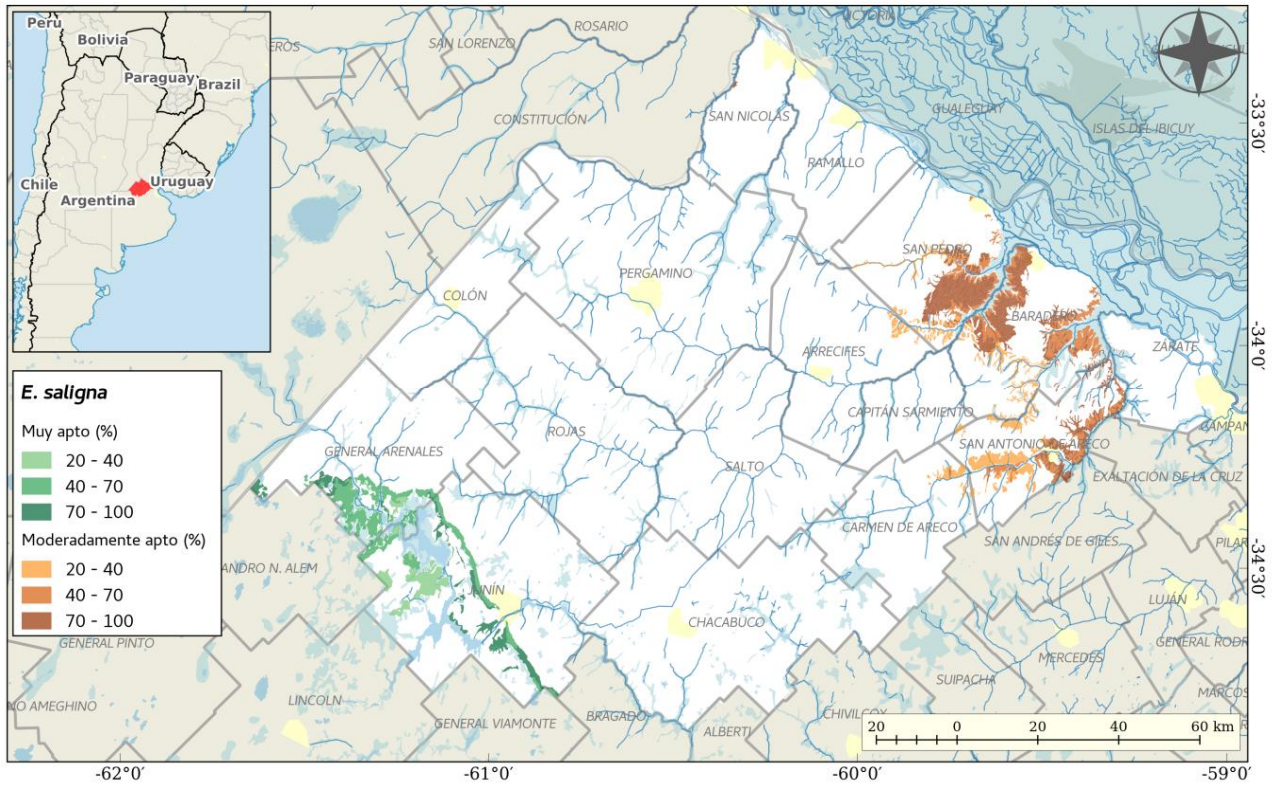


Figura 4. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Eucalyptus saligna*.

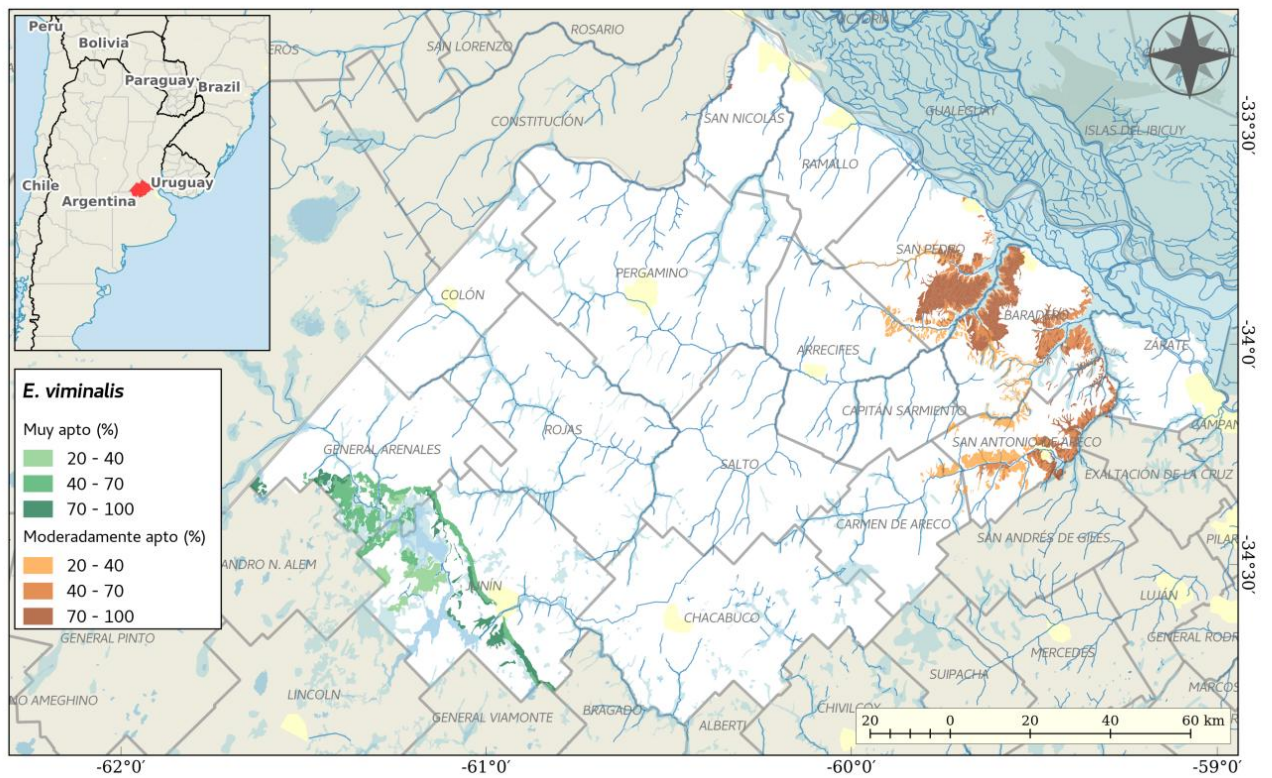


Figura 5. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Eucalyptus viminalis*.

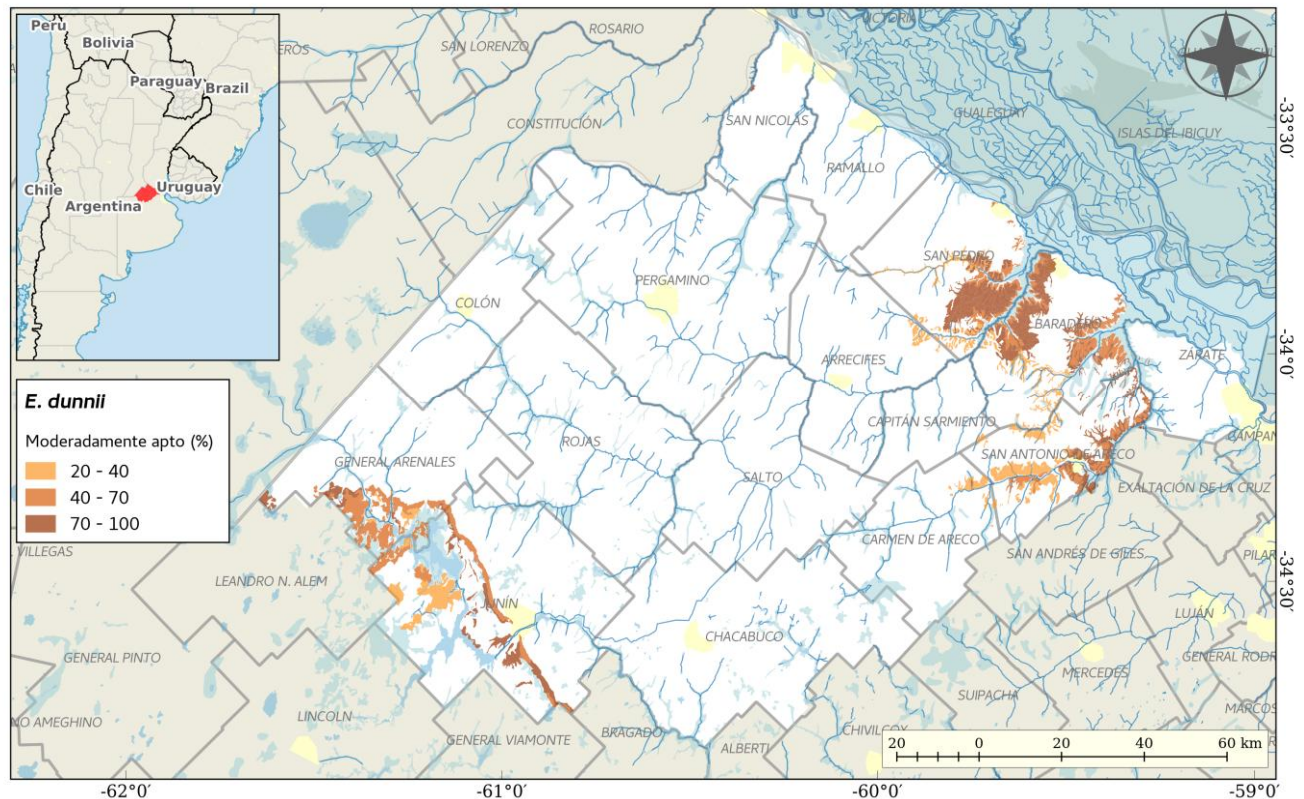


Figura 6. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Eucalyptus dunnii*.

Finalmente, Borzone et al., (2006) informan crecimientos elevados. A partir de parcelas establecidas sobre las series Tres Esquinas, Mar del Plata y La Barrancosa (suelos Argiudoles típicos y Argiudol ácuico), informan crecimientos de 39,2- 48,8 m³/ha/año para el clon *Populus x canadensis* 'Conti 12' a los 10 años cultivado en terrenos de margen de un arroyo serrano en el Partido de Azul (Buenos Aires). En base a los antecedentes es posible proponer las siguientes clases de aptitud. Cuando los crecimientos son del orden de 25-30 m³/ha/año se tratarían de suelos muy aptos, mientras que las clases de moderada y marginal aptitud incluirían rangos de 20-25 m³/ha/año y 15-20 m³/ha/año, respectivamente (Figura 7).

En relación con los sauces, especies hidrófilas que se caracterizan por una gran tolerancia a la falta de oxígeno en el suelo, se abre una ventana importante para su cultivo en los suelos que se clasifican en este trabajo. En las planicies de inundación de los Ríos Arrecifes y Areco, los sauces predominan en bajos, libre de salinidad y sodicidad donde son inviables estas especies (Achinelli, 2006). Allí los crecimientos informados por Achinelli, (2014) alcanzan las 13-15 tn/ha/año (aproximadamente 16-18 m³/ha/año) y los clones más difundidos son: *Salix babylonica* x *Salix alba* 'Ragonese131-25 INTA', *Salix babylonica* x *Salix alba* 'Ragonese131-27 INTA' y en forma secundaria *Salix nigra* 'Alonzo nigra 4 INTA' y *S. babylonica* var. *Sacramento* 'Soveny americano'. El sauce americano

es el clon más cultivado por su elevada tolerancia a sitios bajos, en cambio, el sauce híbrido 'Ragonese 131-25 INTA' no es muy tolerante a inundaciones, adaptándose bien a terrenos protegidos o semielevados (Monteoliva & Villegas 2006). Las evaluaciones realizadas por Monteoliva & Villegas (2006) en el continente refieren a crecimientos inferiores respecto de la condición del Delta del Paraná. Un estudio realizado por Cerrillo et al., (2014) en márgenes del Río Arrecifes con eventos de inundación reporta incrementos medios anuales de 13,2 m³/ha/año para Ragonese 131-27' y para *Salix nigra* 'Ibicuy INTA-CIEF' 20,4 m³/ha/año mientras que para Los Arroyos INTA-CIEF' 14,69 m³/ha/año. En mejores condiciones de sitio (suelos hidromórficos del Delta bajo adecuadas condiciones de sistematización) 'Ibicuy INTA-CIEF' puede alcanzar los 28 m³/ha/año (Cerrillo et al, 2018). En base a relevado de la bibliografía se podría proponer las siguientes clases de aptitud 18-20 m³/ha/año, 15-18 m³/ha/año y 10-15 m³/ha/año para las clases muy apta, moderadamente apta y marginalmente apta. Figura 8 Las áreas denominadas complejos de suelos indiferenciados presentan problemas de salinidad, alcalinidad e hidromorfismo, pero las características de la tierra y sus cualidades no se han especificado en la cartográfica disponible. Por lo tanto, la evaluación de tierras sobre estas áreas es subjetiva y en general calificada como no apta para la producción agrícola o forestal.

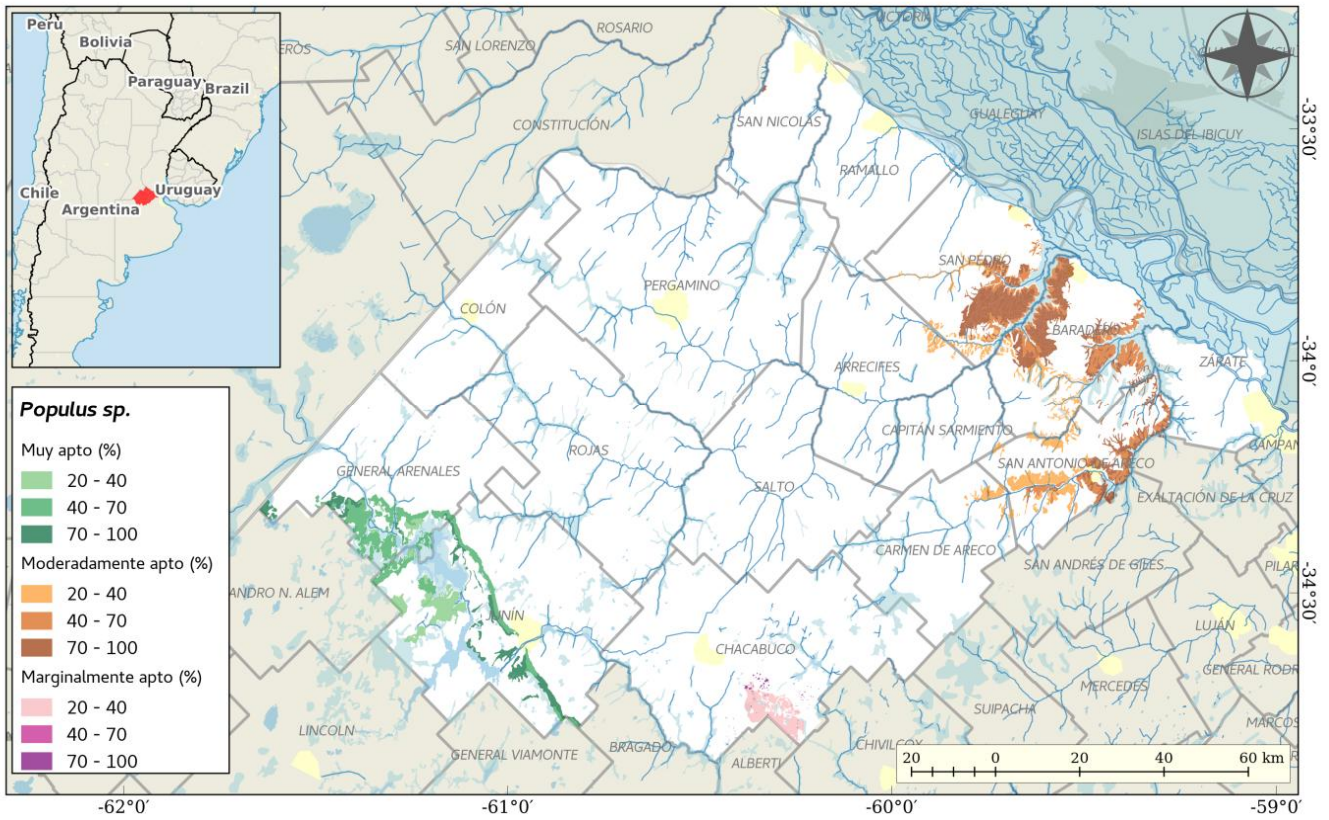


Figura 7. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Populus* spp.

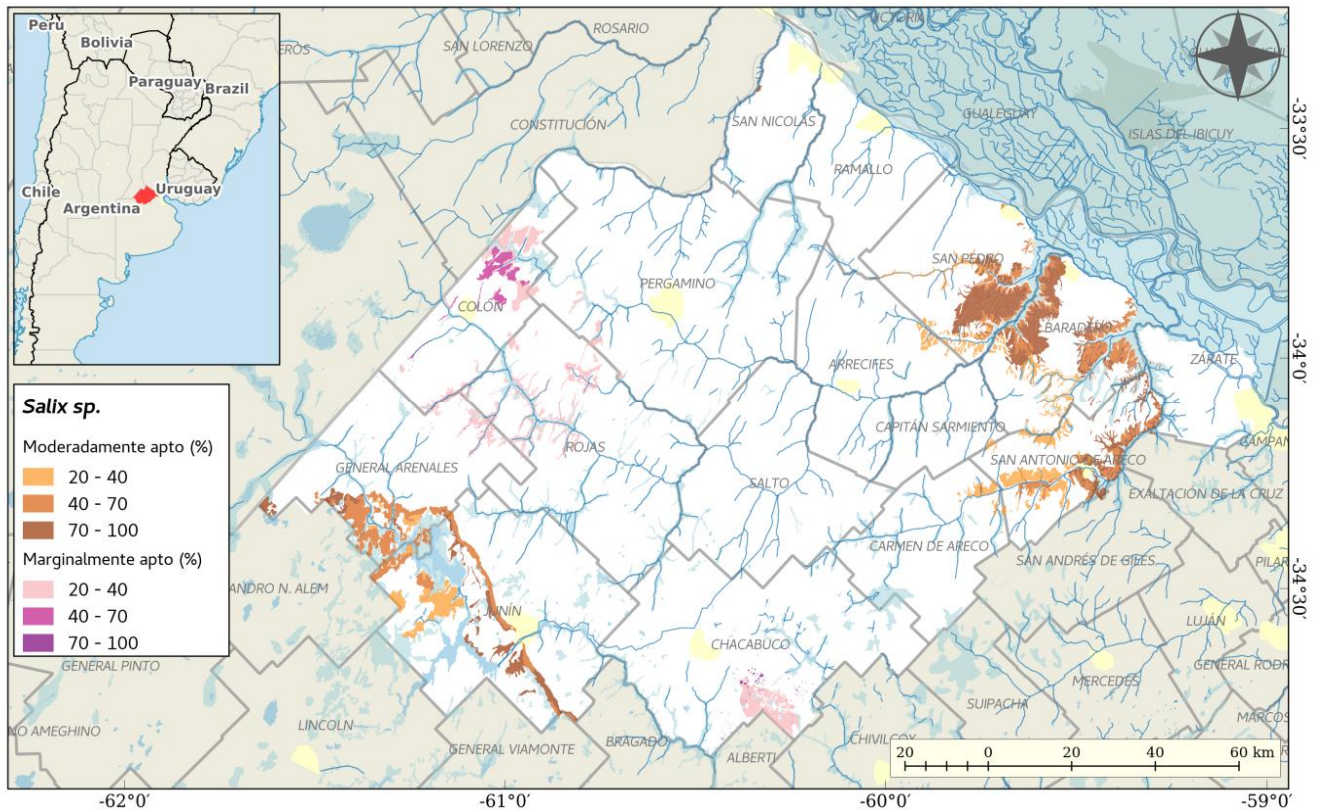


Figura 8. Aptitud de las tierras no agrícolas del norte de Buenos Aires para la implantación de bosques de *Salix* spp.

Según las estimaciones estos complejos alcanzarían una superficie potencial de 37.159 ha con limitantes de diferentes grados. En la Figura 9 se observa la distribución espacial de los complejos indiferenciados de suelos, que es coincidente con la red de drenaje del área. A modo orientativo, podría asumirse que estas áreas presentan fuertes limitantes que se corresponden con las indicadas en los suelos de sus alrededores. Asimismo, dada la escala de los mapas de suelos y la distribución espacial intrincada de los mismos, se asume que podrían encontrarse sectores en estas áreas que, si bien presentarían limitantes, éstos no serían restrictivos al crecimiento de alguna de las especies evaluadas. En cuanto al uso actual de estas tierras, usualmente presentan pastizales o bañados. La posibilidad de identificar sitios o ambientes diferentes según la posición topográfica –ambientes más altos y ambientes más bajos sin sodicidad o con niveles de sodicidad no limitantes- abre la posibilidad de trabajar con una silvicultura sitio específica y una producción diversificada en términos de productos a obtener y destinos de la producción. En este sentido, un rasgo que destaca Achinelli (2014) es que los sitios marginales cultivados con salicáceas constituyen una de las mejores alternativas para el uso productivo de la tierra, superando tanto a la agricultura como a la ganadería.

De la evaluación se desprende que el norte de la provincia de Buenos Aires, además de tierras disponibles que no compiten con la agricultura, cuenta con otras ventajas en comparación a otras cuencas forestales de la provincia. En cuanto al destino de la producción, en el corredor vial –Buenos Aires-Rosario

se localizan importantes industrias forestales destinadas a la molienda, que pueden absorber la materia prima producida en esta región. Puede mencionarse la Planta Industrial de Papel Prensa S.A. (San Pedro), Arauco Faplac S.A. (Zarate), Fiplasto S.A. (Ramallo), Celulosa Argentina S.A. (Capitán Bermudez). También se localizan en el área de trabajo numerosos aserraderos. A su vez, todas estas industrias están localizadas cerca de grandes centros de comercialización y consumo, como así también los puertos como vía de salida de los productos industrializados.

Un aspecto que se debe remarcar es que la evaluación de aptitud se realizó en base a atributos edáficos naturales de las tierras, y por lo tanto no se considera la degradación que pudieran haber sufrido como consecuencia de usos o manejos inapropiados, o las mejoras que podrán generarse con el uso de tecnologías o prácticas de manejo que moderen las limitaciones (fertilización, drenaje, preparación de suelo). La disponibilidad de nuevos materiales genéticos, como los clones de Salicáceas y clones e híbridos interespecíficos en el caso de *Eucalyptus* spp, desarrollados por el Programa de Mejoramiento genético del INTA y con mayor adaptabilidad a las limitantes de estos suelos (Marcó & Harrant, 2005) constituye un gran desafío para la ampliación de la actividad forestal en la región. Del análisis realizado surge que existe un importante vacío de información sobre la adaptabilidad y crecimiento de las especies o genotipos a las condiciones de suelo de nuestro estudio.

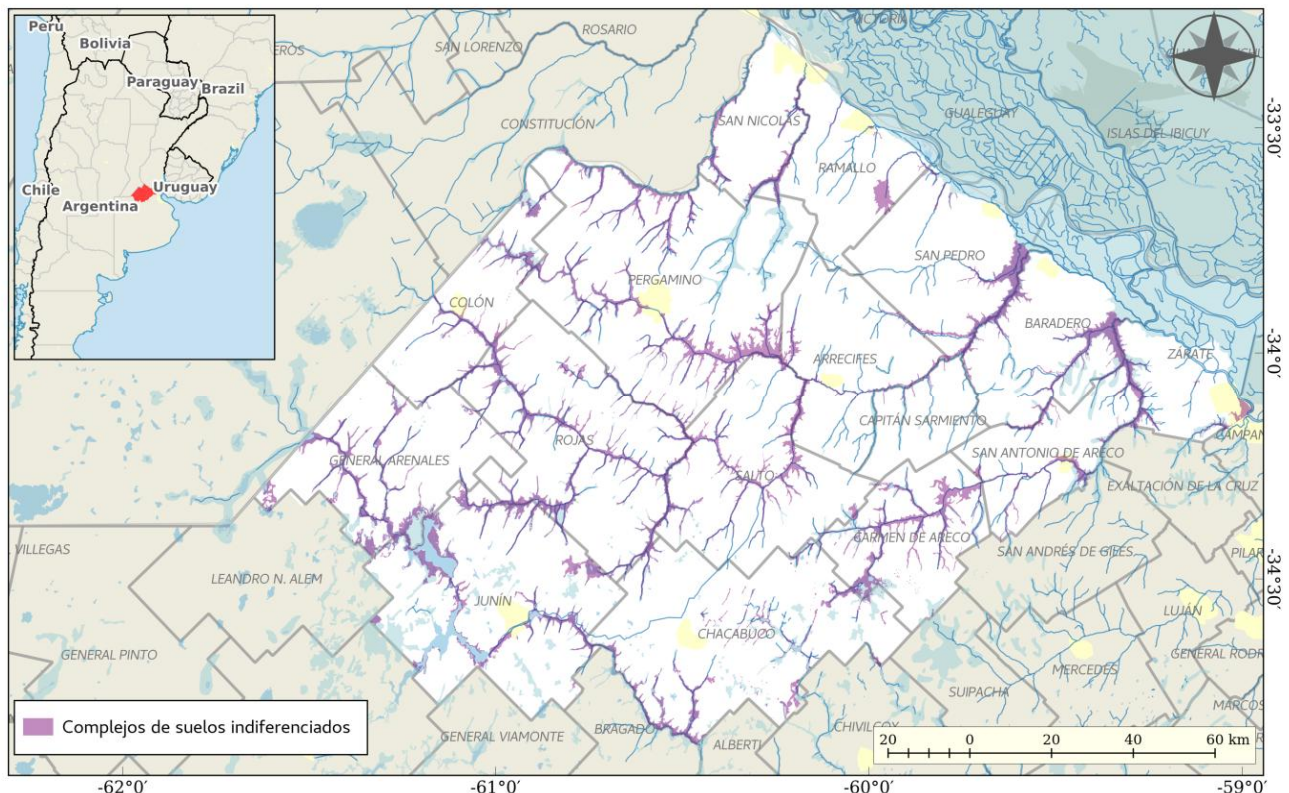


Figura 9. Distribución de los complejos indiferenciados de suelos.

Por otro lado, se debe tener presente que la unidad de evaluación fue la unidad cartográfica del mapa de suelos a escala 1:50.000 y en consecuencia los resultados no son aplicables a escala de predio. Al momento de evaluar la potencialidad de un sitio se recomienda realizar un estudio detallado.

La exclusión de las áreas agrícolas impone un marco restrictivo amplio a la potencialidad forestal de la región ya que las tierras aptas para agricultura presentan atributos que definen su clase de aptitud muy apta también para cultivos forestales, inclusive de otras especies más allá de las aquí analizadas. Las tierras aptas y de moderada aptitud serían las apropiadas para desarrollar una cuenca forestal para el N de Buenos Aires ya que: 1) no presentan limitaciones al crecimiento del cultivo o no son severas como las presentes en suelos marginales. 2) Los rendimientos, en suelos moderadamente aptos, si bien se ven reducidos en relación a los suelos muy aptos, no llegan a situaciones de muy baja productividad. 3) Estas tierras se encuentran próximas a los centros de consumo y a puertos.

CONCLUSIONES

Este trabajo permite disponer de información cuantitativa de la superficie y distribución de tierras aptas para la implantación de bosques de cultivo con especies de interés comercial. Puede ser de utilidad para el diseño e implementación de políticas públicas de orden regional de uso forestal incluyendo la producción de madera para diferentes destinos, la generación de servicios ambientales y para el mejoramiento del hábitat en poblaciones urbanas y rurales del partido. El NE de la provincia de Buenos Aires dispone de una importante superficie de tierras potencialmente aptas para la implantación de bosques en sectores que no compiten con la actividad agrícola. La superficie de tierras aptas varía desde 12.200 a 12.400 ha según la especie, siendo las de mayor aptitud para *E. camaldulensis* y *E. tereticornis*. Estas se localizan exclusivamente en los partidos de Junín y General Arenales. La superficie con tierras moderadamente aptas varía desde 28.400 ha hasta 43.000 ha, siendo las mayores para *E. camaldulensis*, *Salix* spp. y *E. dunnii*. La superficie de tierras marginalmente aptas varía desde 1.200 ha hasta 47.500 ha, siendo la mayor superficie para *E. tereticornis*.

Agradecimientos

A la empresa Fiplasto S. A.

BIBLIOGRAFÍA

Achinelli, F.G. 2006. Silvicultura de álamos y sauces en la pampa húmeda. Disertación en Jornadas Nacionales de Salicáceas. 21-35.
Achinelli, F.G. 2014. Salicáceas en la pampa arenosa y la pampa ondulada: situación actual y perspectivas. Disertación realizada en las Jornadas Nacionales de Salicáceas 2014, 18 al 21 de Marzo de 2014, Facultad

de Cs. Agrarias y Forestales UNLP, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Achinelli, F.G., G. Denegri, & R.M. Marlats, 2004. Evolución y perspectivas del cultivo de salicáceas en la pampa húmeda argentina. *SAGPyA Forestal*, 32:14- 2

Achinelli, F., S. Galarco, F. Perez, F. Ciocchini, A. Gonzalez & F. Donna. 2017. Crecimiento de *Eucalyptus dunnii* MAIDEN en el noreste de la Pampa Deprimida de Buenos Aires. XXXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, octubre de 2017. 5p.

Alconada Magliano, M.M., A. Bussoni, R. Rosa & J.J. Carrillo Rivera. 2009. El bio-drenaje para el control del exceso hídrico en Pampa Arenosa, Buenos Aires, Argentina. *Investigaciones geográficas*, (68), 50-72. Ultimo ingreso 02 de marzo de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112009000100005&lng=es&tlng=es.

Alonso, J. 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 45(2), 107-115

Baridón J.E., J.W. Lanfranco, R. Marlats & M. Vázquez 2001. Evaluación de la calidad de sitio forestal para *E. camaldulensis* mediante índices edáficos en Argiudoles y Argiacuoles. *Agricultura Técnica*, 61(2), 192-201. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072001000200009>

Baridón, E., R. Marlats, J. Lanfranco & A. Pellegrini 2005. Productividad de *Populus deltoides* en Argiudoles y Hapludoles de la pampa húmeda. Relación con índices indirectos de sitio. *Quebracho*, 12, 43-53.

Baridón, E., M. Flores Palenzona, R. Marlats, G. Sinisterra & G. Millan. 2008. *Populus* spp., respuestas clonales de crecimiento en suelos Argiudoles y Hapludoles, de la Provincia de Buenos Aires, Argentina *Cien. Inv. Agr.* 35(3): 287-292.

Besteiro, S. 2014. Evaluación de la influencia hidrológica de forestaciones en la llanura pampeana. Tesis de doctorado. Facultad de ciencias agrarias y forestales. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina. 264p.

Cámara Argentina de Comercio. 2016. Informe económico: Provincia de Buenos Aires. Febrero 2016. 18 p. Disponible en: http://www.cac.com.ar/data/documentos/50_Estructura%20Econ%C3%B3mica%20Provincia%20de%20Buenos%20Aires%20-%20Marzo%202016.pdf. Ultimo acceso: diciembre de 2017.

Borzone, L.P., H.A. Bardi & J.E. Laddaga. 2006. Crecimiento a los 10 años de *Populus x canadensis* 'Conti 12' cultivado en terrenos de margen de un arroyo serrano en el Partido de Azul, Provincia de Buenos Aires *Actas Jornadas salicáceas* 2006. 244- 249.

Cerrillo, T., F. Russo, D. Morales & F. Achinelli. 2014. Evaluación preliminar de sauces (*Salix* spp.) experimentales en sitios bajos próximos al Río Arrecifes, Baradero, Provincia de Buenos Aires

Cerrillo, T., J. Grande, V. Lúquez, S. Monteoliva, P. Fernández, E. Thomas, I. Fosco, R. Villaverde, A. García & S. Loval. 2018. "Three decades of breeding research on willow trees in Argentina". Seventh International Poplar Symposium-Buenos Aires, Argentina 2018

Cozzo, D. 1975. Enciclopedia Argentina de Agricultura y jardinería. 2da ed. Tomo II Fascículo 16-1. Árboles forestales, maderas y silvicultura de la Argentina.

Editorial ACME. Bs As. 155 p.

Cozzo, D. 1995. Silvicultura de Plantaciones Maderables; orientación Gráfica Editora S. R. L., Buenos Aires, 905 p. 2 tomos.

Cromer, R.N. 1995. Environmental limitations to growth of plantations eucalypts. En: Environmental management: the role of eucalypts and other fast growing species. CSIRO Proceedings of de Joint Australian/Japanese Workshop held in Australia. Ed.: Eldridge K.G., Crowe M.P., Old. K.M. ISBN 0643059938. 27-36.

CSIRO Taxon Attribute Profile. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Último ingreso 15 de enero de 2018. <http://www.cpbr.gov.au/cpbr/WfHC/Eucalyptus-camaldulensis/index.html>.

Cullot, J. & G. Dillon 1998. Mapa de aptitud de suelos para *E. globulus*. Universidad Nacional de Mar del Plata-SOPORCEL

Dellarupe J., G. Bunse & C. Gioia. 2011. Parcela demostrativa de álamo en tierra firme en Zarate. En: Informe Jornada Técnica del CIEF en establecimientos de Alto Paraná-Área. Forestal Delta, Bs. As., 29 de abril de 2011. 3-7 p.

Dietz, A.C. & J.L. Schnoor. 2001. Advances in Phytoremediation. Environmental Health Perspectives. 109 (1): 163-168.

Dhillon. K.S., S.K. Dhillon, H.S.Thind. 2008. Evaluation of different agroforestry tree species for their suitability in the phytoremediation of seleniferous soils. Soil Use and Management, June 2008, 24, 208-216 doi: 10.1111/j.1475-2743.2008.00143.x

FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO: Montes. 723 p.

FAO. 2003. Evaluación de tierras con metodologías de FAO. Documento de trabajo. Proyecto regional "ordenamiento territorial rural sostenible" (Proyecto GCP/RLA/139/JPN). 26 p. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/ol/document/139jpn/document/2ordenam/talleres/tevt/tfao/evt/doctall/apunteev.pdf. Último acceso: Diciembre de 2017.

FAO, 2008. Bosques y energía. Estudio FAO Montes 154 ISBN 978-92-5-305985-0. Último ingreso 2 de marzo de 2018. <http://www.fao.org/3/a-i0139s.pdf>

Ferrere, P., T. Boca, & A.M. Lupi. 2007. Funciones de índice de sitio para *Eucalyptus viminalis* en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. XII Reunión Científica del GAB. I Encuentro Argentino - Chileno de Biometría San Martín de los Andes, Patagonia Argentina. Octubre 2007, 10 p.

Ferrere, P., A.M. Lupi, T. Boca, V. Nakama & A. Alfieri. 2008. Biomasa en plantaciones de *Eucalyptus viminalis* Labill. de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Ciência Florestal, Santa Maria, 18(3): 291-305 jul.-set., 2008 ISSN 0103-9954

Ferrere, P., A. Signorelli & C. Mateo. 2017. Crecimiento de especies forestales en el Norte de la provincia de Buenos Aires. RTA 10(34):55-59. Agosto de 2017.

Golfari, L. 1985. Distribución regional y condiciones ecológicas de los eucaliptos cultivados en la Argentina. CIEF, Publicación Técnica N° 1.1-19.

Hall, A.J., C.M. Rebella, C.M. Ghersa & J.P. Culot. 1992. Field-crop systems of the Pampas. En: Field Crop Systems. Ecosystems of the World. C. J. Pearson Ed.

vol. 18, pp. 413 - 450. Elsevier, Amsterdam.

Harrand, L. & M. Marcó. 2012. Investigación hacia el desarrollo del material genético tolerante al frío. XXVII Jornadas Forestales Entre Ríos. Concordia, Octubre de 2012. 1-8.

Imbellone, P., J.E. Gimenez & J.L. Panigatti. 2010. Suelos de la Región Pampeana: procesos de formación. Instituto de Suelos INTA; Instituto de Geomorfología y suelos UNLP.

INTA, 1972. Carta de suelos de la Republica Argentina, provincia de Buenos Aires. Disponible en <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/>. Último ingreso diciembre 2018.

Jobbágy E.G. & R.B. Jackson. 2003. Patterns and mechanisms of soil acidification in the conversion of grasslands to forests. Biogeochemistry 54: 205-229.

Jobbágy, E. & R. Jackson. 2004. The uplift of soil nutrients by plants: biogeochemical consequences across scales. Ecology 85: 2380-2389.

Jobbágy, E.G., M.D. Noretto, C.S. Santoni & G. Baldi. 2008. El desafío ec hidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecología austral*, 18(3): 305-322. Último ingreso 28 de febrero de 2018. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300005&lng=es&tng=es.

Klingebiel, A.A. & P.H. Montgomery. 1961. Land capability classification. Agricultural Handbook 210, Soil Conservation Service, U.S.D.A., Washington D.C. Pp 1-21.

Lavado R. & M. Taboada. 2009. Alteraciones de la fertilidad de los suelos. El halomorfismo, la acidez y las inundaciones. Editorial Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires. ISBN 978-950-29-1162-5. 160 p.

Lupi, A.M., M.A. Cuenca & T. Piroló. 2011. Efecto de la intensidad de uso forestal sobre la calidad química del suelo. VI Congreso Iberoamericano de Física y Química ambiental. 25 al 29 de abril. México. ISBN: 978 607 7533 95 5. 7 p

Lupi, A.M., M. Angelini & P. Ferrere. 2013. Tierras elegibles para cultivos forestales según el protocolo de Kyoto en dos partidos de la provincia de Buenos Aires, Argentina. RIA. Rev. Investigación Agropecuaria, (39):2, p. 138-148

Marcó, M.A. & L. Harrand. 2005. Valor potencial de los Eucaliptos colorados en combinaciones híbridas - I Jornada sobre potencialidad foresto industrial del Eucalipto en Santiago del Estero - Actas en CD.

Madejón P., T. Marañón, C.M. Navarro-Fernández, M.T. Domínguez & J.M. Alegre. 2017. Potential of *Eucalyptus camaldulensis* for phytostabilization and biomonitoring of trace-element contaminated soils. PLOS ONE 12(6): e0180240. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180240>

Mangieri, H. & M. Dimitri. 1958. Los eucaliptos en la silvicultura. Editorial ACME Bs As. 226 p.

Marcar N. 1995. Eucalyptus for salt-affected and acid soil. En: Environmental management: the role of eucalypts and other fast growing species. CSIRO Proceedings of de Joint Australian/Japanese Workshop held in Australia. Ed.: Eldridge K.G., Crowe M.P., Old. K.M. ISBN 064305993890-99.

Marco, M. & L. Harrand. 2005 Valor potencial de los Eucaliptos colorados en combinaciones híbridas. I

Jornada sobre potencialidad foresto-industrial del Eucalipto en Santiago del Estero. Santiago del Estero, 16 y 17 de junio de 2005.

Mc. Donagh, P., J. Marquina & R. Marlats. 1991. *Eucalyptus dunni* Maiden: Plasticidad ante variaciones de índices edáficos para la Depresión del Salado. Actas Jornadas sobre Eucaliptos de alta productividad - Tomo 2. Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales (CIEF). pp. 261-268.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP). 2012. Bases para el ordenamiento del territorio rural Argentino. 22 p. Último ingreso el 2 de marzo de 2018. https://ced.agro.uba.ar/ubatic/sites/default/files/files/libro_ordenamiento_territorial_baja.pdf

Monteoliva, S. & M.S. Villegas. 2006. Relación entre sitio y crecimiento en dos clones de sauces. Actas Jornadas de Salicáceas Trabajo Técnico, 295-302.

Moschini, R., H Conti, M. Alonso, J. Rodríguez Traverso, V. Nakama & A. Alfieri. 2000. Delimitación de áreas de aptitud climática para el cultivo de *Eucalyptus* en la región pampeana. SAGPyA Forestal 15:2-11. Junio 2000.

Murgueitio, E.R., J.O. Chará, R. Barahona, C. Cuartas & J.R. Naranjo. 2014. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. Review Tropical and Subtropical Agroecosystems, 17: 501 – 507.

Ottone, J. 1990. Recopilación de antecedentes dasométricos de diversos eucaliptos sp cultivados en la zona de la provincia de Buenos Aires y su relación con las características del suelo. Jornadas sobre *Eucalyptus* en región pampeana. 23-24 de julio de 1990. Actas del CIEF. 196-200.

Penon, E., E. Craig, J. Barañao, E. Cucciofo & P. De Falco. 2008. Factores del suelo que afectan el crecimiento de *E.globulus* y *E. camaldulensis* en la provincia de Buenos Aires. XXIII Jornadas Forestales. Concordia. 4 p.

Pereyra, F.X. 2016. Relaciones geomorfología-suelos en Argentina. En: Pereyra, F.X. y Torres Duggan, M.

(ed.), Suelos y Geología Argentina. Una visión integradora desde diferentes campos disciplinarios. UNDAV ediciones, 277-287. Buenos Aires.

Raute, G. & G. Bunse. 2011. Ensayo de progenies de *E. tereticornis* en Zárate. En: Informe Jornada Técnica del CIEF en establecimientos de Alto Paraná-Área Forestal Delta, Bs As, el 29 de abril de 2011. 14-16 p

Rossiter, D.G. & A.R. Van Wambeke. 1995. Automated Land Evaluation System: ALES Version 4.5 User's Manual, December 1994 printing ed. SCAS Teaching Series No. T93-2, Revision 5 Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences, Ithaca, NY. 222 pp.

Rossiter, D.G. & A.R. Van Wambeke. 1997. ALES version 4.65. Cornell University. Ithaca, N.Y.

S.A.G.y P.- INTA-Proyecto PNUD ARG/85/019. 1989. Mapa de Suelos de la Prov. Bs As.

Satorre, E.H. & G.A. Slafer. 1999. Wheat production systems of the Pampas. En: Wheat - Ecology and Physiology of Yield Determination. Satorre, E. H. & Slafer, G. A. Eds. pp. 333 -348. Food Products Press, NY, USA.

Sfeir, A.J. 2015. Erosión hídrica y degradación de suelos. Parte 7. Em tomo II. El deterioro del suelo y el ambiente en Argentina. Eds: Casas, R.; Albarracin, G. 1ª Ed. CABA: Fundación ciencia, educación y cultura (FECIC). V. 2, 456 p.

Thorntwaite, C.W. & J.R. Mather. 1957 Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance Publ. in Climatology, vol.10, no.3, C.W. Thorntwaite & Associates, Centerton, New Jersey

Zárate, M.A. 2003. Loess of southern South America. Quaternary Science Reviews 22: 1987-2006.

Zuluaga A.F., C. Giraldo C. & J. Chará. 2011. Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Manual 4, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 36 p. ISBN 978-958-8498-34-8

<http://www.cipav.org.co/pdf/4.Servicios.Ambientales.pdf>

Tabaco e Equipamento de Proteção Individual na Colheita. A Compreensão dos Agricultores Familiares no Sul do Brasil

Corrêa, Ana Luiza Bacelo^{1,3}; Mario Duarte Canever²; Décio Souza Cotrim²

¹Desenvolvimento Territorial e Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Pelotas. Campus Capão do Leão S/N; ²Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Campus Capão do Leão S/N; ³analuzabacelo@gmail.com

Corrêa, Ana Luiza Bacelo; Mario Duarte Canever; Décio Souza Cotrim (2019) Tabaco e Equipamento de Proteção Individual na Colheita. A Compreensão dos Agricultores Familiares no Sul do Brasil. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 199-210. <https://doi.org/10.24215/16699513e019>

O presente artigo objetiva analisar a compreensão dos agricultores que produzem tabaco no sul do Brasil acerca da utilização do equipamento de proteção individual (EPI) na colheita do tabaco. Associado ao manuseio do fumo verde há um risco da intoxicação por nicotina, conhecida como doença da folha verde do tabaco – DFVT, a qual poderia ser evitada com a utilização de EPI. Pouco se conhece das práticas, das adaptações e do entendimento que os agricultores fazem do EPI de colheita. Via a utilização da perspectiva orientada aos atores (POA) e com o suporte de múltiplos estudos de casos verificou-se a hipótese de que os agricultores embora reconheçam a necessidade do uso do EPI, usam práticas/estratégias diferenciais baseadas em suas vivências para lidar com a possibilidade de intoxicação pela nicotina. Os resultados confirmam que os produtores conhecem o EPI, a DFVT e as relações entre as duas. Contudo, possuem esparsas informações sobre a limpeza do EPI e pouco se protegem no manuseio das folhas nas estufas, especialmente pela ocorrência de uma nova forma de intoxicação, nominada por eles como “bafo do fumo quente”. Finalmente, o artigo reflete as adaptações e inovações fundamentadas nas experiências dos agricultores (capacidade de agência) que ao mesmo tempo não seguem as recomendações oficiais, trazem indagações sobre o desenvolvimento de novos produtos e processos para qualificar a vida destes agricultores.

Palavras-chave: tabaco, doença da folha verde do tabaco, equipamento de proteção individual, agricultura familiar

Corrêa, Ana Luiza Bacelo; Mario Duarte Canever; Décio Souza Cotrim (2019) Tobacco and personal protective equipment in the harvest. The understanding of the family farming in the South of Brazil. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 199-210. <https://doi.org/10.24215/16699513e019>

This article aims to analyze the understanding of tobacco farmers in southern Brazil about the use of personal protective equipment (PPE) in tobacco harvesting. Associated with the handling of green leaf tobacco is a risk of nicotine poisoning, known as Green Tobacco Sickness (GTS), which could be avoided with the use of PPE. Little is known of the practices, adaptations and understanding that farmers make of harvesting PPE. Through the use of the actor-oriented perspective (POA) and supported by multiple case studies, the hypothesis is that farmers, although they know and recognize the need to use PPE to avoid GTS, however, they form their practical strategies differentials based on their experiences. The results confirm that the producers know the PPE, the GTS and the relations between the two. However, they have scattered information about the cleanliness of PPE, and the possibility of intoxication at handling leaves in the drying oven, especially by the occurrence of a new form of intoxication, which they call "bafo do fumo quente." Finally, the article reflects the adaptations and innovations based on the experiences of the farmers (agency capacity) that at the same time don't follow the 'official' recommendations and bring inquiries about the development of new products and processes to qualify the lives of these farmers.

Keyword: tobacco, green tobacco sickness, individual protection equipment, family farming

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 25/06/2018

Aceptado: 25/04/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina



INTRODUÇÃO

O tabaco em folhas destaca-se como o quinto artigo agrícola mais exportado pelo Brasil. O país é o segundo maior produtor mundial, ficando atrás da China, sendo o líder nas exportações desde 1993. Cerca de 96% do cultivo está concentrado nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Os 4% restantes são produzidos nos estados da Bahia e Alagoas, na região Nordeste (Sinditabaco, 2017).

O Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco estima que a produção de fumo seja a principal fonte de renda de aproximadamente 186 mil famílias, principalmente para as pequenas propriedades com utilização de mão de obra familiar. A área média das propriedades produtoras no sul do Brasil, região que responde por mais de 90% da produção nacional, é de 15, 7 hectares, sendo que, em média, apenas 2,5 ha da área total é utilizada para a produção de fumo (Afubra, 2017).

Uma peculiaridade desta cadeia, que a diferencia de outras produções é a sua lógica de integração. Neste plantio, existe uma relação estabelecida entre o agricultor e a indústria manufatureira, firmada via contrato formal, configurando, conforme (Rudnick, 2008) o que é conhecido como Sistema Integrado de Produção de Tabaco (SIPT). O SIPT confere uma relação de dependência mútua entre o agricultor e a agroindústria, já que, geralmente, ambos os atores têm direitos detalhados em cláusulas formalizadas. Nesse sistema de integração, como mostra Kaiser (2006), as grandes indústrias fumageiras fornecem insumos e orientação técnica, além de comprarem toda a produção. As famílias produtoras participam com a terra e com a mão-de-obra para garantir a boa produtividade e qualidade final do produto.

O cultivo do fumo pode ser considerado artesanal, pois em sua fase agrícola é altamente dependente de trabalhos manuais. Conforme Vogt (1997), o trabalho na produção é caracterizado pelo excessivo esforço físico, exposição às peripécias climáticas, manejo de agrotóxicos e multiplicidade de tarefas. Essa multiplicidade de tarefas expõe o agricultor a riscos provindos da sua ocupação, podendo gerar acidentes de trabalhos ou problemas de saúde. O corpo do trabalhador acaba sofrendo carga de trabalho e impactos severos à sua saúde devido às diversas interações e a dinâmica entre o objeto de trabalho e a atividade realizada (Lima et al., 1999).

Uma das etapas mais complexas, e que apresenta riscos à saúde do agricultor, é a da colheita. Esta etapa acontece em fins da primavera, início do verão, exatamente quando o calor se intensifica na região. Além disso, a colheita exige o trabalho agachado com posição ergonômica ruim e, requer o contato com as folhas, o qual expõe o trabalhador à Doença da Folha Verde do Tabaco (DFVT). A DFVT é uma intoxicação advinda da absorção de nicotina através da pele, mediante o contato com as folhas verdes e úmidas do tabaco. Os sintomas mais frequentes da DFVT são as náuseas, vômitos, fraqueza, cefaleia e tontura, podendo, ainda, incluir cólicas abdominais e variações da pressão arterial e do batimento cardíaco (Schmitt et al., 2007; Riquinho e Hennington, 2014).

A DFVT foi diagnosticada em trabalhadores em diversas regiões nos Estados Unidos, Japão, Itália, Índia e mais recentemente no Brasil (Arcury et al., 2001; Oliveira et al., 2010; Bartholomay et al., 2012; Riquinho e Hennington, 2014). As atividades associadas à doença são a poda, a colheita, a amarração das folhas na lavoura e nos galpões, o carregamento de estufas, a secagem (ARCURY et al., 2001).

Arcury et al. (2001), em pesquisa realizada na Carolina do Norte-EUA, apresenta alguns fatores que podem influenciar na prevalência da doença, dos quais salienta (01) a experiência no cultivo de tabaco; (02) se o trabalhador é fumante ou não; (03) se trabalha na etapa da colheita; (04) se possui cortes na pele; (05) se trabalha com roupas e luvas de chuva (roupa impermeável) e; (06) se trabalha com roupas e sapatos molhados. Estas condições podem interferir na absorção dérmica da nicotina pelo trabalhador.

No cultivo convencional de tabaco, como em qualquer outro cultivo que envolva o manejo e a aplicação de agrotóxico, se faz necessário o uso do equipamento de proteção individual (EPI) para amenizar os riscos acrescidos das substâncias químicas altamente perigosas à saúde e ao meio ambiente. No caso do tabaco o perigo também está na colheita, onde não é o manuseio do agrotóxico que se apresenta como ameaça ao agricultor, mas o contato com a nicotina. Dessa forma o EPI de colheita ou vestimenta de colheita, como também é chamado, é tido como uma opção para amenizar as consequências da DFVT. Contudo, para a colheita do tabaco não existe no Brasil uma legislação específica de normatização do EPI dedicada às atividades laborais do trabalhador (Fassa et al., 2014). Em contrapartida, as normas para a fabricação e manuseio de EPIs para a aplicação de agrotóxicos são rígidas e consolidadas (Francischini, 2009). Por exemplo, sabe-se que no caso de EPIs para aplicação de agrotóxicos, estes não devem ser usados e lavados infinitamente, e há normas esclarecedoras quanto a eficácia dos mesmos.

Almeida (2005) lista os equipamentos mais adequados para o trabalho com a folha do tabaco, citando as luvas impermeáveis, a vestimenta impermeável (calça e blusa) e as botas impermeáveis. O Sindicato interestadual da Indústria do Tabaco recomenda o uso do EPI na colheita, mas não faz nenhuma alusão a efetividade do mesmo para prevenir a DFVT, assim como não há preocupação com o conforto dos trabalhadores. De outro lado, os produtores parecem conhecer os riscos da DFVT (Fassa et al., 2014), contudo a aceitação e uso do EPI para a prevenção da DFVT é controverso. Sabe-se que muitos agricultores não o usam ou usam apenas algumas partes do EPI na colheita do tabaco (Selmi et al., 2016).

O EPI de colheita foi projetado para isolar o trabalhador do ambiente de forma a evitar a sua exposição. Porém, isso altera de forma significativa a capacidade de troca do calor corporal com o ambiente afetando os mecanismos fisiológicos de termorregulação. Essa situação de desconforto térmico é um problema do EPI (Nunes, 2010; Feola e Binder, 2010; Marques et al., 2010; Lima et al., 2013) contudo pouco se conhece sobre a compreensão dos agricultores sobre o que é EPI, se eles o usam de forma consistente ou não e,

fundamentalmente, como eles lidam com o EPI no dia-dia frente as possibilidades de serem intoxicados pela DFVT.

O foco deste artigo é no entendimento por parte dos produtores sobre o uso do EPI para a colheita do tabaco. A hipótese é que os produtores embora conheçam e reconheçam a necessidade do uso do EPI para evitar a DFVT, formam suas estratégias e práticas a partir das suas vivências. Nos valeremos da Perspectiva Orientada pelos Atores-POA (Long e Long, 1992), que assume que teoria e ação estão profundamente imbricadas se tornando uma unidade, para avaliar os modos de vida, as estratégias e as racionalidades dos atores na arena da colheita do tabaco por pequenos produtores familiares do Sul do Brasil.

Através da adoção da POA como abordagem empírica pretende-se contribuir para a qualidade e inovação destes equipamentos, ouvindo os usuários, para entender suas práticas e suas necessidades. Muitos autores tem argumentado que esta compreensão constitui a essência fundamental para a sustentação competitiva de novos avanços tanto de produtos (Narver e Slater 1990; Deshpandé e Farley, 1998), quanto do desenvolvimento rural (Long, 2001; Long e Ploeg, 2011).

REFERENCIAL TEÓRICO

Para analisar o espaço empírico utilizou-se o aporte teórico da Perspectiva Orientada pelos Atores-POA (Long, 2001), a qual entende que um ator não é simplesmente um indivíduo, mas um sujeito social que processa informações e cria estratégias em suas relações sociais. Os agricultores são atores e interagem através de suas estratégias.

Long e Ploeg (2011) valorizam a abordagem focada nos atores pois o desenvolvimento agrário acaba sendo moldado pela perspectiva dos agricultores. Os autores retratam os agricultores não como receptores passivos ou vítimas de uma mudança planejada, mas sim como atores que definem e operacionalizam seus objetivos e práticas de gerenciamento agrícola com base em diferentes critérios, interesses, experiências e perspectivas.

A união de vários atores em prol de uma estratégia leva à mudança social. Tal união é possível graças à capacidade de **agência** exercida por cada indivíduo, que consiste na disposição que cada ator tem de processar sua experiência social e delinear formas de enfrentar a vida, mesmo quando se encontra sob extrema coerção (Long, 2001).

A noção de agência foi desenvolvida na Teoria da Estruturação (Giddens, 1984), na qual foi atribuída a capacidade dos atores de resolver problemas, aprender como intervir no fluxo de eventos sociais e monitorar suas próprias ações, observando como os outros reagem ao seu comportamento. A noção de agência tem que ser interpretada na sua racionalidade e construção (Long e Ploeg, 2011). Existem várias noções de agência que são construídas de formas diferentes, não devendo ser presumida por uma interpretação universal, variando conforme a cultura, a

sociedade e dentro de diferentes segmentos de uma mesma sociedade.

O espaço social onde os atores realizam seus encontros e interfaces são conceituados como **arenas**. Nessas os atores se confrontam uns com os outros, mobilizam as relações sociais e utilizam discursos no sentido de ganhar fins específicos, ou seja, exercitam sua capacidade de agência. A partir das trocas de conhecimentos e experiências, ou seja, da **interface** que se dá nesse ambiente, são construídos os **projetos sociais** que são de âmbito geral e coletivo, como por exemplo a especialização no cultivo de tabaco, e também os **projetos individuais** formados por um conjunto heterogêneo de práticas sociais angariadas dos diversos projetos sociais e estratégia debatidas nas arenas, os quais expressam a lógica interna da família (Long, 2001).

Para a atual pesquisa entende-se que a compreensão, o uso, as modificações e adaptações dos EPIs são elementos heterogêneos consolidados dentro dos projetos individuais das famílias de agricultores e esses são construídos dentro das arenas, nas interfaces entre os diversos atores, os quais utilizam a sua capacidade de agência. Nesse sentido buscaremos compreender a lógica da construção desses projetos individuais.

METODOLOGIA

Como método de pesquisa, o presente estudo utilizou-se de uma abordagem quanti-quali, de forma complementar para abarcar a realidade observada. O modelo de articulação que integra os métodos nesta pesquisa é o predomínio de um dos polos; onde uma abordagem é preliminar à outra, com a priorização do método qualitativo.

Pesquisa quantitativa

O estudo partiu de um diagnóstico quantitativo lançado em 2013 pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário através de uma chamada pública¹ para seleção de instituições de Assistência Técnica e Extensão Rural - ATER para apoiar os agricultores familiares em municípios de produção de tabaco e desenvolver a diversificação das atividades produtivas.

No Rio Grande do Sul dentro das regiões contempladas por essa chamada pública está o território Centro-sul do Rio Grande do Sul, onde está localizado o município de Camaquã, onde foi realizado o estudo (Figura 1). O município foi escolhido para a realização das entrevistas (parte qualitativa), em virtude de ter o maior número de produtores entrevistados na parte quantitativa e ser destaque na produção de fumo na região, estando em nono lugar no ranking dos maiores produtores de tabaco do Brasil (AFUBRA, 2017).

¹ Chamada Pública é um formato de licitação pública promovida pelo governo federal com intuito de financiar atividades de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) focadas em públicos diferenciados, regiões específicas ou processos sociais.

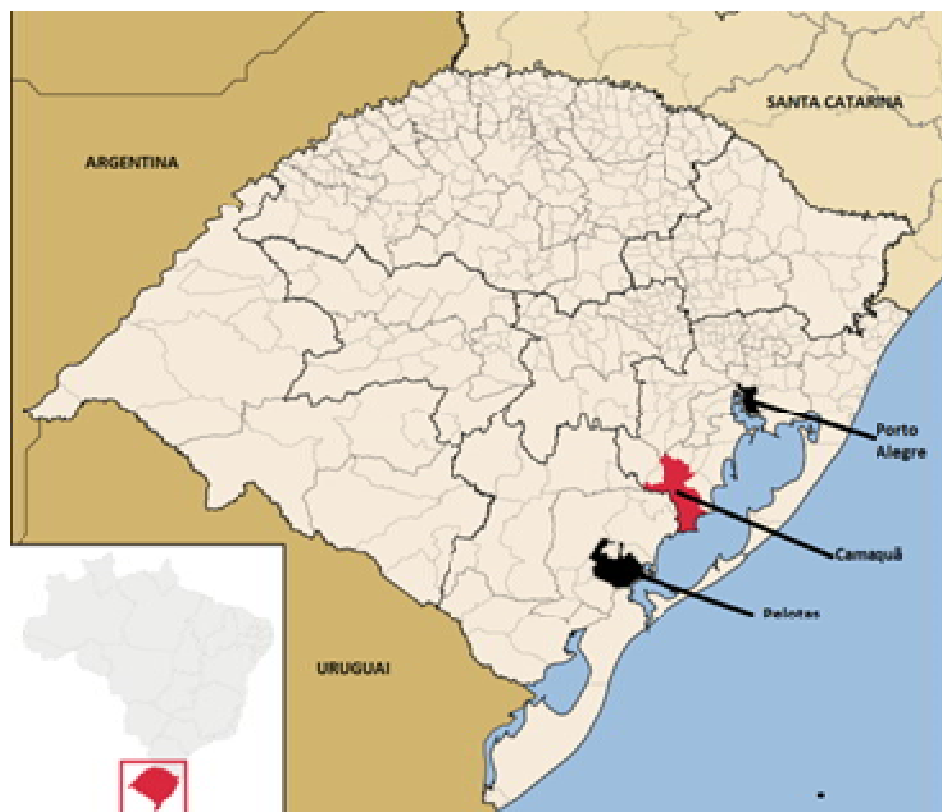


Figura 1. Localização de Camaquã, Rio Grande do Sul, Brasil (WIKIPEDIA, 2019).

Esse diagnóstico abarcava seis dimensões do funcionamento da unidade de produção familiar, sendo que um dos tópicos abordados foram aspectos genéricos da saúde do agricultor, a qual continha perguntas sobre a frequência de utilização de EPI na colheita do tabaco. Na Tabela 1 descreve-se a frequência de utilização de EPI entre as 825 famílias respondentes do diagnóstico, sendo que para a fase qualitativa deste estudo os respondentes foram escolhidos dentro das categorias “nunca” e “sempre”, conforme os dados da Tabela 1.

Tabela 1. Frequência de uso do EPI na colheita do tabaco na região Centro Sul do Rio Grande do Sul. Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

	N	%
Nunca	197	23,9
Algumas vezes	319	38,7
Com frequência	180	21,8
Com muita frequência	67	8,1
Sempre	62	7,5
TOTAL	825	100,0

Pesquisa qualitativa

O segundo passo metodológico consistiu da seleção das famílias a serem entrevistadas. Foram sorteadas dezesseis famílias, sendo oito entre os que responderam “sempre” utilizar EPI na colheita e oito cuja resposta foi “nunca” terem utilizado o EPI na colheita. No final, como uma família tinha deixado de produzir tabaco, esta foi excluída da amostra, o que resultou em sete entrevistas na categoria dos que nunca usaram EPI.

Para as entrevistas semiestruturadas foi utilizado um roteiro guia abarcando pontos como a doença da folha verde do tabaco, a utilização do EPI na colheita, a limpeza dos EPIs, o manuseio das folhas, as adaptações realizadas nos equipamentos, conforme a tabela 2.

As entrevistas foram realizadas com o membro da família que se encontrava na propriedade no momento da visita, em setembro de 2016. Por difícil comunicação com os produtores, as visitas aconteceram perto do horário do meio dia, pois aumentava a probabilidade dos mesmos encontrarem-se em casa. Em alguns casos o homem da família participou da entrevista, em outros casos a mulher e/ou os dois participaram.

As entrevistas foram gravadas depois de obtida a permissão dos entrevistados. Nas falas, quando foram mencionados nomes de pessoas, os mesmos foram substituídos pela posição familiar que aquela pessoa representava para o entrevistado.

Tabela 2. Roteiro guia utilizado para as entrevistas qualitativas.

Na propriedade, vocês plantam apenas fumo?
Já pensaram em parar de plantar fumo?
Por que pensam em sair do fumo?
De todo o ciclo produtivo, qual é a parte mais exaustiva?
Quantas vezes por semana vocês colhem?
Que horas costumam ir para a lavoura?
Introduzir para a Doença da Folha Verde do Tabaco (falar da gosma grudenta)
Existe uma roupa para colher o fumo, vocês usam?
Por que precisa usar o EPI para colher o fumo?
Alguém da sua família já se sentiu mal colhendo fumo? Mal como?
E usam o EPI apenas quando o fumo está molhado?
E quando ele não está mais molhado, qual roupa usam?
Trocaram quantas vezes a roupa em um dia de colheita?
As roupas usadas na colheita são lavadas por quem? Usam sabão normal?
E o EPI, o de plástico, vocês lavam? Como? Como secam?
Por quanto tempo vocês usam o mesmo EPI?
Vocês que compram ou a empresa fornece o EPI?
Para proteger as mãos, o que usam? Se usam luvas, qual material?
Quanto tempo usam a mesma luva?
E nos pés, o que costuma usar? De que material?
Fazem adaptações aos materiais (EPIs)? Quais?

Alguns erros de português foram corrigidos para evitar o constrangimento das pessoas envolvidas na pesquisa. Algumas expressões utilizadas pelos entrevistados de forma coloquial, como o encurtamento do verbo estar, foram mantidas e colocadas em itálico. Logo após a realização das entrevistas foi feita a transcrição das mesmas e as falas foram categorizadas conforme os conteúdos abordados. A análise dos dados, através das categorias analíticas, são as subseções dos resultados apresentados neste artigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Percepção do Equipamento de Proteção Individual de Colheita

A colheita do tabaco é a etapa do cultivo que exige mais do trabalhador. Ela é realizada em meados da primavera e do verão, e é preciso colher as folhas do tabaco no período ótimo para não perder a qualidade do produto e assim obter mais retorno econômico. A utilização do EPI de colheita é obrigatória. Os agricultores se comprometem, via contrato, com as empresas à utilizar a vestimenta quando estiverem em contato com as folhas do tabaco, principalmente pela manhã, quando as mesmas estão úmidas pelo orvalho. Através do Sindicato dos Produtores de Tabaco, foi desenvolvida uma vestimenta de colheita, bem como, uma descrição das especificações técnicas para o EPI. Segundo Selmi et al. (2016), foi comprovado que a vestimenta de colheita assegura uma diminuição de 98% da exposição dérmica, sendo considerada altamente eficaz no controle do problema. Com base nas informações do Sinditabaco e dos preceitos firmados via contrato, as empresas informam

os produtores sobre a necessidade do uso do EPI na colheita e transferem a responsabilidade de uso para o trabalhador. Apesar de toda a relação de integração entre a empresa e os produtores, os agricultores não são funcionários da empresa, por isso que há uma cláusula no contrato obrigando-os a utilizar o EPI. Quando questionados sobre o EPI, os produtores são objetivos na sua caracterização, conforme resposta do Entrevistado 1: "Luva, um casaco. Ele é meio um plástico. E tem uma calça também. Tudo de plástico, o que é ruim porque não transpira". Um outro entrevistado expressa sua opinião dizendo que a utilização da proteção individual na colheita do tabaco é uma vestimenta não adequada:

É aquela roupa que a firma manda. Tipo um macacão. É uma blusa que vem até o punho e uma calça, de plástico. Tu coloca aquilo lá e começa a suar. É muito quente. A blusa tem um corte atrás, mas não adianta muito. Colhendo no verão, com esse sol quente com uma blusa de plástico não tem condições (ENTREVISTADO 14, 2016).

Quando interrogados sobre a utilização do EPI de colheita, a reação da maioria dos produtores é de negação. As respostas ao não uso são semelhantes: "É muito abafado, passa um calor com aquela roupa. Imagina um dia abafado como hoje e coloca aquela roupa. Deus me livre, parece que vou desmaiar (Entrevistado 11, 2016)". Outro trecho dá detalhes dos porquês do não uso:

Essas roupas que eles querem que a gente use não dá. Não é fácil o cara aguentar. Colheita no verão. Um calorão. Tinha dias que a gente ia às 7h pra lavoura. E não dava para aguentar o sol. Pra quem não é tão suador até que vai. Eu com aquelas roupas, se eu boto fico louco (Entrevistado 4, 2016).

A reclamação quanto ao desconforto térmico ao utilizar o EPI não é nenhuma novidade. Como observado na pesquisa de Almeida (2005), os entrevistados também se queixaram do calor e do incomodo ao utilizar os equipamentos de proteção necessários à preservação da saúde.

Quanto ao “eles” citado acima pelo Entrevistado 4 (2016), diz respeito às indústrias fumageiras integradoras. Os agricultores entrevistados comentam que a firma manda o EPI. Contudo, ao serem questionados se a empresa fornecia o EPI de forma gratuita, todos estavam cientes de que pagavam pela vestimenta.

Vem junto com as coisas que a firma manda. Nós que pagamos, acho que custa uns 50 reais. Mas é a firma que entrega, ela sempre entrega junto, vem junto (Entrevistado 10, 2016).

É de conhecimento público que a empresa integradora fornece o equipamento a preço de custo. Estas enviam um conjunto (EPI) para cada pessoa que, legalmente, pode realizar o trabalho em cada família. A empresa ao realizar o pedido identifica quantos adultos participarão na colheita e envia o número de EPI equivalente. Esse procedimento é repetido todas as safras, ou seja, todos os anos os produtores recebem EPIs de colheita novos. Os agricultores mostraram-se um pouco confusos quanto à obrigatoriedade do uso do EPI. Eles assinam um contrato, onde existem diversas cláusulas, e, em muitos dos casos, o produtor não as lê com toda a atenção. Esse fato pode ser observado na próxima citação:

Eles falam sempre para nós usar. Mas não sei dizer se ali tá escrito que é para nós usar a roupa. Mas ela (a empresa fumageira) manda junto e fala nisso bastante, na doença da folha verde, essa (Entrevistado 10, 2016).

Já o Entrevistado 7 tem certeza de que o uso do EPI é obrigatório, apesar de não saber da responsabilidade contratual que está assumindo: “Tu sabe que esse EPI tu é obrigado a usar, porque mesmo quando a gente não quer, eles mandam. O contrato eu nunca li direito mas é obrigado a usar sim”.

Entre as obrigações do produtor que estão previstas em contratos padrões usados na região está o uso do EPI. Este fato gera muito debate acerca da transferência da responsabilidade da empresa para o agricultor por algum dano que este possa sofrer.

As indústrias integradoras usam o suporte de orientadores técnicos (assistentes técnicos) para, especialmente, orientar os agricultores quanto aos

manejos e práticas eficientes de produção. Como são diversas indústrias que atuam na região, o comportamento dos orientadores tende a não ser padronizado. Alguns parecem ser mais rigorosos que outros e isto ficou evidente nas entrevistas. Há inclusive ameaças por parte de orientadores de perda do contrato com a indústria caso os produtores forem pegos sem uso do EPI.

Muitos agricultores afirmam que os orientadores agem no sentido da conscientização dos riscos incorridos na colheita do fumo molhado sem o uso da vestimenta apropriada. Esses esforços de conscientização e de divulgação realizada pelas empresas estão chegando aos agricultores, como pode ser observado na fala do Entrevistado 7 (2016):

“Eles orientam nós a usar, sempre. Desse lado tem o orientador que orienta. Se nós não usa não é por falta de orientação [...] o orientador diz que tem que se cuidar para não ter problema, sabem como é as norma”.

Contudo, percebe-se que as informações da necessidade do uso são superficiais (apenas escrita no contrato) ou mesmo negligenciadas pela orientação técnica: “No contrato diz que tem que usar. Mas é como eu te disse, ninguém respeita as regras e não tem ninguém para fiscalizar (Entrevistado 11, 2016). Quando questionado se o orientador falava sobre a importância do uso do EPI, o mesmo entrevistado respondeu: “Não, ele nunca falou. E ele nem dá muita bola pra isso, quando vai lá é para ver qualidade do fumo e como tá a lavoura”.

Em nossa pesquisa a totalidade dos entrevistados disseram conhecer o EPI de colheita, chamando-o, muitas vezes, de “aquela roupa que a firma manda”. Isso acontece porque os produtores selecionados neste estudo possuem contratos com as empresas, e a mesma envia o EPI de aplicação e o de colheita junto com o pacote de cultivo. Os agricultores pagam por ele e sabem de sua existência. Porém, a utilização não é algo comum entre os mesmos.

O EPI da colheita não é uma prática que se aderiu ao projeto dos atores agricultores. Pode parecer pouco lógico, visto que existe a informação e a presença do equipamento prontamente disponibilizado pela empresa integradora, além desta exercer certa pressão/fiscalização ao uso. Contudo, possivelmente esse “pedaço” do projeto tenha sido disputado dentro da arena, onde participam os próprios produtores e técnicos das fumageiras, e reduzido sua importância. Vale mencionar que as empresas também são atores sociais, tendo meios para formular estratégias e aplicá-las em algum segmento da sociedade (Long e Ploeg, 2011). Dessa forma as empresas fumageiras, por meio de contratos, obrigam os agricultores a utilizarem o EPI e assim, evitando a responsabilidade de intoxicações sofridas pelos mesmos.

Por outro lado, as próprias empresas, mesmo que demonstrem certo empenho moral com a questão da saúde do trabalhador rural, são evasivas quanto ao convencimento e fiscalização do uso do EPI. Para estas, em suas práticas extensionistas, prevalece os

elementos chaves de qualidade do tabaco e as técnicas na lavoura que são centrais do ponto de vista industrial.

Qual Roupas é Utilizada na Colheita?

A partir da constatação do desuso do EPI na colheita do tabaco emerge a questão: Então, qual roupa é utilizada para essa atividade?

O agricultor é orientado a utilizar o EPI quando a folha do tabaco está molhada (Sinditabaco, 2017), não importando a etapa do cultivo. Muitos produtores entrevistados adotam essa prática; qual seja, de usar a vestimenta impermeável na colheita. Mas usam somente durante a manhã, até o orvalho presente na folha secar ou quando a colheita é realizada sob a chuva

Ah usamos só de manhã quando o fumo está molhado pelo sereno. Quando tá seco não precisa usar. Por isso geralmente viemos mais tarde para a lavoura, quando o fumo já não tá mais molhado, para não ter que usar essa roupa. Não tem condições, ela é muito quente, parece que vais morrer dentro dela. Aí quando tem aquela chuva, aí nós usamos a roupa, aí ela é boa, porque tá nublado e não fica tão quente. Tinha que ter uma roupa que não fosse tão quente. Antes era diferente a roupa, era pior, com o tempo eles melhoraram. (Entrevistado 10, 2016).

No trecho anterior os produtores destacam o uso do EPI recomendado, especialmente com o fumo molhado. Porém, isso não acontece, com todos os entrevistados.

Eu sempre trabalho de manga cumprida, mas aquela roupa eu não consigo usar porque eu passo mal. Ela não transpira, sabe? Aquela roupa não transpira. E até hoje (dia quente), eu não vou de manga curta, porque na lavoura eu vou sempre de manga cumprida. Coloco aquelas camisa de seda mais levezinha. Saio para lavoura de manga cumprida, pode tá muito sol. E chapéu, aquele chapéu de pano, que tem, que tapa o pescoço (Entrevistado 9, 2016).

Mesmo não utilizando o EPI, o agricultor percebe a importância de se proteger. Mas, o uso de camisas de mangas longas está também associado a outras razões que não a proteção à intoxicação por nicotina. As mangas longas evitam o contato direto da folha com a pele e preserva a integridade dos braços evitando a sujeira, assim como as queimaduras provenientes do sol.

Os atores agricultores percebem que a colheita do fumo molhado pode resultar em problemas. Entendem como inviável o uso de EPI atualmente preconizado e buscam desenvolver novidades para enfrentar a situação. Neste caso, percebe-se adaptações na prática do uso, mas ainda chama a atenção no discurso dos atores o alto

grau de despreocupação com a efetividade da roupa utilizada na proteção contra a intoxicação por nicotina.

Adaptações

Muitos agricultores não utilizam o EPI de colheita devido ao desconforto térmico que sentem ao vesti-lo, mas eles sabem do perigo de intoxicação trazido pelo contato da pele com a folha do tabaco. Assim, face o desconforto e o risco de intoxicação, muitos produtores inventam novas vestimentas ou adaptam vestimentas utilizadas em outras atividades e ou situações. O Entrevistado 13, ao ser questionado como colhia o fumo em dias de chuva, respondeu:

As vezes, depende da chuva né. Se for uma chuva branda eu vou com roupa comum mesmo. Camisa e calça. Mas se tiver meio forte e vejo que não vai passar coloco uma capa de chuva e fico com ela até passar a chuva (Entrevistado 13, 2016).

Nesse caso, o agricultor utiliza a capa de chuva para evitar o desconforto da chuva. Mesmo de forma inconsciente, ele está se prevenindo da DFVT. O Entrevistado 10 reconhece o risco da intoxicação, porém prefere não utilizar a vestimenta de colheita, mas sim outro EPI, adaptando-o para esta situação.

Ah nós as vezes usamos o avental do EPI do agrotóxico. Aquele é bem bom, é grosso, e fecha atrás, então a parte das costelas onde aperta o fumo fica protegida. E não é tão quente como essa roupa da colheita (Entrevistado 10, 2016).

O avental que pertence ao EPI de aplicação do agrotóxico, apesar de ser feito de material impermeável, tende a não ser o ideal para a proteção de contaminação da nicotina. Como o entrevistado realça, ele protege a região das costelas, porém as axilas ficam expostas. Esta parte do corpo produz suor, tornando-a úmida, o que facilita a absorção da nicotina pelo corpo do agricultor no momento da colheita. O produtor ao carregar os feixes de folhas colhidas embaixo do braço está correndo o risco de intoxicação. Para o Entrevistado 6 o EPI de colheita não funciona. A umidade passa por ele e o produtor passa mal mesmo usando-o. Por isso o agricultor prefere utilizar um saco plástico:

Mas aquilo (EPI de colheita) não adianta, ela bandeia umidade igual. Aí não resolve [...] Eles mandam, mas ela bandeia, não adianta [...] A é, quase ninguém usa. Aquela roupa não dá. A gente usa um saco, esses de plástico. A gente corta ele e faz um buraco para cabeça e para os braços e colocamos. Preferimos usar isso do que usar essas roupas (Entrevistado 6, 2016).

Do ponto de vista científico, no estudo de Selmi et al. (2016) foi identificado que o tronco, pernas e braços

são as partes do corpo com o maior fator de penetração da nicotina. Nesse sentido, as adaptações que não protegem estas áreas do corpo são ineficientes para prevenir a DFVT, a exemplo do avental de aplicação de agrotóxico. Igualmente, o uso de sacos de adubos, que não evitam o contato das folhas com a pele, em especial, as axilas, tendem a serem ineficazes na proteção.

Os atores agricultores buscam elementos dentro das arenas de construção de projetos para resolver problemas nos projetos individuais, desenvolvendo de forma criativa materiais e conhecimento prático fundamentado na experiência. As adaptações dos EPI de colheita podem ser exemplos desse processo. Tanto o uso de aventais de EPI de agrotóxico ou uso de sacos plásticos oriundos de embalagens de adubo químico são novidades experimentadas e dialogadas dentro das arenas.

Limpeza do EPI

Após o uso da roupa na colheita essa deve ser limpa para redução dos poluentes. Para o EPI de colheita não existe recomendação acerca de sua limpeza, diferentemente do EPI para a aplicação de agrotóxico (Francischini, 2009). Observou-se que os entrevistados costumam lavar os EPIs. Várias formas diferentes de procedimento de limpeza foram referidas:

Não pode secar no sol, tem que secar na sombra. Não lavar com sabão, só com água (Entrevistado 5, 2016).

Na mão, com sabão (Entrevistado 7, 2016).

Aah mas não esfregamos, só deixamos de molho num balde e colocamos para secar depois que o sol não está mais tão forte (Entrevistado 10, 2016).

Quem lava é a mulher, mas acho que é na mão. Na máquina deve estragar [...] O orientador nunca disse nada, não que eu me lembre (Entrevistado 14, 2016).

Segundo Francischini (2009), existem questionamentos sobre a eficácia do EPI após ser lavado. Nenhum entrevistado afirmou lavar na máquina. Apesar de não ter informações sobre o melhor procedimento de limpeza, existe o entendimento que a lavagem à máquina retira a hidro repelência das vestes, o que pode ocorrer tanto para os EPIs de aplicação de agrotóxicos quanto de colheita, especialmente se na lavagem for utilizada água sanitária como higienizador. Os atores agricultores possuem poucas informações dentro das arenas de debate sobre a manutenção e limpeza dos EPI. Nesse sentido compõem dentro do projeto as práticas cunhadas nas experiências vivenciadas internamente na família em outros âmbitos, o que é bastante restrito pelos recursos disponíveis.

Proteção das Mãos e dos Pés

As mãos e os braços são as partes do corpo do agricultor que mais entram em contato com a folha do tabaco no momento da colheita. Neste estudo foi identificado que a maioria dos entrevistados utilizavam

luvas na colheita, resultado similar ao de Selmi et al. (2016). Ghosh et al. (1987) atestam que o uso de luvas reduz significativamente a absorção da nicotina, refletida nas baixas taxas de excreção de nicotina e cotinina na urina.

A luva indicada para a colheita do fumo molhado é de nitrila, enquanto que com o tabaco enxuto a colheita deve ser realizada com luvas de material emborrachado (Sinditabaco, 2017). A característica principal da luva de nitrila é sua impermeabilidade, o que dificulta a transpiração das mãos. Porém, os produtores não costumam usar a luva de nitrila, mesmo com o tabaco molhado. Eles preferem as luvas pretas emborrachadas, mesmo sabendo que estas são ineficazes para proteger da intoxicação por nicotina.

Aquelas pretinhas comuns. As pretinhas que a gente usa quando tá o fumo molhado passa tudo. Não adianta. E se usa de borracha (luva de nitrila) sua tudo por dentro. Cai as pele tudo (Entrevistado 12, 2016).

Na pesquisa identificamos também que quanto à proteção dos pés, os calçados utilizados na colheita são bastante variados.

Eu uso bota, agora que acostumei [...] A de borracha. É que tu acostuma, senão os teus pés racham tudo na terra. Com o sereno e com a terra (Entrevistado 7, 2016).

A utilização de sapatos fechados também se aplica. Ao ser questionado sobre o que coloca nos pés para colher o fumo, o Entrevistado 4 respondeu: "Bota ou botina. Se eu sair de chinelo para a lavoura volto com o pé arrebatado. A maior parte é com essa bota de borracha".

Assim, em sua grande maioria, os agricultores utilizam sapatos fechados e luvas emborrachadas para a colheita do tabaco. Porém, esta prática varia, especialmente no caso dos calçados, tendo alguns que, inclusive, mencionaram colher o fumo com os pés descalços.

Novamente os atores agricultores possuem poucas informações dentro das arenas de debate sobre o uso do EPI. Nesse sentido compõem dentro do projeto as práticas cunhadas nas experiências vivenciadas internamente na família em outros âmbitos produtivos ou mesmo nas interfaces com os membros da comunidade relevante, como vizinhos, amigos e técnicos das fumageiras.

Manuseio do fumo na estufa de secagem

A etapa subsequente do ciclo produtivo do tabaco, que envolve o contato da pele do produtor com as folhas de tabaco, é a colocação das folhas verdes na estufa para secagem. Interrogados sobre a vestimenta utilizada nesta etapa do trabalho emergiu a primeira unanimidade. Todos manuseiam o fumo vestindo roupas normais, ou seja, sem o uso do EPI. Às vezes, devido ao excesso de calor no recinto (dias quentes de verão agregado ao calor da fonalha da estufa), ficam

sem camisa. A fala do Entrevistado 10 ilustra bem esse comportamento.

Depois da sesta a gente coloca o fumo na estufa. Essas estufas de agora são bem melhor do que as de antigamente. Aquela que tinham que costurar as folhas. Aquilo era um inferno, costurar uma por uma. Essas agora são como *tás* vendo aqui. Três bandejas e vai colocando as folhas em pé. É um bafo aqui dentro, porque não tem ventilação, mas bem melhor do que antes [...] Eu e o [nome do filho] ficamos sem camisa, a [nome da esposa] às vezes fica de biquíni, é muito abafado (Entrevistado 10, 2016).

Este mesmo entrevistado, quando questionado sobre a utilização de luvas mencionou: “Sim, porque é a mesma coisa né. A sujeira é a mesma. Ah o [nome do filho] não gosta. Ele não usa” (Entrevistado 10). Esta fala do entrevistado 10 ilustra bem a realidade da utilização de luvas nas estufas, que conforme as falas dos demais entrevistados não é unânime. Os dados desta pesquisa mostram que apenas metade dos entrevistados sempre faz uso das luvas no momento da secagem, enquanto a outra metade disse nunca usar.

A utilização da luva na estufa tende a ser de extrema importância. O calor propicia a transpiração e com o contato da pele com as folhas de fumo pode aumentar o fator de penetração da nicotina e ampliar os sintomas de intoxicação.

Mas o elemento mais impactante à saúde no manuseio das folhas na estufa, na visão dos agricultores entrevistados, é o chamado “*bafo do fumo quente*”. Cabe salientar que essa referência do manejo com tabaco não foi encontrada em outras bibliografias consultadas.

Segundo o entrevistado 10, este *bafo do fumo quente* é gerado pelas folhas de fumo verde quando amontoadas. As folhas depois de colhidas são colocadas em pequenos montes no chão, na própria lavoura, para depois serem levadas até o meio de transporte (carretas ou zorras de tração animal ou mecânica) que as transportará até a estufa. Muitas vezes o produtor manuseia as folhas ou no outro turno que o da colheita ou até mesmo no outro dia. As folhas ficam apertadas nos montes, e com o calor, entram em estágio de fermentação. Quando o agricultor abre os montes (trouxas) e começa a colocar as folhas nos lastros², as sente quentes, expelindo um bafo com odor bastante forte e enjoativo. Na fala do Entrevistado 10:

Na estufa tem outro problema. Depois que a gente traz as trouxas da lavoura com o fumo, temos que arrumar na estufa em seguida. Senão as folhas começam a fermentar dentro da trouxa, ficam quentes e sai um bafo delas. Eu chamo de **bafo do fumo quente**. E isso também faz mal. Faz tão mal como

colher o fumo molhado. Dá enjoio. Por isso que tem que colocar em seguida as folhas (Entrevistado 10, 2016).

O Entrevistado 13 também comentou sobre esse bafo:

Na estufa é bem quente. E com as folhas tudo lá dentro começa a soltar um cheiro que deixa a gente enjoado. Tem que colher e botar as folhas logo na estufa... Quando abre as trouxas as folhas chegam estar quente, sai um vapor (Entrevistado 13, 2016).

Esta informação é relevante e merece ser estudada principalmente sobre os efeitos do bafo quente na saúde do produtor. O processo de colocar as folhas do fumo na estufa deve seguir simultaneamente à colheita para garantir a qualidade exigida pela indústria. Na prática, os agricultores colhem um volume grande, armazenando as folhas em montes que favorecem o aquecimento. É isto o causador do “*Bafo do fumo quente*” mencionado pelos produtores e sentido no manuseio das folhas para o acondicionamento nas estufas. A intoxicação parece estar associada à inalação de compostos químicos expelidos pelas folhas do tabaco e não somente pelo contato físico. Esse fato tende a indicar um possível uso de máscaras protetoras como futuro EPI a ser utilizado nesta etapa do processo de trabalho.

O uso de EPI dentro da estufa de secagem é uma prática inexistente, exceto o uso de luvas. Os agricultores não percebem a importância do mesmo para a prevenção da DFVT ou negligenciam a importância, face as condições ambientais inóspitas para o uso. Contudo, eles reconhecem os efeitos da exposição à nicotina através dos sintomas da DFVT como náuseas e desmaios. O calor do verão agregado a um ambiente fechado impossibilita o uso de qualquer roupa impermeável que possibilite a proteção à nicotina.

Parece-nos pela absoluta falta de menção dos entrevistados que os outros atores da arena, a exemplo dos instrutores das indústrias fumageiras, usam uma estratégia de invisibilidade destas questões. Ou seja, enquanto não houver denúncias ou fiscalizações que os traga de volta à responsabilidade, a etapa do manuseio das folhas nas estufas, não os exige manifestações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar o entendimento do agricultor sobre o equipamento de proteção individual na colheita do tabaco e a sua relação com a Doença da Folha Verde do Tabaco. Para alcançar tal objetivo, optou-se por uma pesquisa de cunho quantitativo e qualitativo.

A penosidade da produção, principalmente nas fases da colheita e da secagem das folhas de fumo, em conjunto com os malefícios à saúde do trabalhador, tem gerado um crescente desejo dos produtores de mudarem de cultivo. Porém, parcela considerável deles mantém-se na atividade em razão da rentabilidade econômica proporcionada pela atividade, assim como

² Lastros são pequenas tábuas de madeira como os lastros de uma cama.

pela comodidade que o próprio sistema integrado oferece. Eles se encontram inseridos em uma “zona de conforto”, recebendo insumos, orientação de manejo, a garantia de compra da produção, entre outros. Ou seja, recebem o pacote tecnológico pronto.

Quanto ao entendimento dos agricultores acerca do EPI de colheita do tabaco, o seu manuseio e utilização, pôde-se observar que todos os produtores entrevistados conheciam o equipamento de proteção individual, devido serem integrados às empresas fumageiras, que por contrato são responsáveis de fornecerem informações técnicas, além de insumos e outros recursos necessários aos mesmos.

Os agricultores entendem que a utilização de EPI se faz necessária no manuseio do fumo úmido. Ou seja, apenas para o manuseio na parte da manhã ou em dias de chuva. Quando as folhas secam, eles retiram a vestimenta e seguem efetuando a colheita com roupas normais, a exemplo de camisa de material mais grosso e de manga comprida, calça e calçados fechados. Quanto às mãos, todos entrevistados afirmaram utilizar luvas, não as de nitrila que seriam as recomendadas para a situação, mas as de pano emborrachadas. Estas apresentam proteção apenas razoável, mas as de nitrila não são utilizadas, pois são completamente desconfortáveis.

O uso (ou não uso) do EPI de colheita se constitui em produto das forças atuantes na arena do mundo do tabaco. São forças conflitantes que carregam características de dominação por parte de um agente (a indústria fumageira) e de submissão por parte dos trabalhadores. Os projetos individuais dos trabalhadores e suas estratégias, embora condicionadas pela força dominante, apresenta certo grau de liberdade. Este grau de liberdade se consolida nas inovações e adaptações propostas, mas também no próprio entendimento que se faz do EPI e do seu uso. É na comunidade ampliada e na família, no acúmulo de experiências e nas trocas que se estruturam as estratégias para lidar com as delicadezas da produção do tabaco.

Os atores utilizam sua capacidade de agência dentro das arenas para construir elementos e novas práticas. Essas adaptações e reconfigurações dentro dos projetos individuais caracterizam a diversidade encontrada. Se não é surpresa abaixo aderência dos trabalhadores ao uso do EPIs em função do desconforto térmico gerado pelos mesmos, chama a atenção a criatividade deles nas adaptações e inovações propostas. Como prática produtiva, o Sinditabaco recomenda a utilização do EPI quando o fumo estiver molhado e proteção através de roupa normal, luvas e botinas quando este estiver enxuto. Vimos que a maioria dos entrevistados utiliza camisa de manga comprida, calça e bota/botina, mas houve entrevistados que responderam que o uso dependia do clima; tendo produtores que trabalham apenas com camisa de manga curta, bermuda e de chinelo de dedos. Há ainda produtores que adotam a prática de trocar a roupa úmida usada por debaixo do EPI por uma enxuta. Isso evitaria o uso de roupas encharcadas de suor, propiciando melhor bem estar para o trabalhador.

As adaptações criadas pelos agricultores com a intenção de substituir o EPI de colheita é um ponto

marcante. A capa de chuva é um equipamento utilizado em substituição ao EPI em dias chuvosos. Afinal a chuva não é motivo para parar o serviço na lavoura, ainda mais quando as folhas estão maduras e precisam ser colhidas. Outros preferem utilizar o avental do EPI do agrotóxico por apresentar menos desconforto térmico que a vestimenta de colheita. Outra adaptação é a utilização de sacos plásticos, grossos, como um saco de adubo, como capa de proteção. Sendo que nesses dois últimos casos as axilas ficam expostas, ou seja, não sendo eficaz ao prevenir do risco de adquirir a DFVT.

Mesmo que as estratégias (uso de capa de chuva, sacos plásticos) não sejam efetivas para evitar a DFVT, há a manifestação silenciosa deles da auto preservação, do exercício da liberdade. Embora limitado, face o papel de principal exercido pela indústria fumageira (através do estabelecimento de regras claras quanto a forma de produzir, das quantidades a serem produzidas, da determinação dos preços a serem pagos, etc), o exercício da autonomia, da liberdade de escolha do agricultor é presente. Assim, fica evidenciada que a hipótese central do estudo a qual preconizava que os agricultores reconhecem a importância do EPI para evitar a DFVT, mas que suas estratégias/práticas para enfrentar a realidade da DFVT são geradas no cotidiano é verdadeira. Ou seja, é na arena onde os agentes exercem suas forças que o papel de ator é reafirmado. Contudo, falta a estes agricultores familiares, conhecimento. Lhes falta conhecimento de como lavar os EPIs, de como lidar com a DFVT. Então, brota aqui uma avenida para futuras investigações, tanto relacionando a questão da autonomia dos produtores frente a relação com a agroindústria, quanto com os modelos e práticas adaptativas utilizadas para mitigar os efeitos nocivos dos agrotóxicos como também das possibilidades da DFVT.

Sobre a DFVT os entrevistados são conscientes. Eles sabem e sentem os riscos de estarem expostos a nicotina. Eles conhecem os riscos associados à doença, sabem que o EPI poderia minimizar os efeitos desta. Porém não o utilizam devido ao desconforto térmico. Então, conclui-se que o EPI recomendado pela indústria fumageira não tem efetividade prática. Entende-se que seria melhor assumir a inefetividade e buscar urgentemente outras soluções. Eis aí uma nova avenida para futuras investigações, especialmente nas áreas de engenharia de materiais e ergonomia.

Materiais tecnologicamente superiores em termos de conforto poderiam ser desenvolvidos, ou mesmo máquinas de baixo custo que automatizassem a colheita. Ou seja, soluções que busquem a redução do desconforto e o risco que os agricultores estão sujeitos ao exercer sua atividade laboral. Possivelmente outros atores possam adentrar nessa arena de construção de projetos trazendo práticas mais adequadas para a constituição dos EPI ou alternativas aos projetos dos agricultores. A extensão rural ou mesmo as Universidades podem ser atores chaves nesse processo.

Faz-se imprescindível registrar a existência do “bafo do fumo quente”, como sendo uma descoberta reveladora, sem referência na literatura, e causadora de malefícios à saúde dos agricultores. A exposição a esse “bafo”

pode apresentar riscos à saúde do produtor tão ou mais graves que a própria colheita, mas está totalmente negligenciado na literatura científica das áreas da saúde e do desenvolvimento rural. O entendimento dos efeitos da inalação deste bafo, assim como as causas e possíveis formas de evita-lo também são possibilidades para futuras investigações.

Outro ponto que pode ser abordado é o medo que os produtores sentem das empresas integradoras. Eles sentem-se ameaçados com todas as cláusulas apresentadas nos contratos de integração, especialmente quanto a ameaça de rescisão do contrato. Dado este fato, as respostas nas pesquisas, tanto quantitativa, quanto qualitativa podem ter sofrido interferências. Muitos produtores podem assumir que usam o EPI por sentirem-se amedrontados com a possibilidade da empresa descobrir as suas respostas. Mesmo assim, fato relevante é a não utilização do EPI, mesmo sabendo da ocorrência da DFVT. Claramente, as campanhas de conscientização das empresas fumageiras e do Sinditabaco não estão surtindo efeitos. As empresas ao exigirem em contrato a utilização do EPI, estão fugindo da responsabilidade, pois os EPIs propostos são geralmente inadequados, face o desconforto no uso.

As entidades da sociedade civil não parecem estar muito empenhadas em resolver o problema do DFVT, embora o Sinditabaco diz estar buscando novas tecnologias para tornar o EPI mais confortável. O desconforto térmico é o problema na visão dos produtores. Para ser eficaz (tecnicamente eficiente e adequado ao uso) a vestimenta deve ser impermeável e que permita a transpiração ao mesmo tempo. Pelo visto nesta pesquisa o EPI existente é eficiente, mas não é eficaz. Portanto, há a necessidade urgente das entidades, empresas, universidades de investirem em inovação para a busca de soluções melhores que protejam o produtor, mas que sejam confortáveis ao uso.

Simultaneamente, ou seja, enquanto novos materiais são desenvolvidos para a confecção de novos EPIs cabe aumentar as campanhas de conscientização dos riscos da DFVT. Uma estratégia relevante é a conscientização das crianças nas escolas rurais, já que o trabalho infantil nas propriedades produtoras de tabaco é recorrente. Porém não basta deixar a função de cuidar da saúde dos agricultores familiares no comando das instituições e empresas envolvidas no setor tabagista, o governo tem o dever de se envolver e promover ações de incentivo à utilização do EPI que é a forma eficiente de prevenir a doença da folha verde do tabaco.

REFERÊNCIAS

Afubra. 2017. Associação dos Fumicultores do Brasil. Dados da Fumicultura na Região Sul e Câmara Setorial do Fumo. Disponível em: <<http://www.afubra.com.br>>. Acesso em: 7 de março de 2017.

Almeida, G. E. G. 2005. Fumo: Servidão Moderna e Violação de Direitos Humanos. Terra de Direitos. Curitiba, p.168.

Arcury, T. A., S. A. Quandt & J. S. Preisser. 2001. Predictors of incidence and prevalence of green

tobacco sickness among Latino farmworkers in North Carolina, USA. *Journal EpidemiolCommun Health*, Londres, 55: 818–824.

Bartholomay, P., B. P. Iser, P. P. Oliveira, T. E. Santos, D. C. Malta, J. Sobel & L. D. Moura. 2012. Epidemiologic investigation of an occupational illness of tobacco harvesters in southern Brazil, a worldwide leader in tobacco production. *OccupEnvironMed* 69(7): 514–518.

Deshpandé, R. & J. U. Farley. 1998. Measuring market orientation: generalization and synthesis. *Journal of Market Focused Management*, 2(3): 213- 232.

Fassa, A. G., N. M. X. Faria, R. D. Meucci, N. S. Fiori, V. I. Miranda & L. A. Facchini. 2014. Green tobacco sickness among tobacco farmers in southern Brazil. *Am J Ind Med*, 57: 726-735.

Francischini, L. 2009. Classificação e eficiência de materiais e de vestimentas de proteção no trabalho com agrotóxico. Tese [Programa de Pós graduação em Agronomia] Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista.

Kaiser, D. R. 2006. Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo. Dissertação [Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo]. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS).

Lima, R. C., C. G. Vitora, M. M. Dall’Agnol, L. A. Facchini & A. C. G. Fassa. 1999. Percepção de exposição a cargas de trabalho e riscos de acidentes em Pelotas, RS (Brasil). *Rev. Saúde Pública*, 33(2): 12-46.

Long, N. 2001. *Development Sociology: actor perspectives*. London: Routledge.

Long, N & A. Long. 1992. *Battlefields of Knowledge: the interlocking oh theory and practice in social research and development*. London: Routledge.

Long, N. & J. P. Ploeg. 2011. Heterogeneidade, ator e estrutura: para a reconstrução do conceito de estrutura. In: SCHNEIDER, S.; GAZOLLA, M. (Orgs.). *Os atores do Desenvolvimento Rural: perspectivas teóricas e práticas sociais*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 21-48.

Narver, J. C. & S. F. Slater. 1990. The effect of market orientation on business profitability. *Journal of Marketing*, 54,(4): 20- 35.

Oliveira, P. P., C. B. Sihler, L. Moura, D. C. Malta, M. C. Torres, S. M. Lima, C. E. Leite, V. L. Costa, J. Sobel & T. M. Lanzieri. 2010. First reported outbreak of green tobacco sickness in Brazil. *Cadernos de saúde pública/Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública*, 26(12): 2263–2269.

Riquinho, D. L. & E. A. Hennington, 2014. Cultivo do tabaco no sul do Brasil: doença da folha verde e outros agravos à saúde. *Revista Ciência e Saúde*, 19(12).

Rudnick, C. P. S. 2008. Agricultura Familiar e empreendedorismo: um estudo sobre as trajetórias de jovens egressos do Centro de Desenvolvimento do Jovem Rural (CEDEJOR) no Vale do Rio Pardo/ RS. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Porto Alegre.

Schmitt N.M., J. Schmitt, D.J. Kouimintzis & W. Kirch. 2007. Health risks in tobacco farm workers—a review of the literature. *J Public Health*, 25: 255–264.

Selmi, G. F. R., C. L. Correa & F. A. D. Zambrone. 2016. Avaliação da vestimenta-padrão utilizada durante a colheita das folhas do tabaco e implicações na prevenção da Green Tobacco Sicknees (GTS). Ver.

Bras. Med. Trab., 14(3): 184-191.

Sinditabaco. 2017. Sindicato interestadual da Indústria do Tabaco. Disponível em: <<http://www.sinditabaco.com.br>>. Acesso em: 6 de mar. 2017.

Vogt, O. P. 1997. A produção de fumo em Santa Cruz do Sul, RS: 1849-1993. Santa Cruz do Sul: EDUNISC.

Fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum*: su supervivencia en el suelo

Stocco, Marina¹; Gladys Lampugnani^{3,4}; Soledad Zuluaga³; Cecilia Abramoff³; Cristina Cordo^{1,2}; Cecilia Mónaco^{1,2}

¹Centro de Investigaciones de Fitopatología (CIDEFI). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Calle 60 y 119 S/N CC. 31(1900) La Plata. Buenos Aires. Argentina;

²Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. (CICBA); ³Centro de Investigaciones en Protección Vegetal (CISAV), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata. Buenos Aires. Argentina; ⁴galampugnani@gmail.com

Stocco, Marina; Gladys Lampugnani; Soledad Zuluaga; Cecilia Abramoff; Cristina Cordo; Cecilia Mónaco (2019) Fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum*: su supervivencia en el suelo. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 211-215. <https://doi.org/10.24215/16699513e020>

Una alternativa al uso indiscriminado de fitosanitarios es la incorporación de microorganismos antagónicos competitivos para la protección de los cultivos de los patógenos habitantes del suelo. En este trabajo se evaluó la potencialidad del establecimiento de *Trichoderma harzianum* Rifai (cepa Th5cc) en el suelo bajo diferentes formulaciones, con el objeto de conocer cuál es la más efectiva en mantener la población del antagonista a niveles moderados. La población se cuantificó mediante la técnica del suelo diluido en placa utilizando un medio selectivo para *Trichoderma*. Los resultados muestran que tanto en el formulado líquido como en las semillas recubiertas aumenta la población de Th5cc hasta los 90 días desde que se incorporó el formulado al suelo (1,4 x 10⁴ unidades formadoras de colonia/g de suelo). En contraste, con la aplicación de formulado sólido la población del antagonista comienza a disminuir a los 90 días. En el caso de la incorporación en la semilla, la población de *T. harzianum* al inicio fue menor a la del testigo, pero a los 60 y 90 días alcanzaron valores mayores a la población original del suelo (testigo). La eficiencia de la aplicación de *T. harzianum* como antagonista en plantas está estrechamente relacionada con su formulación, la cual tiene una clara influencia en la supervivencia en el suelo.

Palabras clave: supervivencia, bioinsumo, antagonista, control biológico

Stocco, Marina; Gladys Lampugnani; Soledad Zuluaga; Cecilia Abramoff; Cristina Cordo; Cecilia Mónaco (2019) Biological fungicide based on a strain of the fungus *Trichoderma harzianum*: its survival in the soil. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 211-215. <https://doi.org/10.24215/16699513e020>

An alternative to the indiscriminate use of phytosanitary products is the incorporation of competing antagonistic microorganisms for the protection of the crops of soil-borne pathogens. In this work the potentiality of the establishment of *Trichoderma harzianum* Rifai (strain Th5cc) in the soil under different formulations was evaluated, in order to know which is the most effective in maintaining the population of the antagonist at moderate levels. The population was quantified using the soil dilution plate technique with a selective medium for *Trichoderma*. The results show that both the liquid formulation and the coated seeds increase the Th5cc population until 90 days after the formula was incorporated into the soil (1.4 x 10⁴ colony forming units / g of soil). In contrast, with the application of solid formula, the population of the antagonist begins to decrease after 90 days. In the case of incorporation in the seed, the population of *T. harzianum* at the beginning was lower than that of the control, but at 60 and 90 days they reached higher values than the original soil population (control). The efficiency of the application of *T. harzianum* as an antagonist in plants is closely related to its formulation, which clearly influences survival in the soil.

Keywords: survival, biological input, antagonist, biological control

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 03/12/2018

Aceptado: 04/03/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

El uso inadecuado e indiscriminado de fitosanitarios, ha generado problemas de contaminación ambiental y resistencia de los patógenos a los fungicidas. Esto ha motivado la búsqueda de alternativas amigables con el ambiente para controlar las enfermedades de las plantas. Una alternativa eficiente y no contaminante es el uso de microorganismos antagónicos competitivos para la protección de los cultivos de patógenos fúngicos del suelo. En particular, el uso de especies del género *Trichoderma* ha merecido una gran atención como agente de biocontrol (Stefanova, 2000).

Los hongos del género *Trichoderma* se pueden encontrar en diferentes ecosistemas, incluso están presentes en los suelos de uso agrícola y tienen la capacidad de reducir la incidencia y la severidad de las enfermedades de las plantas al inhibir los fitopatógenos, a través de su alto potencial antagónico (Hermosa et al., 2012). El antagonismo se basa en diferentes mecanismos, como la producción de metabolitos antifúngicos, la competencia por espacio y nutrientes, la inducción de la resistencia y el micoparasitismo (Benítez et al., 2004). Howell (2003) observó que el control biológico puede ser la culminación de varios mecanismos diferentes que trabajan sinérgicamente para lograr el control de la enfermedad. Además, algunas especies de este género poseen capacidad de bioestimulación de crecimiento en algunos cultivos (Howell, 2003).

Experiencias en la evaluación de la efectividad del *Trichoderma harzianum* Rifai para el control de enfermedades fúngicas desarrollados en sistemas agrícolas en nuestro país, mostraron que la cepa Th5cc de *T. harzianum*, causó una disminución del 20% en la severidad y 95% de la cobertura picnidial de la mancha de la hoja en trigo causada por *Zymoseptoria tritici* (Cordo et al., 2007). Asimismo, estos autores, demostraron que la actividad proteolítica antifúngica, medida 12 días después de la siembra, aumenta en plantas cultivadas a partir de semillas recubiertas con este antagonista e inoculadas con *Z. tritici*, este aumento confiere resistencia a los cultivares susceptible. En estudios posteriores, la cepa Th5cc estimuló en plantas de trigo un aumento en el rendimiento de 432,28 Kg/m² con respecto al rendimiento de las mismas plantas sin tratar, cuando fueron inoculadas artificialmente con *Z. tritici* (Mónaco et al., 2014).

Sin embargo, a pesar del éxito relativo, todavía no ha sido posible alcanzar los niveles deseados en el control de enfermedades, debido en parte a que se conoce muy poco acerca del establecimiento, proliferación y supervivencia de este antagonista en sustratos naturales.

El desarrollo de formulados eficaces adquiere una gran importancia en el campo del control biológico ya que puede afectar profundamente al rendimiento del antagonista. Uno de los mayores obstáculos para el uso y la comercialización de agentes de control biológico reside en que el desarrollo de los productos estén formulados adecuadamente. Esto implica que contenga una cantidad suficiente de inóculo y que la calidad de éste se mantenga durante el tiempo de almacenamiento. Por otra parte, debe ser de fácil

aplicación, que muestre una alta persistencia en el medio en el que se va a dispersar, y que su producción sea económicamente rentable (Fravel, 2005). Los mayores desafíos para el uso eficiente de microorganismos como agentes de control biológico son el mantenimiento de una alta densidad de inóculo una vez que se ha aplicado en el suelo o sustrato y evaluar como varía la población inicial en el tiempo. Por lo expuesto el objetivo del presente trabajo fue evaluar: a) la supervivencia del hongo en el suelo, comparando tres métodos de incorporación del antagonista en el agroecosistema; como polvo mojable, como formulación líquida y como recubrimiento de la semilla y b) establecer el método más eficaz para incorporar *T. harzianum* al suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cepa de *Trichoderma harzianum*

La cepa de *Trichoderma harzianum* Th5cc, se encuentra conservada en el Banco Micológico que funciona en Centro de Investigaciones de Fitopatología (CIDEFI-UNLP) perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (Stocco et al., 2011). Esta cepa fue aislada del filoplano de trigo y utilizada como antagonista de *Zymoseptoria tritici* por Cordo et al., (2007). Se identificó molecularmente siguiendo la técnica descrita por Stocco et al., (2016), y fue depositada en la base de datos del European Molecular Biology Laboratory (EMBL) bajo el número de accesión LN869401.

Inóculo de *Trichoderma harzianum*

La cepa de *T. harzianum* se sembró en dos medios de cultivo diferentes, y se acondicionó en tres formulaciones diferentes: una formulación líquida con conidios del hongo (T2), un formulado sólido (T3) y semillas recubiertas con conidios (T4). Para obtener el inóculo líquido (T2), se cultivó el hongo en cajas de Petri conteniendo PDA (Potato, Dextrosa, Agar) enmendado con cloranfenicol (100 mg/L). Las cajas se incubaron en estufa a 26°C, en oscuridad durante 6 días, transcurridos los cuales, se procedió a recolectar los conidios en agua estéril, con ayuda de un ansa de siembra, ajustando la suspensión a una concentración de 1x10⁸ conidios/ml. Para obtener el inóculo sólido (T3), se multiplicó el hongo en un medio de cultivo con arroz. Se colocaron 150 g de arroz con 100 ml de agua destilada en un Erlenmeyer de 1000 ml. Esta mezcla se esterilizó en autoclave durante 20 minutos a 121°C dos veces, dejando 24 horas entre cada ciclo. Finalmente se incorporó la cepa de *T. harzianum*, transfiriendo tres trozos circulares de agar colonizado por micelio y conidios de 10 mm de diámetro, en cada uno de los Erlenmeyer. Los cultivos se incubaron a 26°C con alternancia de luz/oscuridad durante 10 días. Una vez que los granos fueron totalmente colonizados por el hongo, se secaron en estufa a 40°C durante 24 hs. Luego, bajo flujo de aire estéril se trituraron los granos con un molinillo de café. Con el polvo obtenido, se preparó una concentración de 3 g de polvo en 1 L de agua.

Para obtener las semillas recubiertas con los conidios de *T. harzianum* (T4), se procedió de acuerdo a la

técnica propuesta por Stocco et al., (2012). Se colocaron en un agitador magnético una mezcla de 10 g de semillas de avena con 90 ml de agar agua al 0,25% y 10 ml de la suspensión de conidios de *T. harzianum* durante 15 minutos con una agitación de 150 rpm. Las semillas recubiertas se secaron en la cámara de flujo laminar durante toda la noche.

Ensayos a campo

Los ensayos se realizaron en dos sitios diferentes, en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (LAT 34° 59' S-LONG, 57° 58' O), perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales y en el Vivero Forestal de la misma Facultad (LAT 34°54'40,4"S-LONG 57°55'37,5" O). Las dimensiones de cada ensayo fueron de 4 x 2 m. El terreno se preparó pasando un arado de disco y luego se realizaron los surcos a mano con una azada.

El diseño experimental consistió en 3 bloques con 4 tratamientos al azar, estos fueron: T1: Control; T2: incorporación de *T. harzianum* (Th5cc) a la línea de siembra como formulado líquido; T3: incorporación de Th5cc a la línea de siembra como formulado sólido y T4: incorporación de Th5cc adherido a la semilla de avena var. Elizabeth. En el resto de los tratamientos las semillas se incorporaron con una maquina a chorrillo.

Los tratamientos T2 y T3 se asperjaron en el surco antes de la siembra y, para el tratamiento con semillas recubiertas (T4), estas se acondicionaron previamente, como se describió más arriba, y se sembraron en el surco. El testigo consistió en la siembra de las semillas de avena en el surco sin la incorporación del antagonista.

La población de *T. harzianum* en cada uno de los tratamientos se evaluó a los 30, 60 y 90 días. Para ello, se tomaron muestras de suelo de cada uno de los tratamientos, se dejaron secar a temperatura ambiente y se realizó el recuento de colonias del antagonista mediante la técnica del suelo diluido con el medio selectivo para *Trichoderma* (TSM) propuesto por Elad et al., (1981). Esta técnica consistió en agitar durante 20 minutos una suspensión de 5 g de suelo en 50 ml de agua destilada estéril (dilución 1:10). Para cada

muestra se realizaron 2 diluciones seriadas. Para ello se tomó una alícuota de 1ml de la suspensión inicial que se vertió en 9 ml de agua destilada estéril, logrando una dilución 1:100. Luego, de esta última dilución se realizó una nueva logrando una dilución de 1:1000. Finalmente, se colocó 1 ml de cada una de las diluciones en una caja de Petri con 1ml de la solución fungistática con PCNB (Pentacloronitrobenzeno) y posteriormente, se agregó el medio de cultivo (TSM) fundido y enfriado a 50°C. Se realizaron 3 repeticiones por cada una de las diluciones. Las cajas fueron incubadas en estufas a 26°C, durante 5 días. Para la evaluación se cuantificaron las colonias de *Trichoderma* spp. que crecieron de manera aislada.

Análisis estadístico

Los datos de cada uno de los tratamientos se analizaron mediante ANOVA, comparando sus medias con la prueba de Fisher para un nivel de significancia del 5% ($P < 0,05$). Para el análisis se utilizó el programa Infostat® (Di Rienzo et al., 2015).

RESULTADOS

Los ensayos mostraron que tanto en el formulado líquido (T2) como el de las semillas recubiertas (T4) aumentó la población de Th5cc hasta los 90 días desde que se incorporó el formulado al suelo. No así, el formulado sólido (T3), donde la población de Th5cc comienza a disminuir a los 90 días. (Figuras 1 y 2).

Además, se observó que la mayor población de *T. harzianum* se determinó a los 90 días con el formulado líquido, ya que alcanzó una población de $1,4 \times 10^4$ unidades formadoras de colonia/g de suelo, mientras que en ese mismo tiempo la población del antagonista fue de $0,3 \times 10^4$ ufc/g cuando se incorporó como formulado sólido.

En el caso de la incorporación en la semilla, la población de *T. harzianum* al inicio fue menor a la del testigo, sin embargo a los 60 y 90 días alcanzaron valores mayores a la población original en el suelo ($0,78 \times 10^4$ ufc/g de suelo).

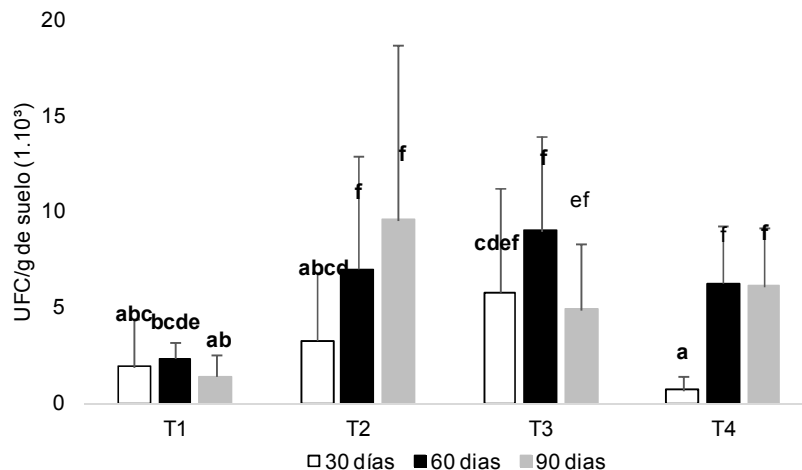


Figura 1. Recuento de la población de *Trichoderma* en los tres momentos de evaluación (30, 60 y 90 días después de la aplicación del bioformulado). Ensayo realizado en la E.E.J. Hirschhorn. T1: Control; T2: formulado líquido de Th5cc; T3: formulado sólido de Th5cc; T4: Th5cc adherido a la semilla (Letras diferentes indican diferencias significativas para un valor de significancia de $p \leq 0,05$).

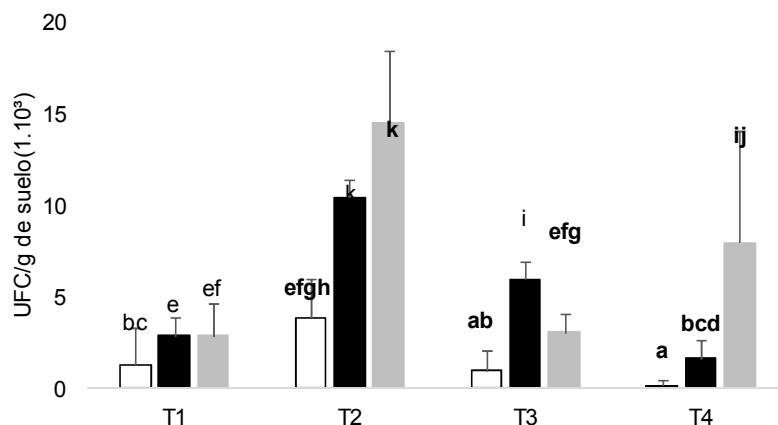


Figura 2. Recuento de la población de *Trichoderma* en los tres momentos de evaluación (30, 60 y 90 días después de la aplicación del bioformulado). Ensayo realizado en el Vivero Forestal FCAYF. T1: Control; T2: formulado líquido de Th5cc; T3: formulado sólido de Th5cc; T4: Th5cc adherido a la semilla (Letras diferentes indican diferencias significativas para un valor de significancia de $p \leq 0,05$).

DISCUSIÓN

En el escenario cambiante de la agricultura, la única tecnología que parece prometedora para manejar las enfermedades sin perturbar el equilibrio y composición del ambiente y el ecosistema es el uso de agentes de control biológico.

Incorporar *Trichoderma* spp. al suelo provoca un aumento de la población y de este modo retrasa el establecimiento de microorganismos patógenos. Existen varios trabajos referentes a la aplicación de agentes de control biológico en el suelo antes o en el momento de la siembra para el control de una amplia gama de hongos patógenos (Kumar, 2010; Kumar et al., 2009). La eficiencia de la aplicación de *T. harzianum* como antagonista en plantas está fuertemente relacionada con su formulado, ya que este tiene una clara influencia en la supervivencia en el suelo.

En este trabajo se evaluó la potencialidad del establecimiento de *T. harzianum* en el suelo bajo diferentes formas de incorporación, con el objeto de conocer cuál es el más efectivo en mantener la población del antagonista a niveles moderados, para continuar con su actividad biocontroladora. De acuerdo con nuestros resultados, la formulación líquida y el recubrimiento de las semillas resultaron ser más efectivas en mantener la población de *T. harzianum* a mayores niveles que el control. Contrariamente, cuando el antagonista se aplicó como formulado sólido, la población aumentó hasta los 60 días, pero luego se observó una disminución hacia los 90 días. Estos resultados difieren de los observados por Martínez-Medina et al., (2017), quienes afirman que en los tratamientos en los que *T. harzianum* se incorporó en el formulado sólido, la población se mantuvo en el nivel de inoculación, mientras que en el formulado líquido la población de *T. harzianum* se redujo en 2 órdenes de magnitud.

En concordancia con Mukhopadhyay et al., (1992) un método efectivo para incorporar el antagonista es recubrir las semillas. Cordo et al., (2007) establecieron que la técnica de recubrimiento de semillas es más efectiva contra la mancha foliar del trigo que la técnica de asperjado foliar. En el recubrimiento de semilla los propágulos de los agentes de biocontrol germinan en la superficie de esta y colonizan las raíces de las plántulas y la rizosfera rápidamente (Kumar et al., 2009). En este sentido *T. harzianum*, *T. virens* y *T. viride* se encontraron ser eficaces protectores de semillas contra *Pythium* spp. y *Rizotocnia solani* (Mukherjee & Mukhopadhyay, 1995). Las semillas de arroz tratadas con dos hongos antagonistas, *T. viride* y *T. harzianum* fueron más resistentes al tizón de la vaina ocasionada por *Pyricularia oryzae* y provocaron un aumento en el rendimiento del cultivo (Das & Hazarika, 2000). Por lo tanto, la técnica del recubrimiento de semilla tiene ventajas potenciales dado que favorece un crecimiento rápido y uniforme de plántulas. Los conidios de *Trichoderma* germinan en la superficie de la semilla y forman una capa alrededor de ellas lo que genera que las semillas toleren condiciones adversas del suelo. Además, este método podría reducir la cantidad de antagonista que se aplica para el biocontrol de enfermedades (Yadav et al., 2013).

Los avances en la formulación de *Trichoderma* sp. han mejorado el uso de agentes de control biológico de patógenos de plantas dentro de una agricultura sustentable. Futuras investigaciones sobre el control biológico con el uso de *Trichoderma* sp. deben concentrarse en una formulación adecuada para controlar patógenos foliares y aéreos considerando su naturaleza endofítica. Es necesario fortalecer la asociación entre la investigación y la industria para ampliar los sistemas de producción, incluir la producción a gran escala de formulados a base de *Trichoderma* sp.. Particularmente, estos desarrollos permitirán incorporar estas metodologías en los campos

de los pequeños agricultores familiares principalmente en los países en vía de desarrollo.

BIBLIOGRAFIA

- Benítez, T., A. Rincón, M. Limón & A. Codón.** 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*. 7: 249-260.
- Cordo, C., C. Mónaco, C. Segarra, A. Perelló, D. Bayo, A. Mansilla, N. Kripelz & R. Conde.** 2007. *Trichoderma* spp. as elicitors in the defense responses of wheat plants against *Septoria tritici*. *Biocontrol Science and Technology* 17: 687-698.
- Das, B.C. & D.K. Hazarika.** 2000. Biological management of sheath blight of rice. *Indian Phytopathol.* 53(4):433-435.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W. Robledo.** 2015. InfoStat versión. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Elad, Y., I. Chet & Y. Henis.** 1981. A selective medium for improving quantitative isolation of *Trichoderma* spp. from soil. *Phytoparasitica* 9: 59-67.
- Fravel, R.** 2005. Commercialization and implementation of biocontrol. *Ann. Rev. of Phytopathol.* 43: 337-359.
- Hermosa, R., A. Viterbo, I. Chet & E. Monte.** 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology*. 158: 17-25.
- Howell, C.R.** 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant Dis.* 87: 4-10.
- Kumar, S.** 2010. Integrated management of maydis leaf blight of maize. *Annals of plant Protect. Sci.* 18(2):536-537.
- Kumar, S., J.P. Upadhyay & A. Rani.** 2009. Evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium udum* Butler causing wilt of Pigeon pea. *J. Biol. Control* 23(3):329-332.
- Martinez-Medina, A., I. Fernandez, G. Lok, M. Pozo, C. Pieterse & S. Van Wees.** 2017. Shifting from priming of salicylic acid- to jasmonic acid-regulated defences by *Trichoderma* protects tomato against the root knot nematode *Meloidogyne incognita*. *New Phytologist* 213: 1363-1377.
- Mónaco, C., C. Abramoff, G. Lampugnani, M. Stocco, N. Kripelz & C. Cordo.** 2014. Capacidad biocontroladora de *Trichoderma* sp. sobre la manifestación de la septoriosis del trigo. 1º Simposio Internacional de Trigo, Uruguay 28-30 de Agosto.
- Mukherjee, P.K. & A.N. Mukhopadhyay.** 1995. *In situ*, mycoparasitism of *Gliocladium virens* on *Rhizoctonia solani*. *Indian Phytopathol.* 48(1):101-102.
- Mukhopadhyay, A.N., S.M. Shrestha & P.K. Mukherjee.** 1992. Biological seed treatment for control of soilborne plant pathogens. *FAO. Plant Prot Bull* 40:21-30
- Stefanova, M.** 2000. Producción y aplicación de *Trichoderma* spp. Como antagonista de hongos fitopatógenos. Informe técnico de investigación, INISAV, La Habana
- Stocco, M., C. Mónaco, G. Lampugnani, C. Abramoff, N. Kripelz, G. Laporte, C. Segarra, V.F. Consolo & C. Cordo.** 2011. Banco Micológico de especies de *Trichoderma*. 2º Congreso Argentino de Fitopatología. 1, 2 y 3 de junio de 2011. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. p 392.
- Stocco, M., F. Consolo, C. Mónaco, N. Kripelz, G.L. Salerno & C. Cordo.** 2012. Control biológico de la mancha de la hoja del trigo con especies del género *Trichoderma*. En: Cereales de Invierno II Jornada Temática del INBA "La investigación científico-técnica en cereales de Invierno". Universidad Nacional del Centro. Buenos Aires, Argentina, p 288.
- Stocco, M., C. Mónaco, C. Abramoff, G. Lampugnani, G. Salerno, N. Kripelz, C. Cordo & V.F. Consolo.** 2016. Selection and characterization of Argentine isolates of *Trichoderma harzianum* for effective biocontrol of Septoria leaf blotch of wheat. *World J Microbiol Biotechnol* 32:49 2-10.
- Yadav, S.K., A. Dave, A. Sarkar, H.B. Singh & B.K. Sharma.** 2013. Coinoculated biopriming with *Trichoderma*, *Pseudomonas* and *Rhizobium* improves crop growth in *Cicer arietinum* and *Phaseolus vulgaris*. *Int. J. Agric. Biol.* 6(2): 255-259.

Capacidade de carga na trilha principal da ARIE da Floresta da Cicuta, Volta Redonda-Barra Mansa, Rio de Janeiro, Brasil

Tobias Lee, Lundoio^{1,4}; Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho²; Camila Riquete Coelho²; Lucinere de Souza Quintanilha Carvalho²; Sabrina Aires Garcia²; Márcia Valéria da Fonseca Porto³; Sandro Leonardo Alves³; Welington Kiffer de Freitas²

¹ Departamento de Microbiologia Agrícola, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil; ² Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil; ³ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil; ⁴ lundoiolee@id.uff.br

Tobias Lee, Lundoio; Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho; Camila Riquete Coelho; Lucinere de Souza Quintanilha Carvalho; Sabrina Aires Garcia; Márcia Valéria da Fonseca Porto; Sandro Leonardo Alves; Welington Kiffer de Freitas (2019) Capacidade de carga na trilha principal da ARIE da Floresta da Cicuta, Volta Redonda-Barra Mansa, Rio de Janeiro, Brasil. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 217-226. <https://doi.org/10.24215/16699513e021>

O presente estudo foi realizado na ARIE da Floresta da Cicuta, Barra Mansa e Volta Redonda (RJ). Teve como objetivo determinar e avaliar o potencial de gestão e a Capacidade de Carga Turística da Trilha Principal da ARIE dessa UC, gerando um valor estimado do número de visitantes por dia, complementando o Plano de Manejo da referida ARIE. Para a determinação de capacidade de carga turística da trilha principal da ARIE foi aplicado o método proposto por Cifuentes (1992). O presente estudo demonstrou que a trilha está, relativamente, bem alinhada com o SNUC. A Capacidade de Carga Efetiva encontrada para a trilha foi de 208 visitas x dia⁻¹. Esse estudo poderá contribuir com o processo de atualização do Plano de Manejo da ARIE, sendo complementado com outros estudos.

Palavras-chave: uso público, impacto ambiental, manejo, conservação, recreação ao ar livre

Tobias Lee, Lundoio; Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho; Camila Riquete Coelho; Lucinere de Souza Quintanilha Carvalho; Sabrina Aires Garcia; Márcia Valéria da Fonseca Porto; Sandro Leonardo Alves; Welington Kiffer de Freitas (2019) Determination on the carrying capacity in the Main Trail of Cicuta's ARIE, Volta Redonda-Barra Mansa, Rio de Janeiro, Brasil. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 217-226. <https://doi.org/10.24215/16699513e021>

The present study was carried out in the ARIE of the Cicuta Forest, Barra Mansa and Volta Redonda (RJ). The objective was to determine the tourism carrying capacity of the Main Trail of the ARIE, generating an estimated number of visitors per day, and to evaluate the management potential to complement the Management Plan. The method proposed by Cifuentes (1992) was applied to determine the tourist carrying capacity. The present study demonstrated that the trail is relatively well aligned with the National System of Protected Areas (SNUC). The Effective Carrying Capacity was 208 visitors x day⁻¹. This study may contribute to the process of updating the ARIE Management Plan, but should be complemented with other studies (Acceptable Exchange Limit - AEL, Visitor Impact Management - VIM, etc.).

Keywords: public use, environmental impact, management, conservation, outdoor recreation

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 19/07/2018

Aceptado: 16/08/2019

Disponibile on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUÇÃO

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), regulamentado pela Lei Federal Nº 9.985/2000, define Unidade de Conservação (UC) como “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (Brasil, 2000).

Considerando apenas as UCs Federais, sob tutela do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o território nacional encontra-se protegido por mais de 1 milhão de Km² com diferentes categorias de manejo e, somente o ano de 2017, registrou a visita de cerca de 10 milhões de pessoas (ICMBio, 2018).

Dentre as categorias de manejo previstas pelo SNUC, encontram-se as Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIEs), pertencente ao grupo de Uso Sustentável. As ARIEs podem ser implementadas em terras públicas ou privadas. Em geral, possuem pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriguem exemplares raros da biota regional, objetivando manter os ecossistemas naturais, de importância, regional ou local, buscando compatibilizar os objetivos de conservação com atividades desenvolvidas pela sociedade (Brasil, 2000). De acordo com o SNUC, nessas áreas, respeitados os limites legais, podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade, podendo ser permitidas a realização de pesquisa científica e a visitação, de acordo com a regulamentação estabelecida pelo Plano de Manejo (Brasil, 2000).

O Plano de Manejo é um documento técnico baseado em atributos biogeofísicos e socioeconômicos, o qual estabelece o zoneamento da UC, conforme os objetivos de manejo, para servir como referência de manejo e gestão das UCs, inclusive para o direcionamento da implantação de estruturas físicas, por exemplo, sistema de trilhas (Brasil, 2000). Conforme Bonatti et al. (2006); Souza & Martos (2008), quando os Planos de Manejo não atendem efetivamente a vocação para o uso público podem inviabilizar o potencial de visitação e recreação das UCs pertencentes a categorias de manejo que preveem essas atividades.

As atividades de uso público em UCs e outras áreas naturais protegidas podem resultar em importantes serviços ecossistêmicos para a nossa sociedade, mas essas atividades também podem induzir efeitos indesejáveis em vários componentes ecológicos, além de comprometer a experiência dos visitantes (Marion et al., 2016).

Nesse aspecto, a capacidade de carga turística (CCT) é uma ferramenta de gestão ambiental que visa determinar o número de visitantes em um determinado local, por um período de tempo, onde se realizam estimativas baseadas em parâmetros específicos, com o objetivo de mitigar as externalidades negativas provenientes das atividades de uso público sobre o ambiente natural, sem prejuízo na qualidade e na experiência dos visitantes (Gil et al., 2014; Soria-Díaz,

2013). A expressão capacidade de carga foi adaptada para o manejo das atividades de uso público em áreas naturais a partir de estudos realizados pelos pesquisadores de produção animal para definir a quantidade de animais que uma determinada área, expressa em ha, pode sustentar como fonte de recurso para a pastagem (Dal Soller & Borghetti, 2013).

Inicialmente, Cifuentes (1992) propôs uma metodologia para a determinação da Capacidade Carga em áreas naturais. Em seu estudo, na Reserva Biológica de Carrara (Costa Rica), foi estimada a Capacidade de Carga Efetiva (CCE) para o uso público na trilha “Quebrada Bonita”, considerando fatores de correção (FC) como: duração do dia, precipitação, erodibilidade do solo, acessibilidade dos usuários, distúrbios da fauna e temporariedade, chegando ao número de 11 visitantes x dia⁻¹.

Desde então, esse método foi sendo disseminado para o mundo, sendo aplicado em diferentes áreas envolvidas com o uso público. Amador et al. (1996) analisaram diferentes sítios de visitação no Parque Nacional de Galápagos (Equador); Sayan & Atik (2011) avaliaram rede de trilhas do Parque Nacional de Termessos (Turquia); Ríos-Jara et al. (2013) aplicaram o método nas trilhas sub aquáticas no Parque Nacional da Ilha Isabel (México); Queiroz et al. (2014) nas trilhas de pedestres do sítios da rede Natura 2000 nas ilhas do Açores (Portugal); Cimnaghia & Mussini (2015) aplicaram o método para investigar o fluxo turístico e uso dos espaços da Galeria Nacional de Marche e do museu de artes do século XXI (Itália); Ibanez Pérez (2016) estimou a carga em unidades de manejo ambiental para o ecoturismo em Baja California Sur (México), dentre outros. No Brasil, muitos estudos também se apoiaram no método descrito por Cifuentes para o manejo da visitação em áreas protegidas: Bonatti et al. (2006), nas trilhas da Floresta Nacional São Francisco de Paula (RS); Ruschmann et al. (2008), no planejamento turístico Praia Brava (Itajaí, SC) e outros.

Diante disso, o presente trabalho objetivou determinar e avaliar o potencial de gestão e a Capacidade de Carga Turística da trilha principal da ARIE da Floresta da Cicuta, localizada nos municípios de Volta Redonda e Barra Mansa, RJ, gerando um valor estimado do número de visitantes por dia, contributo para a gestão sustentável da área, e destarte, complementando o Plano de Manejo da referida UC.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A ARIE da Floresta da Cicuta possui 131 ha e está inserida na sub-bacia do Médio Paraíba, Brasil, entre as coordenadas 22°32'28.08" e 22°33'27.32"S e 44°05'42.74" e 44°05'0.66"O, nos limites dos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda (Souza et al., 2007).

O histórico de criação da ARIE da Floresta da Cicuta remonta a década de 1940. Nessa fase, a Fazenda Santa Cecília, integrante do patrimônio da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), manteve-se aberta à visitação pública até o ano de 1972. A partir dessa data, a área foi fechada pela própria CSN, objetivando a

preservação ambiental. A ARIE da Floresta da Cicuta foi criada, de fato, através do Decreto Federal Nº 90.972/85. A partir disso a gestão passou para o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), visando a proteção de um dos últimos remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual na região do médio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. Em 1993, a CSN foi privatizada e, como o perímetro legal da UC não foi ressaltado, passou a constituir um modelo misto de gestão, envolvendo a proprietária da terra (CSN) e o órgão ambiental (IBAMA). Posteriormente, em 2007, a ARIE passou para a tutela do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2016).

A vegetação da região é caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual Submontana. Na ARIE predominam os mesofanerófitos, com a participação de megafanerófitos sobressaindo na linha do dossel arbóreo, com destaque para as espécies pertencentes à família Euphorbiaceae - *Actinostemon klotzschii* (Didr.) Pax, *Senefeldera verticillata* (Vell.) Croizat e *Maprounea guianensis* Aubl. (Souza et al., 2007).

O relevo da região caracteriza-se como “mar de morro”, pertencentes às unidades geomorfológicas de planície de leito fluvial, formada por sedimentos dispostos no fundo do vale, além de frequentes afloramentos cristalinos, provavelmente, formado por rochas granítico-gnáissicas. A concentração de pequenos

vales proporcionou o assentamento urbano e industrial das cidades de Volta Redonda e Barra Mansa (ICMBio, 2016).

O clima predominante é o mesotérmico (Cwa), inverno seco e verão quente e chuvoso, com elevados índices de umidade (77%), mesmo nos meses de inverno (Souza et al., 2007). Conforme Fonseca (2018), nessa região, os meses de novembro a março compreende o período mais chuvoso e mais quente no município.

A trilha principal é o mobiliário mais utilizado no programa de uso público na ARIE da Floresta da Cicuta. Essa trilha possui um traçado linear, com 1.753 m de extensão, os quais os visitantes percorrem em 3 horas, considerando o tempo de ida e volta, incluindo atividades de educação e interpretação ambiental, desenvolvidas pela equipe da ARIE. O percurso compreende desde a entrada, na placa de criação da ARIE até a cachoeira do rio Brandão, afluente do Paraíba do Sul. O critério arbitrado durante a oficina de planejamento (OOP) do Plano de Manejo, em 2006, após a avaliação dos pesquisadores e representantes do ICMBio envolvidos no processo, definiu que as atividades na trilha seriam de dois grupos por dia, com 20 visitantes cada grupo (Figura 1). A trilha apresenta baixo grau de dificuldade, recomendada para todas as idades, sendo inapropriada para o trânsito de cadeirantes, devido à irregularidade do terreno e à falta de infraestrutura adequada para visitantes com deficiência física.

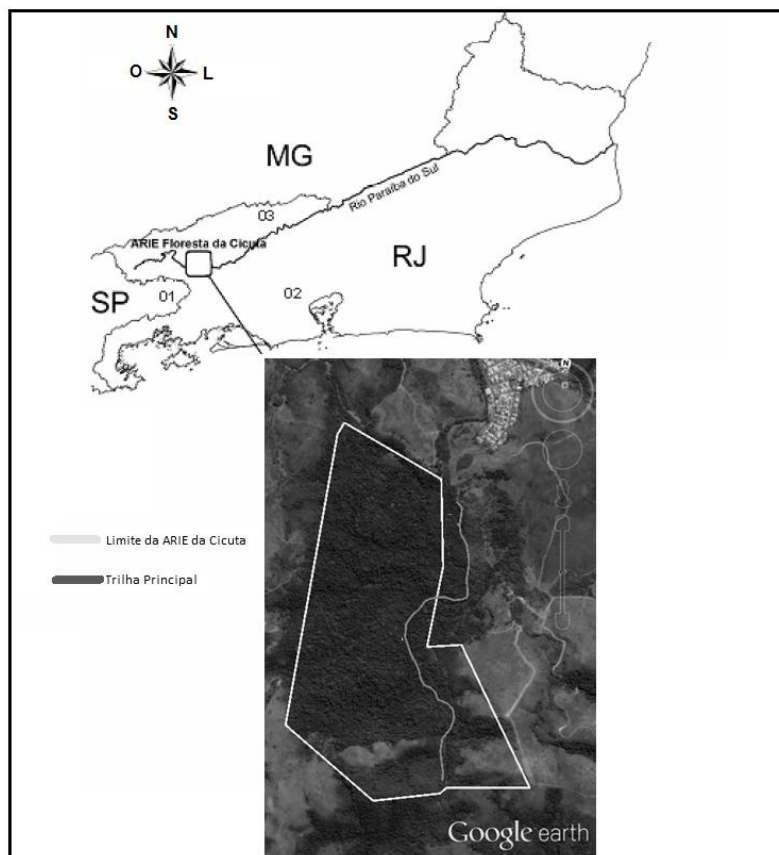


Figura 1. Localização da ARIE e da Trilha Principal da Floresta da Cicuta, Volta Redonda, Barra Mansa, RJ. Adaptado de Souza et al. (2007).

Aspectos metodológicos

Para a realização da avaliação dos aspectos da gestão da UC foram considerados documentos oficiais (Plano de Manejo da UC, relatórios das Oficinas de Planejamento Participativo - OPP e site do ICMBio), Roteiros Metodológicos (RAPPAN), artigos publicados em periódicos, além de consulta a equipe gestora.

A determinação da Capacidade de Carga da Trilha Principal da ARIE da Floresta da cicutá foi realizada durante o mês de maio de 2016. Todo o traçado da trilha foi subdividido em 24 seções, com 73 metros cada, demarcadas com bandeirolas afixadas no solo, confeccionadas com arame e plástico vermelho. Ao longo de cada seção, foram observadas características, como: largura da trilha, declividade, alagamento, presença de atalhos, sinais de erosão do solo, tipo de piso, interferências antrópicas (depósito de resíduos, inscrições em árvores, infraestrutura, características da vegetação e espécies notáveis da flora). Para a coleta dos dados foram utilizados: trena de 50 m, altímetro digital, GPS Garmin Etrex 2.2, clinômetro do tipo Suunto. Todos os registros foram feitos em caderneta de campo. Depois de concluído o trabalho de campo, procedeu-se a fase de pesquisa documental, durante os meses de junho a outubro de 2016, através da consulta de relatórios técnicos fornecidos pela administração da UC, diplomas legais e artigos científicos. A pesquisa foi desenvolvida de acordo com a metodologia proposta por Cifuentes (1992), sintetizada na Figura 2.

Para a determinação de capacidade de carga turística,

metodologia na qual o presente estudo se baseou, têm-se:

Capacidade de Carga Física (CCF): é o limite máximo de visitas que se pode fazer em um local com espaço definido, em um tempo determinado. Podendo ser expressa com a fórmula geral:

$$CCF = (V \times A^{-1}) \times s \times t \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

$V \times A^{-1}$: Visitantes por área ocupada.

s: Superfície disponível para uso público.

t: Tempo necessário para efetuar a visita.

Premissas

1. Segundo Cifuentes (1992) estima-se que uma pessoa requer 1m^2 de espaço para se mover livremente;
2. O tempo necessário para a visita na trilha tem duração de 3 horas, incluindo as atividades de interpretação guiada e contemplação da cachoeira (ICMBio, 2016).

Capacidade de Carga Real (CCR): é o limite máximo de visitas, determinado a partir da CCF de um lugar, após submetê-lo aos fatores de correção definidos em função das características particulares do lugar. Os fatores de correção são obtidos considerando variáveis físicas, ambientais, ecológicas, sociais e de manejo. Podendo ser expressa pela fórmula geral:

Figura 2. Processo de Planejamento para manejo de Visitação em Unidades de Conservação. Adaptado de Cifuentes (1992).



$$CCR = (CCF \times FC) \quad (\text{Eq. 2})$$

Fatores de Correção (FC):

a) FC_{BS} - *Brilho Solar*: A radiação no período de um dia é bem mais intensa entre 12hs às 14hs, o que dificulta a visitação, por exemplo, em sítios sem cobertura do dossel florestal (Cifuentes, 1992).

Onde:

Mi = Radiação no horário da visita
Mt = Radiação total na ARIE

$$FC_{BS} = 1 - Mi \times Mt^{-1} = (\%) \quad (\text{Eq. 2.1})$$

MI - Magnitude limitante / Mt - Magnitude total

Premissas

1. Hora de brilho solar durante a visitação

b) FC_E - *Erodibilidade*: Esse fator busca analisar o efeito da erosão potencial e efetiva no sítio de visitação. Uma trilha se torna mais ou menos suscetível à erosão de acordo com o tipo de solo (TS), a declividade (D) do terreno e o tipo de atividade que nela se desenvolve. A aplicação dos fatores de correção para erodibilidade é um critério de decisão de manejo da equipe responsável, sendo recomendado o fator 2 para os trechos com média vulnerabilidade à erosão e 3 para os trechos críticos (Cifuentes, 1992; Mitraud, 2003).

Onde:

$$Mi = \sum_{i=1}^n (a_i + b_i) = (m)$$

a_i = trechos com fator 2 / b_i = trechos com fator 3
Mt = Comprimento total da trilha (m)

$$FC_E = 1 - (Mi \times Mt^{-1}) = (\%) \quad (\text{Eq. 2.2})$$

MI - Magnitude limitante / Mt - Magnitude total

Premissas

TS	D ≤ 10%	10% < D ≤ 20%	D > 20%
Pedregoso	Baixa	Média	Alta
Argiloso	Baixa	Média	Alta
Areno-argiloso	Baixa	Média	Alta

c) FC_A - *Acessibilidade*: Refere-se ao grau de dificuldade que os visitantes poderiam encontrar em seus deslocamentos durante o percurso da trilha (Cifuentes, 1992).

Onde:

$$Mi = \sum_{i=1}^n (a_i + b_i + c_i) = (m)$$

a_i = fator 1 / b_i = fator 1,5 / c_i = fator 2
Mt = Comprimento total da trilha (m)

$$FC_A = 1 - (Mi \times Mt^{-1}) = (\%) \quad (\text{Eq. 2.3})$$

MI - Magnitude limitante / Mt - Magnitude total

Premissas

D ≤ 10% - Fator 1
10% < D ≤ 20% - Fator 1,5
D > 20% - Fator 2

d) FC_P - *Precipitação*: Com base no climograma abaixo (Figura 3) foram estabelecidos os dias em que a trilha deve permanecer em funcionamento e os dias em que a visitação deve ser interrompida, em épocas que as séries históricas apresentam maiores riscos de chuvas fortes, especialmente, no período vespertino na região.

Onde:

Mi = Trilha fechada (dia)
Mt = Trilha aberta (dia)

$$FC_P = 1 - (Mi \times Mt^{-1}) = (\%) \quad (\text{Eq. 2.4})$$

MI - Magnitude limitante / Mt - Magnitude total

Premissas

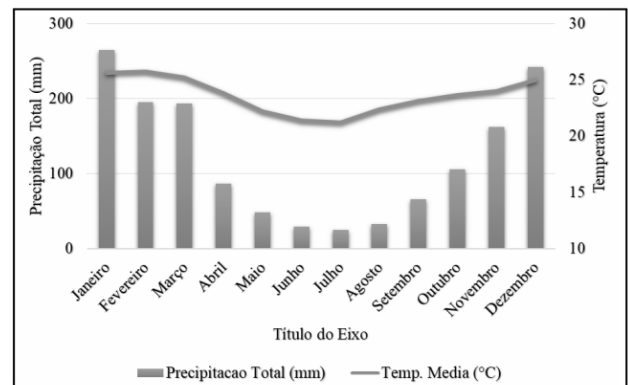


Figura 3. Climograma para a série histórica de temperatura e precipitação em Volta Redonda-RJ (1967 - 2016). Fonte: Fonseca (2018).

e) FC_F - *Fauna*: Na ARIE da Floresta da Cicuta podem ser encontrados exemplares da fauna como o bugio (*Alouatta clamitans*) e a jagatirica (*Felis pardalis* ou *Leopardus pardalis*), ambos ameaçados de extinção na região (ICMBio, 2016). Portanto, deve-se evitar a circulação de pessoas, uma vez que qualquer distúrbio no ambiente pode interferir no processo de reprodução dessas espécies (Cifuentes, 1992).

Onde:

Mi = Período de reprodução (mês)
Mt = Ciclo de avaliação (mês)

$$FC_F = 1 - (Mi \times Mt^{-1}) = (\%) \quad (\text{Eq. 2.5})$$

MI - Magnitude limitante / Mt - Magnitude total

f) FC_{ST} – *Séries Temporais*: Segundo Cifuentes (1992) esse fator representa o tempo necessário para as atividades de manutenção do sítio em questão, em relação à drenagem, controle de erosão, pontes, travessias, fechamento de desvios, sinalização, desobstrução de traçado, etc.

Onde:

Mi = Período de manutenção da trilha (dia)

Mt = Período de visitação (dia)

$$FC_{ST} = 1 - (Mi \times Mt^{-1}) = (\%) \quad (\text{Eq. 2.6})$$

MI - Magnitude limitante / Mt - Magnitude total

O conceito de CCR permite estimar as experiências dos visitantes considerando implicações físicas, ecológicas e sociais (Cupul-Magaña & Rodríguez-Troncoso, 2017). No entanto, a carência de infraestrutura física e a capacidade de gestão das áreas protegidas vem comprometendo a concomitância das atividades de uso público com o cumprimento dos objetivos de conservação dessas áreas (Canto-Silva & Silva, 2017). Por isso, Cifuentes (1992) recomenda que seja levada em conta a capacidade de manejo mínima indispensável para se estabelecer um percentual referente à Capacidade de Carga Real, considerando variáveis como respaldo jurídico e político, equipamentos disponíveis, dotação de pessoal, orçamento anual e condições de infraestrutura para a manutenção e atendimento ao visitante. Segundo Bonatti et al. (2006), a Capacidade de Manejo (CM), é um fator expresso em porcentagem, que está relacionado com variáveis tais como: recursos humanos, orçamento anual, condições de infraestrutura e outras.

$$CCE = CCR \times CM \quad (\text{Eq. 2.7})$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB) exige que as áreas protegidas sejam “gerenciadas de forma efetiva e equitativa”. No entanto, a implementação de iniciativas de conservação não é a garantia de sucesso ecológico ou de benefício para os seres humanos (Bennett, 2016). Conforme Medeiros & Pereira (2011) a gestão dessas áreas deve ser realizada a partir de um processo contínuo e necessário para que efetivamente se cumpram os objetivos estabelecidos para o seu manejo.

A análise de políticas sobre as Unidades de Conservação demonstra que o objetivo principal da categoria de manejo ARIE é a conservação de recursos naturais de relevância regional, normalmente em áreas com baixa ocupação humana (Brasil, 2000). Conforme Nascimento et al. (2016), nas categorias de manejo em que o uso público está previsto, como as ARIEs, os gestores devem também proporcionar aos visitantes a oportunidade de conhecer, entender e valorizar os recursos naturais e culturais existentes nesses espaços.

As diretrizes para visitação em Unidades de Conservação, estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), ressaltam que as atividades de uso público devem estar claramente regulamentadas pelo Plano de Manejo, considerando: o perfil do público; o zoneamento da área; busca de infraestrutura e equipamentos adequados, incluindo técnicas de monitoramento dos indicadores vinculados aos impactos provenientes dessas atividades aliado à satisfação dos visitantes.

De acordo com o resultado do estudo intitulado “Avaliação Rápida e a Priorização do Manejo de Unidades de Conservação das UCs Federais” (Rapid Assessment and Prioritization of Protected Area Management – RAPPAM), a ARIE da Floresta da Cicuta encontra-se relativamente bem alinhada, atingindo um índice de efetividade de manejo de 41%. Esse estudo aponta os maiores destaques para a importância biológica da área (89%), comunicação e informação (83%), infraestrutura (76%) e cumprimento dos objetivos de manejo (67%). Por outro lado, os aspectos relacionados ao planejamento, gestão, pesquisa, avaliação e monitoramento foram normativas gerais tratadas pelo SNUC, enquanto fatores que não pontuaram na ocasião do estudo (ICMBio, 2011). No entanto, hoje, após o empenho da equipe gestora da Floresta da Cicuta no sentido de aprovar o Plano de Manejo, instituir Conselho Gestor, estabelecer um programa de visitação guiada continuada para grupos específicos, como: escolas, grupos religiosos, agentes comunitários, etc (ICMBio, 2016), a efetividade de manejo da UC atingiu pontuações representativas nos quesitos mal classificados naquela ocasião.

A ampliação e a atualização desses quesitos de manejo devem contar com constantes investimentos, inclusive aqueles relacionados à visitação. Segundo Medeiros & Pereira (2011), a visitação pública em UCs pode gerar uma série de benefícios, porém, quando mal planejada e gerida, também causar riscos e impactos.

Watson et al. (2014) afirmam que a falta de investimentos, seja de recursos humanos ou financeiros, afetam o desempenho das áreas protegidas, inclusive interferindo no processo de demarcação de fronteiras, aplicação efetiva da lei, manejo de recursos naturais e culturais e a provisão de infraestrutura adequada para o manejo das UCs, o que em conjunto pode tornar essas áreas desinteressantes para a sociedade. Um fato de extrema importância para a consolidação de um programa de uso público em UCs refere-se aos recursos humanos, com capacitação continuada da equipe sobre temas correlacionados com o uso público (Bernard et al., 2014; MMA, 2006). Marion et al. (2016) ressaltam que o investimento nas áreas protegidas se justifica, pois a gestão profissional dos impactos dos visitantes requer um conhecimento profundo sobre os diferentes tipos de impactos, sua gravidade, extensão, distribuição espacial, e a influência de fatores, alguns dos quais são fatores causais, como a quantidade de uso e o comportamento visitante, e outros são fatores não-causais, tais como suscetibilidade ambiental.

O zoneamento da ARIE da floresta da Cicuta, proposta pelo Plano de Manejo, define três zonas. A Zona de Amortecimento que compreende o entorno da ARIE, onde as atividades humanas estão sujeitas às normas e

restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a UC. Uma Zona de Proteção, que compreende 77% da ARIE, contendo áreas naturais ou que tenham recebido grau mínimo de intervenção humana. E, finalmente, a Zona de Recuperação que apresenta em seus limites áreas antropizadas: linha de transmissão e infestações de espécies exóticas (capim colônia, bambus), margeando o rio Brandão, compreendendo 18% da UC. Essa classificação possui caráter transitório, já que uma vez recuperada será incorporada novamente à Zona de Proteção. Ríos-Jara et al. (2013), Malik & Bhat (2015) afirmam que em ecossistemas frágeis devido ao tamanho, como no caso da trilha principal da ARIE da Cicuta, é importante estabelecer um zoneamento apropriado, com critérios para o uso dos serviços ecossistêmicos de acordo com suas potencialidades, considerando suas implicações socioambientais.

O traçado da trilha principal projeta-se justamente na área de contato entre as Zonas de Proteção e de Recuperação, com início no marco de criação da ARIE até a cachoeira do rio Brandão. Em seu percurso os visitantes apreciam aspectos cênicos que a UC oferece em termos de fauna e flora. Entre as espécies da flora foram encontrados vários exemplares de grande importância, como o jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), além de uma figueira centenária (*Ficus cyclophylla*). No fim dessa trilha, está localizado o principal ponto de interesse da visita, a cachoeira do Rio Brandão.

Nesse estudo os fatores sociais não foram considerados nos cálculos, porque a equipe da ARIE já adota como procedimento para visita nessa trilha a formação de grupos com, no máximo, 10 indivíduos, partindo da premissa que cada indivíduo necessita de 1m² de trilha para seu conforto e segurança e que a distância mínima entre dois grupos não seja inferior a 100m. Ademais, as atividades relacionadas ao monitoramento e à manutenção podem ser realizadas pela própria equipe da ARIE e grupo de voluntários da UC, já que os grupos só visitam a trilha três vezes por semana. O que pressupõe que não há danos ou deterioração causados pelos visitantes durante o visita. Com isso, a determinação da Capacidade de Carga Turística para a trilha Principal foi de uma CCE de 208 visitas x dia⁻¹ (Tabela 1).

Os fatores de correção relacionados aos aspectos climáticos brilho solar (F_{BS} = (86,36%) e precipitação (F_p = 74,20%) e foram os quesitos mais restritivos para

o número de visitas (Tabela 1). Conforme Gois et al. (2019) o balanço hídrico dessa região apresenta distribuição irregular na chuva mensal, com estação chuvosa iniciando em setembro, com o maior excedente hídrico em janeiro e dezembro, períodos em que o fator de correção poderia ser mais limitante. Dacanal et al. (2010) quando compararam a percepção sobre conforto térmico em ambientes urbanos abertos e florestados no interior de São Paulo constataram que 75% dos entrevistados acharam os ambientes florestais mais frescos, considerando as variáveis microclimáticas. Para o público entrevistado, no geral, os ambientes florestados são percebidos como locais confortáveis, devido à “presença da natureza”. A Região do médio Paraíba do Sul apresenta um clima com inverno seco e verão quente, diante disso as experiências em ambientes florestais podem representar uma alternativa de lazer bastante apropriada nos dias mais propícios ao longo do ano.

Por outro lado, os fatores de correção que menos restringiram a visita foram a capacidade de manejo (F_{CM} = 41%) e a Acessibilidade (F_E = 52,51%). Zanzini & Macedo (1999) apud Bonatti et al. (2006) recomendam para áreas protegidas em países em desenvolvimento a adoção de um fator de capacidade de manejo de 30%. A trilha possui uma declividade muito baixa (máxima 5°), todavia quando associada à observação visual da compactação do solo seus efeitos podem ser ainda mais restritivos. Conforme Eisenlohr et al. (2013), a compactação do solo não é considerada na maioria dos métodos de cálculo de capacidade de carga e pode contribuir significativamente para acelerar os processos de erosão do solo, especialmente, nas áreas de maior declividade ou escassa cobertura vegetal. A sede da ARIE fica instalada a cerca de 3 km da unidade, o que demanda disponibilidade de transporte do órgão gestor para garantir o deslocamento dos usuários até a trilha. Nas duas cidades falta uma estratégia de marketing adequada para divulgação dos objetivos de conservação da Floresta da Cicuta para o público em geral. Dessa forma, o fortalecimento da visita na ARIE da Floresta da Cicuta ainda precisa de muitos investimentos no sentido de tornar essa atividade acessível para a população, principalmente, de Volta Redonda e Barra Mansa. De acordo com Cimnaghia & Mussini (2015), esses fatores atestam a baixa capacidade de manejo para o desenvolvimento do uso público na ARIE.

Tabela 1. Capacidade de carga turística para a visita na Trilha Principal da ARIE da Cicuta, Volta Redonda, Barra Mansa, RJ.

CCF (Eq. 1)	$(1 \times 1 \text{ m}^2) \times 1.753 \text{ m}^2 \times 2 \text{ visitas} \times \text{dia}^{-1} \times \text{visitante}^{-1}$	3.506 visitas x dia ⁻¹
CCR (Eq. 2)	$3.506 \times 0,8636 \times 0,7376 \times 0,5251 \times 0,7421 \times 0,5820$	507 visitas x dia ⁻¹
FC _{BS} (Eq. 2.1)	$1 - (3.656,96 \text{ h} \times \text{dia}^{-1} / 4.386,96 \text{ h} \times \text{dia}^{-1})$	0,8636
FC _E (Eq. 2.2)	$1 - (140 \text{ m} \times 2) + (60 \text{ m} \times 3) / 1753 \text{ m}$	0,7376
FC _A (Eq. 2.3)	$1 - (832,5 \text{ m} / 1753 \text{ m})$	0,5251
FC _P (Eq. 2.4)	$1 - (66,8 \text{ dias} / 259 \text{ dias})$	0,7420
FC _F (Eq. 2.5)	$1 - (153 \text{ dias} / 366 \text{ dias})$	0,5820
FC _{ST} (Eq. 2.6)	$1 - (0 \text{ dias} / 142 \text{ dias}) \times 100$	-
CCE	CCR x 41%	208 visitas x dia ⁻¹

Conforme Limberger e Pires (2014), a metodologia de Cifuentes (1992) para estimar a capacidade de carga turística é amplamente utilizada no Brasil. Sendo associada à, aproximadamente, 60% das publicações, considerando periódicos e anais de congresso, durante o período de 1997 a 2014, a partir da avaliação de estudos relacionados ao manejo de impacto da visitação em áreas protegidas, segundo esses autores. A avaliação empírica prática pela equipe de gestão da ARIE compreende o limite de 40 visitantes x dia⁻¹, ou seja, número inferior à capacidade de carga diária estimada por esse estudo (208 visitantes x dia⁻¹). Os estudos realizados para estimar a Capacidade de Carga em trilhas, utilizando a metodologia proposta por Cifuentes (1992) e suas adaptações, admitem resultados muito dispares, quando comparados entre eles, isso ocorre devido às diferenças ambientais observadas em de cada sítio (clima, fauna, vegetação); as características e capacidades de manejo (número de trilhas, tamanho do percurso, capacidade da equipe técnica, opções de atrativos/ intensidade de visitas) adotadas, além de fatores intrínsecos de cada trilha como: tipo de solo, relevo, cobertura do dossel e outras. Por exemplo, Sayan & Atik (2011) encontraram um valor de 79 visitantes x dia⁻¹ para as trilhas do Parque Nacional de Termessos (Turquia), local com clima mediterrâneo e a maioria dos traçados com declividade superior a 20%. Já Bonnatti et al. (2006) estimaram um valor de 19 visitantes x dia⁻¹ na Floresta Nacional de São Francisco de Paula. (Rio Grande do Sul), localizada em ecossistema da Floresta Ombrófila, com topografia variada e clima chuvoso. Queiroz et al. (2014) ao avaliarem a capacidade de carga de duas trilhas em Açores (Portugal) registrando números bem diferentes em ambientes muito semelhantes, 118 visitantes x dia⁻¹ o percurso para Lagoa do Fogo-Monte Escuro e 118 visitantes x dia⁻¹ para a trilha Ponta Delgada-Fajã Grande.

Cifuentes (1992) salienta que os valores obtidos para a Capacidade de Carga são relativos e dinâmicos, porque são circunstanciais. Limberger & Pires (2014) ressalta que a Capacidade de Carga Turística (CCT) pode induzir os administradores das UCs a focarem o planejamento da visitação baseada, exclusivamente, em um número de visitas que os sítios atrativos possam receber com uma expectativa de baixo impacto, deixando de tomar providências administrativas e de manejo fundamentais para melhores práticas das atividades de educação, interpretação, turismo, lazer ou, mesmo, meramente contemplativas nesses espaços. A implementação de uma estratégia de gerenciamento que identifique especificamente essas condições e estabeleça padrões explícitos de qualidade será mais eficaz do que depender de capacidades de carga numérica. De acordo com McCool & Lime (2001), é necessária a adoção de um método para avaliar capacidade de carga não apenas de forma numérica, mas uma estratégia de gerenciamento que identifique as condições e estabeleça padrões explícitos de qualidade será mais eficaz do que depender de capacidades de carga numérica.

Nesse sentido, Takahashi & Cegana (2005); Kim et al. (2014); Limberger & Pires (2014) descrevem modelos

que se baseiam em processos de planejamento do uso público direcionados para alcançar os objetivos específicos dos sítios de visitação nas áreas protegidas. O espectro de oportunidades recreativas (ROS) segue um processo de planejamento flexível com seis etapas, e o ponto forte do ROS é o de garantir uma flexibilidade de oportunidades para a recreação, assim a ideia de diversificação na oferta leva à mitigação dos impactos nas áreas naturais, uma vez que as atividades possam ser direcionadas para os ambientes que as comportem. O limite aceitável de alteração (LAC) refere-se a um modelo para tomada de decisão que destaca a importância do manejo dos visitantes para alcançar os objetivos específicos das áreas de uso público das UCs, buscando identificar quais mudanças são aceitáveis nos ecossistemas. O processo de gestão da visitação (VAMP) objetiva integrar as necessidades dos visitantes com as oportunidades ofertadas por uma determinada área, através de uma abordagem do marketing.

McCool & Lime (2001) ressaltam que esses métodos não são quantitativos e, também, não possuem rigor analítico, por isso sugerem a adoção de técnicas de modelagem não-linear e de dinâmica do Sistema, conciliando o entendimento sobre o fluxo com as principais modificações ambientais, com impacto sobre uso de energia, geração de resíduos sólidos, qualidade da água, manejo florestal, satisfação dos turistas, dentre outras variáveis que possam compor o modelo desses métodos.

Bennett (2016); Rodella et al. (2017) destacam a importância da avaliação da percepção dos visitantes diante de suas experiências em ambientes naturais, considerando distintas categorias, como impactos sociais da conservação, resultados ecológicos de conservação, legitimidade da governança de conservação e aceitabilidade do manejo de conservação.

Cisneros et al. (2016) recomendam o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para integrar as variáveis de interesses em bases espaciais para contribuir no processo de tomada de decisão na avaliação da Capacidade de Cargas em áreas de uso público.

Todavia, Medeiros & Pereira (2011) afirmam que os Planos de Manejo em Unidades de Conservação baseiam-se no conceito de planejamento contínuo, gradativo, participativo e flexível. Conforme o SNUC, os Planos de Manejo de UCs precisam ser atualizados a cada cinco anos, no caso da ARIE da floresta da Cicuta em 2021. Sendo assim, a Metodologia de Cifuentes aplicado na Trilha Principal da ARIE não deve ser vista como uma panaceia, mas como um indicativo para ajudar na aplicação de métodos baseados nas experiências dos visitantes como, por exemplo, o LAC - durante o processo de reavaliação do Plano de Manejo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao ICMBio pela autorização, ao acesso as informações e apoio logístico durante a realização deste trabalho, bem como, ao PPG Tecnologia Ambiental (UFF).

CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a ARIE da Floresta da Cicuta está, relativamente, bem alinhada com as normativas gerais tratadas pelo SNUC; A CCE encontrada para a trilha principal da ARIE (208 visitas x dia⁻¹) sugere um bom manejo do uso público, considerado que o número empírico adotado pela equipe da UC não ultrapassa a 40 visitas x dia⁻¹; Esse estudo poderá contribuir com o processo de atualização do Plano de Manejo da ARIE, sendo complementado com outros estudos, por exemplo, o LAC.

REFERÊNCIAS

- Amador, E., L. Cayot, M. Cifuentes, E. Cruz, F. Cruz & P. Ayora.** 1996. Determinación de la capacidad de carga turística en los sitios de visita del Parque Nacional Galápagos. Servicio Parque Nacional Galápagos, Ecuador. 42p. <http://files.admonturistica.webnode.com.co/200000067-81c3882bf6/Capacidad%20de%20carga.pdf>
- Bennett, N. J.** 2016. Using perceptions as evidence to improve conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 30: 582-592. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cobi.12681>
- Bernard, E., L. A. Penna & E. Araújo.** 2014. Downgrading, downsizing, degazettement, and reclassification of protected areas in Brazil. *Conservation Biology*, 28: 939-950. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cobi.12298>
- Bonatti, J., M. Marczwski, G. S. Rebelato, C. F. Silveira, F. D. Campello, G. G. Rodrigues & S. M. Hartz.** 2006. Trilhas da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil: mapeamento, análise e estudo da capacidade de carga turística. *Revista Brasileira de Biociências*, 4: 1-2. <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/20>
- BRASIL.** Lei N° 9.985, de 18 Julho de 2000. Dispõe sobre Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Publicado no Diário Oficial da União de 18 julho de 2000. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>
- Canto-Silva, C. R. & J. S. da Silva.** 2017. Panorama da visitação e da condução de visitantes em Parques brasileiros. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, 11: 365-386. <https://rbtur.org.br/rbtur/article/view/1286>
- Cifuentes Arias, M.** 1992. Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas (No. 333.95 C569d). Turrialba, CR: CATIE.
- Cimnaghi, E. & P. Mussini.** 2015. An application of tourism carrying capacity assessment at two Italian cultural heritage sites. *Journal of Heritage Tourism*, 10: 302-313. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1743873X.2014.988158>
- Cisneros, M. A. H., N. V. R. Sarmiento, C. A. Delrieux, M. C. Piccolo & G. M. Perillo.** 2016. Beach carrying capacity assessment through image processing tools for coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 130: 138-147. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569116301193>
- Cupul-Magaña, A. L. & A. P. Rodríguez-Troncoso.** 2017. Tourist carrying capacity at Islas Marietas National Park: An essential tool to protect the coral community. *Applied Geography*, 88: 15-23. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622817309256>
- Da Soller, J. & C. Borghetti.** 2013. Capacidade de Carga Turística: Um Estudo no Caminhos Rurais de Porto Alegre, RS. *Rosa dos Ventos*, 5: 511-527. <http://www.redalyc.org/html/4735/473547094012/>
- Dacanal, C., L. C. Labaki & T. M. L. D. Silva.** 2010. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. *Ambiente Construído*. <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/35347> Acesso em: 17 julho 2018.
- Eisenlohr, P. V., L. Meyer, P. L. S. D. Miranda, V. L. Rezende, C. D. Sarmiento, T. J. R. D. C. Mota, L.C. Garcia & M. M. D. R. F. Melo.** 2013. Trails and their ecological role: what have we learned and what are the prospects for restoration of ecosystems?. *Hoehnea*, 40: 407- 418. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2236-89062013000300002&script=sci_arttext
- Fonseca, S. M.** 2018. Influências de Unidades de Conservação na qualidade da água de corpos hídricos: Estudo de caso na ARIE Floresta da Cicuta, RJ. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, RJ. Brasil. <http://www.pgta.uff.br/images/stories/dissertacoes/pgta%20033.silvana%20mendonca%20da%20fonseca.pdf> Acessado em: 17 de jul 2018.
- Gil, V. N., V. Gil & A. M. Campo.** 2014. Capacidad de carga turística en el sendero del cerro ventana: Parque Provincial Ernesto Tornquist, Argentina. *Estudios y perspectivas en turismo*, 23: 362-375. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-17322014000200008&script=sci_arttext&lng=pt
- Gois, G., W. K. Freitas, P. M. B. Terassi, J. F. Oliveira-Júnior, A. Portz.** 2019. variabilidade anual e mensal da chuva e da temperatura do ar no município de Resende, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia* 15: 67-88. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v24i0.61611>.
- Ibañez Pérez, R.** 2016. Capacidad de carga turística como base para el manejo sustentable de actividades ecoturísticas en Unidades de Manejo Ambiental (UMA) de Baja California Sur (BCS)". *El periplo sustentable*, 30: 37-76. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-90362016000100037&script=sci_arttext
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.** 2011. Avaliação comparada das aplicações do método RAPPAM nas Unidades de Conservação Federais, nos ciclos 2005-06 e 2010. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, WWF-Brasil. Brasília: ICMBio, 134 p.
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio.** 2016. Plano de Manejo: ARIE Floresta da Cicuta. Volta Redonda: MMA/CSN, 118 p.,

- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio.** 2018. Painel Dinâmico de Informações sobre Unidades de Conservação Federais. MMA. Disponível em <http://qv.icmbio.gov.br/QvAJAXZfc/pendoc2.htm?document=painel_corporativo_6476.qvw&host=Local&anonymous=true>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- Kim, S. O., B. Shelby & M. D. Needham.** 2014. Effects of facility developments and encounter levels on perceptions of settings, crowding, and norms in a Korean park. *Environmental management*, 53: 441-453. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-013-0207-5>
- Limberger, P. F. & P. dos Santos Pires.** 2014. A aplicação das metodologias de capacidade de carga turística e dos modelos de gestão da visitação no Brasil. *Revista de Turismo Contemporâneo*, 2(). <https://periodicos.ufm.br/turismocontemporaneo/article/view/5473>
- Malik, M. I. & M. S. Bhat.** 2015. Sustainability of tourism development in Kashmir—Is paradise lost?. *Tourism management perspectives*, 16: 11-21. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211973615000483>
- Marion, J. L., Y. F. Leung, H. Eagleston & K. Burroughs.** 2016. A review and synthesis of recreation ecology research findings on visitor impacts to wilderness and protected natural areas. *Journal of forestry*, 114: 352-362. <https://academic.oup.com/jof/article-abstract/114/3/352/4599821>
- McCool, S. F. & D. W. Lime.** 2001. Tourism carrying capacity: tempting fantasy or useful reality?. *Journal of sustainable tourism*, 9: 372-388. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09669580108667409>
- Medeiros, R. & S. G. Pereira.** 2011. Evolução e implementação dos planos de manejo em parques nacionais no estado do Rio de Janeiro. *Revista Árvore*, 35: 279-288. <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v35n2/a12v35n2>
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA.** Diretrizes para Visitação em Unidades de Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 61 p. http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom_boletins/_arquivos/livro.pdf
- Mitraud, S.** Brasil, W. W. F. 2003. Manual de Ecoturismo de Base Comunitária—ferramentas para um planejamento responsável. 470p. WWF—World Wildlife Fund Brasil, Brasília, DF, Brasil. ISBN, 85-86440.
- Nascimento, C. A., C. R. Canto-Silva, I. B. N. de Melo & S. C. M. Marques.** 2016. A regulamentação da atividade de condução de visitantes nos Sistemas Estaduais de Unidades de Conservação do Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, 10: 516-532. <https://www.rbtur.org/rbtur/article/view/1133>
- Queiroz, R. E., M. A. Ventura, J. A. Guerreiro & R. T. D. Cunha.** 2014. Capacidade de carga de trilhos pedestres inseridos em sítios da rede Natura 2000: um caso de estudo em ilhas do Atlântico Norte (Açores, Portugal). *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 14: 233-242. www.scielo.mec.pt/scielo.php?pid=S1646-88722014000200007&script=sci_arttext&lng=en
- Rios-Jara, E., C. M. Galván-Villa, F. A. Rodríguez-Zaragoza, E. López-Uriarte & V. T. Muñoz-Fernández.** 2013. The tourism carrying capacity of underwater trails in Isabel Island National Park, Mexico. *Environmental management*, 52: 335-347. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-013-0047-3>
- Rodella, I., C. Corbau, U. Simeoni & K. Utizi.** 2017. Assessment of the relationship between geomorphological evolution, carrying capacity and users' perception: Case studies in Emilia-Romagna (Italy). *Tourism Management*, 59: 7-22. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261517716301170>
- Ruschmann, D. M., V. Doris, L. Paolucci & N. A. Maciel.** 2008. Capacidade de carga no planejamento turístico: Estudo de caso da Praia Brava—Itajaí frente à implantação do Complexo Turístico Habitacional Canto da Brava. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, 2: 41-63. <http://www.redalyc.org/html/5041/504152238004/>
- Sayan, M. S. & M. Atik.** 2011. Recreation carrying capacity estimates for protected areas: a study of Termessos National Park. *Ekoloji*, 20: 66-74. <https://goo.gl/q31P5r>
- Soria Díaz, H. F.** 2013. Determinación de la capacidad de carga turística en los sitios de visita de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, Loreto-Perú. 89pp. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/2450>
- Souza, G.R., A.L. Peixoto, M.J.B. Faria & A.S. Zaú.** 2007. Composição florística e aspectos estruturais do estrato arbustivo-arbóreo de um trecho de Floresta Atlântica no médio vale do Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, Brasil *Sitientibus Série Ciências Biológicas*, 7: 398-409. http://www2.uefs.br/revistabiologia/pg7_n4.html
- Souza, P. C. D. & H. Lesjak Martos.** 2008. Estudo do uso público e análise ambiental das trilhas em uma unidade de conservação de uso sustentável: Floresta Nacional de Ipanema, Iperó-SP. *Revista Árvore*, 32: 91-100. <http://www.redalyc.org/html/488/48813376011/>
- Takahashi, L. Y. & A. C. Cegana.** 2005. Como monitorar o impacto dos visitantes utilizando o sistema LAC-Limite Aceitável de Câmbio. *Revista Turismo em Análise*, 16: 206-222. <https://www.revistas.usp.br/rta/article/view/63737>
- Watson, J. E., N. Dudley, D. B. Segan & M. Hockings.** 2014. The performance and potential of protected areas. *Nature*, 515: 67-73. <https://www.nature.com/articles/nature13947>
- Zanzini, A.C. & R.L.G. Macedo.** 1999. Determinação da capacidade de carga turística em uma trilha de interpretação, no Parque Florestal Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG. IN: 3 o Simpósio Nacional de Ciências Florestais e Engenharia Ambiental, 1999, São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos. p. 203-205.

Enterobacteria isolated from an agricultural soil of Argentina promote plant growth and biocontrol activity of plant pathogens

López, Silvina M. Y.^{1,4}; Graciela N. Pastorino^{2,5}; Ismael Malbran^{3,4}; Pedro A. Balatti^{1,2,4}

¹Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICBA), Argentina ²Cátedra de Microbiología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina; ³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina. ⁴Centro de Investigaciones de Fitopatología (CIDEFI), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires, Argentina; ⁵gnpastorino@gmail.com

López, Silvina M. Y.; Graciela N. Pastorino; Ismael Malbran; Pedro A. Balatti (2019) Enterobacteria isolated from an agricultural soil of Argentina promote plant growth and biocontrol activity of plant pathogens. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 227-236. <https://doi.org/10.24215/16699513e022>

Bacteria promote growth by different mechanisms like phosphate (Pi) solubilization, Indol Acetic Acid (IAA) synthesis and siderophores production. The purpose of this study was to isolate bacteria that promote the growth of plants and may also act as antagonistic organisms of plant pathogens. Pi solubilizing microorganisms that were isolated from the soils of Tres Arroyos, Buenos Aires; were also able to synthesize IAA and produce siderophores. The ability of these bacteria to solubilize Pi was directly related with the synthesis of organic acids that lowered the pH and was not related with phosphatase activity. The ability of the organisms to solubilize Pi was indirectly related with the amount of soluble Pi present in the media. Though Pi solubilizing microorganisms are mainly associated with the rhizoplane exudates, in this case did not induce Pi solubilization. In addition to promote plant growth, these bacteria proved to be antagonistic of plant pathogens such as *Fusarium graminearum* and *F. solani*.

Palabras clave: PGPB (Plant Growth Promoting Bacteria), solubilización de Pi, sideróforos, AIA, antagonista

López, Silvina M. Y.; Graciela N. Pastorino; Ismael Malbran; Pedro A. Balatti (2019) Enterobacterias aisladas de suelos agrícolas de Argentina con efecto promotor del crecimiento de plantas y biocontrol sobre fitopatógenos. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 227-236. <https://doi.org/10.24215/16699513e022>

Las bacterias que promueven el crecimiento vegetal lo hacen por diferentes mecanismos como la solubilización de fósforo, la síntesis de ácido indolacético y la producción de sideróforos. El objetivo de este trabajo fue aislar bacterias que promuevan el crecimiento de plantas y que también puedan actuar como organismos antagónicos de los hongos fitopatógenos. Los microorganismos fueron aislados de suelos de Tres Arroyos, pcia de Bs As y se encontraron bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico, que también sintetizan ácido indol acético y sideróforos. La capacidad de estas bacterias para solubilizar fosfatos (Pi) podría estar directamente relacionada con la síntesis de ácidos orgánicos que disminuyen el pH y no guardan relación con la actividad de la fosfatasa. La capacidad de los organismos para solubilizar Pi se relacionó indirectamente con la cantidad de Pi soluble presente en los medios. La capacidad de los microorganismos solubilizadores de Pi está principalmente asociada con el efecto de los exudados presentes en el rizoplaneo, sin embargo, esto no ocurrió en el caso de las bacterias evaluadas en el presente trabajo. Además de promover el crecimiento de las plantas, estas bacterias demostraron ser antagónicas de patógenos de plantas como *Fusarium graminearum* y *F. solani*.

Key words: PGPB (Plant Growth Promoting Bacteria), solubilization of Pi, siderophores, AIA, antagonistic

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 06/03/2019

Aceptado: 09/04/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina



INTRODUCTION

Plant growth-promoting bacteria (PGPB) are rhizospheric bacteria that enhance plant growth by a wide array of mechanisms like Pi solubilization, siderophore production, biological nitrogen fixation, production of 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase, and phytohormone production (Bhattacharyya & Jha, 2012). In addition, some of these organisms exhibit antifungal activity, produce volatile organic compounds, induce systemic resistance, promote beneficial plant-microbe symbioses, interfere with pathogen toxin production, etc. (Beneduzi et al., 2012; Effmert et al., 2012; Husen, 2013). The interest in the application of PGPB in agriculture has been increased as they might offer a way to replace the use of chemical fertilizers, pesticides and other supplements (Prévost & Antoun, 2007; Babalola, 2010; Ahemad & Kibret, 2014). Recently, the concept of PGPB has been unconfined and now it refers to bacterial strains that can carry out at least two of three criteria aggressive colonization, plant growth stimulation and biocontrol (Beneduzi et al., 2012; Bhattacharyya & Jha, 2012).

Phosphorous (P) is among nutrients, together with nitrogen, that most frequently limits crops yield, due to its essential role on plant growth and development (Hameeda et al., 2008; Khan et al., 2009; Ghosh et al., 2015). It may represent up to 0,2 % of plant dry weight (Aadarsh et al., 2011; Sharma et al., 2013). Even in soils with high levels of P, like those fertilized with 4-5 kg/ha, P may not be available for plant growth; since it precipitates it is frequently and therefore is available at low concentrations such as 5-11 ppm (Alvarez, 2017) Pi solubilization might be the result of the release by microorganisms of metabolites, such as organic acids, whose hydroxyl and carboxyl groups chelates the cations bound to Pi, which becomes soluble (Shahid et al., 2012). Other biological mechanisms involved in Pi solubilization include extrusion of cytoplasmic by proton pumps (Ahmed & Shahab, 2011).

Several bacterial genus, including *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Klebsiella*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, and *Erwinia* have the ability to solubilize Pi and, as a result, are known as Phosphate Solubilizing Microorganisms (PSM) or PGPB (Sperber, 1958; Goldstein & Liu, 1987; Illmer & Schinner, 1992; Naik et al., 2008; Prasanna et al., 2011; Ahemad & Kibret, 2014). Many of these genus solubilize Pi by releasing organics acids, which have a liming effect on rock P (Ahmed & Shahab, 2011; Sharma et al., 2013). Furthermore, some bacteria were found to produce α -hydroxyacids, which were reported as the most reactive organic acids. However, in some instances no relation was found between acid production (media pH) and Pi solubilization (Sperber, 1958; Kucey, 1983). While Illmer and Schinner (1992) suggested that something else other than acidification is responsible for Pi solubilization, Goldstein & Liu (1987) suggested that the process is regulated by the available P, though many steps in the biological solubilization of Pi remain unknown (Ahmed & Shahab, 2011).

In many cases, PGPB species also promote growth by means of indol acetic acid (IAA) and/or siderophores synthesis, which are among the most frequent

metabolites released by Pi solubilizing microorganisms (Vassilev et al., 2006). Auxins, like IAA, are involved in host-parasite relationships such as plant-pathogen interactions (Vinale et al., 2008; Badri et al., 2009). Indol acetic acid might be involved in the inhibition of spore germination and mycelium growth of different pathogenic fungi (Vassilev et al., 2006; Parra Gonzalez et al., 2009; Effmert et al., 2012). On the other hand, rhizobacteria can impact on growth of various phytopathogens in a variety of ways, including competition for nutrients and space, limiting available Fe supply through siderophores production, synthesis of lytic enzymes, and/or antibiosis (Effmert et al., 2012; Bhattacharyya & Jha, 2012; Ahemad & Kibret, 2014). Among PGPB, the broad-spectrum antagonism activity of *P. fluorescent* against several phytopathogens has been widely reported.

Furthermore, bacteria that produce siderophores promote plant growth indirectly by sequestering iron from the rhizosphere, especially in neutral and alkaline soils, and, in this way, they also reduce the availability for pathogens (Alexander & Zuberer, 1991). Under conditions of iron limitation, siderophores act also as solubilizing agents of this metal (Ahemad & Kibret, 2014). They might also form stable complexes with other heavy metals, such as Al, Cd, Cu, Ga, In, Pb and Zn (Rajkumar et al., 2010). Binding of metal to siderophores increases the soluble metal concentration (Rajkumar et al., 2010). Hence, bacterial siderophores help to alleviate the stresses imposed on plants in soil with high levels of heavy metals.

The mechanisms of plant growth promotion do not function independently, such as Pi solubilization, dinitrogen fixation and antifungal activity, IAA and siderophore biosynthesis, etc., might together promote plant growth and increase yield (Beneduzi et al., 2012; Bhattacharyya & Jha, 2012; Ahemad & Kibret, 2014). Currently, in Argentina farmers are particularly interested in using microorganisms as PGPB (biological fertilizer) and/or organisms for biocontrol that might be developed by means of the isolation and identification of potentially useful microorganisms. We describe here the isolation of different species of PGPB that solubilize Pi and synthesize IAA. We characterized the isolates regarding their ability to solubilize Pi in different culture media and evaluated their ability to inhibit fungal growth.

MATERIALS AND METHODS

Soil microorganisms were isolated by plating a dilution of a protocalcic argiudol soil from Tres Arroyos, Province of Buenos Aires, Argentina on selective media (Sperberg, 1958). One gram of soil, adhered to soybean roots, was released by shaking them; detached soil particles were supplemented with 100 mL of sterile distilled water and were stirred for 1 h. A serial dilution was made by transferring 1 mL of the soil suspension to a tube containing 9 mL of sterile water. The last two dilutions, 10^{-5} and 10^{-6} , were plated on media (see below) with insoluble $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. They were incubated at 30 °C for 5 days. Those colonies surrounded with a translucent halo were picked and subcultured three times on the same media.

Identification.

The organisms's identification was performed by means of two complementary methods, 16S rDNA sequence and the biochemical profile in Gram (-) Biolog microtiter plates (Gamo & Shoji, 1999). Additional biochemical reactions (Bergey's manual of Determinative Bacteriology) were performed, as required, to confirm the identity of the isolates.

Genomic DNA was isolated as described by Meinhardt et al. (1994). Then, the 16S rDNA was amplified by means of PCRs with two universal primers p27F and p800RT (Saldaña et al., 2003). The DNA amplicons were resolved in 1 % agarose gels. Gels were documented in a Syngene Image Analyzer. The 800 bp fragment amplified were sequenced using 16S rDNA universal primers with an ABI PRISM® BIGDYE™ Terminator Cycle Sequencing Kit Version 3.1 (Applied Biosystems, USA) in an automatic sequencer Sanger et al. (1977) and sequences were analyzed by means of the Basic Local Alignment search tool. Sequences were annotated at the NCBI database (www.ncbi.nlm.nih.gov) under the respective access number. Sequences were aligned by means of the multiple sequence alignment program Clustal W. A UPGMA phylogenetic tree was constructed with the Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6 (MEGA6) program.

P-Solubilization.

Isolates were cultured on plates with two source of insoluble Pi: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 4.6 mM or hydroxyapatite that was generated by adding to a 50 °C medium 0.5 mL of a 57.8 mM K_2HPO_4 and 1 mL of 90 mM CaCl_2 to a 50 °C medium as described by Sperberg (1958). The size of the transparent halos surrounding bacterial colonies in solid media were used to estimate the amount of Pi solubilized. By adding bromothymol to the media, we determined the variations in pH. Liquid cultures were carried on Erlenmeyer flasks filled with 25 mL of media containing 55.5 mM glucose, 4.6 mM $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 4.05 mM MgSO_4 , and 0.9 mM NaCl, pH 7.2 (Sperberg, 1958), were grown in 125 mL. Cultures were incubated in a Labeline shaker at 200 rpm. Soluble Pi was determined by the ascorbic acid and ammonium molybdate reaction described by Chen et al. (1956) and Bencini et al. (1983). Before each test, glassware was immersed for 1 h in 0.3 N HCl and then rinsed with distilled water. Bacterial growth in liquid cultures was estimated by reading the absorbance at 625 nm in a Shimadzu UV-160A spectrophotometer.

Phosphate solubilizing microorganisms usually grow in the rhizosphere or rhizoplane of roots. To examine if plant exudates act as a signal of the presence of a higher demand of soluble Pi, we studied their effect on the ability of bacterial Pi solubilization, both on solid and liquid media. Seed and root exudates were collected from surface sterilized seeds of wheat, tomato and soybean that were soaked for 5 m in 50 % ethanol followed by 5 m in 50 % Clorox and then were rinsed with sterile water. Seeds were suspended in 125 mL flasks with 20 mL of sterile water and softly shaken for 72 h at 30 °C. The supernatant was sterilized by filtering twice through a 0.22 µm Millipore membrane. Exudates ability to induce bacterial Pi solubilization was tested by adding 1 µL of sterile supernatant per mL of culture. Sterile distilled water was used as a control.

Phosphatase activity.

To estimate phosphatase activity, 1 mL of the culture was centrifuged at 10000 rpm for 10 m (Kumar et al., 2014). Aliquots of each sample (150 µL) were mixed with 0.48 mL of universal buffer 0.1 M, pH 6.5 and 120 µL of 0.05 M p-nitro phenyl phosphate (pNPP) solution, followed by incubation at 37 °C. The enzymatic activity was evaluated by absorbance measurement at 405 nm (Tabatabai & Bremner, 1969) and expressed in terms of units (U). P-nitrophenol (pNP) was used as the standard. The amount of enzyme required to release 1 µg pNPP/mL from the culture filtrate under the assay conditions was considered one unit of phosphatase activity. After 72 h of growth the pH of the media was determined.

Synthesis of IAA.

Indole acetic acid production was tested by growing bacteria on Tris-YMRT medium pH 6.8 (mannitol, 10 g; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.15 g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.25 g; Tris-HCl, 1.21 g; yeast extract, 0.2 g; casamine acid, 1.0 g per liter). Tryptophan was added at a final concentration of 0.3 mM after sterilization by filtering through a 0.22 µm membrane. Indole acetic acid was determined as described by Ferreira and Hungria (2002).

Siderophores Production.

Siderophores production was tested qualitatively using chrome azurol S (CAS) agar as described by Alexander and Zuberer (1991). The CAS agar was made by mixing three solutions that were prepared and sterilized separately. The 10 mL Fe-CAS indicator solution (solution 1) contained 1 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dissolved in 10 mM HCl, 50 mL of an aqueous solution of CAS (1.21 mg/mL), and 40 mL of an aqueous solution of hexadecyl-trimethylammonium bromide (HDTMA) (1.82 mg/mL). Solution 2 (buffer solution) was prepared by dissolving 30.24 g of PIPES (piperazine-N,N'-bis[2-ethanesulfonic acid]) in 750 mL of salt solution, distilled water was added to bring the volume to 800 mL. Once the pH was adjusted to 6.8 with 50 % KOH and 15 g of agar were added, the solution was autoclaved. Solution 3 contained 2 g glucose, 2 g mannitol and trace elements in 70 mL distilled water. When the solution 3 was mixed with the solution 1, the color changed to a dark green. Siderophores-production was determined by the appearance of an orange halo around colonies after an incubation period of 24 h in CAS agar plates. Tree replicates of bacteria were cultured on this media.

Antifungal activity.

The antagonistic capacity against *F. graminearum* and *F. solani* of 6 of the isolates obtained (GP2, GP3, GP6, GP7, GP8, and GP9) and of a strain of *P. fluorescens*, was evaluated in two experiments using CAS agar and nutritive agar as culture media. To do so, the plates were divided in four quadrants and inoculated each one with a 5 mm agar cylinder of a culture of *F. graminearum* or *F. solani*. Then, we inoculated bacteria by cross slants that divided the plates on quadrants. The antifungal activity and siderophores production were evaluated as described by Filippi et al. (1984). The plates were incubated at 26 °C and the diameter of fungal colonies was measured after 2 and 7 days of incubation. Controls consisted in colonies of the fungi

that grew in the absence of bacteria. Each treatment was replicated three times.

PGPB on cultivated wheat

The plant growth promotion of the isolated bacteria was examined on wheat plants cultivated in the greenhouse. Seeds were germinated on water agar plates and transferred aseptically to 10 L growth pots filled with autoclaved soil after 4 days of seedling emergence. Before the transplant, pots were watered with 200 mL of 1/2 strength Hoagland's nutrient solution. Bacterial cultures of two isolates (GP2 and GP9) were grown in 50 mL falcon tubes filled with 25 mL nutritive broth and incubated at 200 rpm for 16 h. At the time of seedling transplant, 1 mL inoculum ($\sim 10^8$ bacterial cells mL^{-1} suspended in 0.85 % saline solution; OD = 0,45) was applied at the base of each seedling. The uninoculated pots were supplied with same amount of sterile saline solution. Two seedlings were maintained per growth pot and placed in growth chamber at 20–22 °C with a day length of 12 h and relative humidity was set at 70 %. The experiment was set up in randomized complete design (CRD) using 10 replicate pots per treatment. The uninoculated pots were watered with full strength Hoagland solution (supplemented with N, P) while inoculated pots received full strength Hoagland, supplemented with 1 g inorganic tricalcium phosphate as sole P-source. Plants were harvested 90 days after transplant and data was recorded for leaf dry weight, and tillers and head numbers.

Statistical design and analysis

All experiments were conducted in triplicate and data were subjected to analysis of variance (ANOVA). Mean

values were compared using one-way ANOVA Tukey's test and significant differences were detected at the $P=0.05$ level.

RESULTS

Bacteria isolated from soil were identified on the basis of their 16S rDNA sequence. A BLAST search revealed that these bacteria were all enterobacteria. Most of the isolates belonged to the genus *Enterobacter* or *Pseudomonas*: GP6, GP7 and GP8 were identified as *Enterobacter* spp., GP2 and GP3 as *P. cichorii* and *P. corrugata*, respectively. Isolate GP9, on the other hand, was identified as *Kluyvera cryocrescens*. The ribosomal sequences of the isolates were annotated at the gene bank NCBI (access numbers: GP2–KC463904; GP3–KC463905; GP6–KC463906; GP7–KC463907; GP8–463908 and GP9–KC463909).

Organisms were organized into three clusters in a UPGMA phylogenetic tree (Figure 1). The first group was supported by a bootstrap value of 92 % and included four strains (GP6, GP8, GP7 and GP9) that clustered with four reference sequences of *Enterobacter* sp., *K. ascorbata* and *K. cryocrescens*. The second cluster was supported by bootstrap values of 100 % and included a representative of *B. subtilis* and the *P. fluorescens* strain. Isolates GP2 and GP3 were clustered in a separate group supported by a bootstrap value of 100 %, together with the reference sequences of *P. cichorii* and *P. corrugata*. These isolates probably have to be studied further either to confirm the identity or to determine, on which bases they were not clustered to other isolates of the same species, which might be

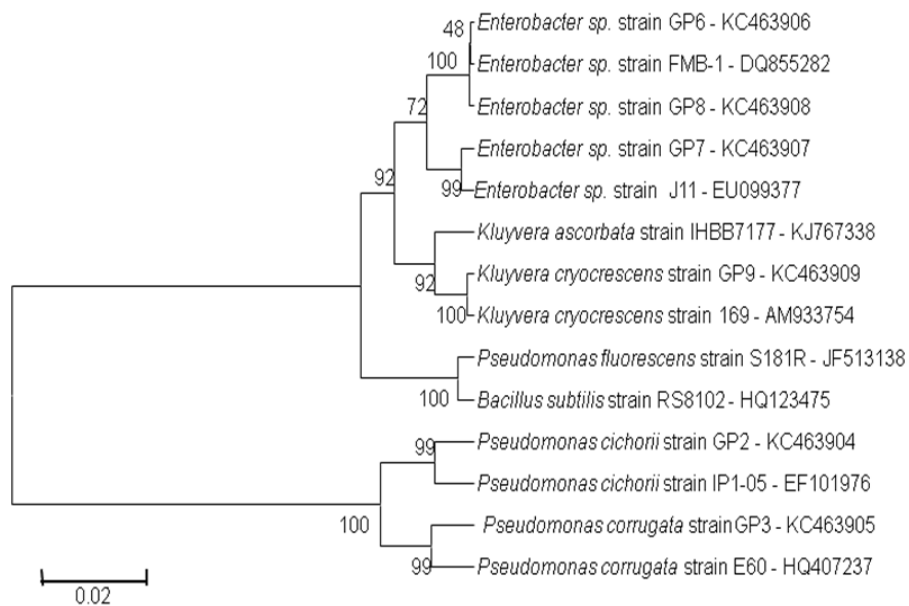


Figure 1. Dendrogram showing the identity and relationship among bacteria isolated from soil. Numbers on the branches represents bootstrap values obtained from 1000 replications. The bar indicates 0.02 substitutions per site. Species names are followed by the National Center for Biotechnology Information (NCBI) Gen-Bank database accession numbers.

reflected in phenotypic differences. In any case, the organisms belong to a monophyletic cluster that included closely related organisms with high level of similarity at the 16S rDNA sequence level, which are clustered with species such as *B. subtilis*, *P. fluorescens*, *P. corrugate*, *P. cichorii*, *K. ascorbata*, *K. cryocrescens* and *Enterobacter sp.* Identities of the isolates were confirmed using the microliter plates developed by Biolog Inc, that contain 95 different nutrient sources. Furthermore, we confirmed that the isolated bacteria were genetically distinct by fingerprinting the genome (de Bruijn, 1992) with ERIC (Enterobacter Repetitive Sequences) and REP (Repetitive Element Palindromic) primes (data not show).

Six Gram (-) bacterial strains isolated from soil (GP2, GP3, GP6, GP7, GP8, and GP9) and the control strain *P. fluorescens*, proved to be able to solubilize tricalcium phosphate $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ or hydroxyapatite [$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}(\text{OH})_2$] both on solid and liquid media. These phenotypes remained stable after subculturing them at least three times.

All isolates produced a halo on solid media amended

with insoluble Pi. The halo formed on the medium with $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ was twice as big as that formed on the medium supplemented with hydroxyapatite [$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \text{Ca}(\text{OH})_2$]. By adding bromothymol to the media, we found that within the halos the pH was acid. Furthermore, all the isolates presented low levels of phosphatase activity.

When bacteria were grown in liquid media, we found that growth resulted in a 3 unit drop in the pH of the media, which decreased from 7.3 to 4.5 after 24 h of cultivation. Isolates differed in their ability to solubilize Pi in liquid culture, GP2, GP6, GP8 and GP9 solubilized twice as much Pi as GP3 and GP7 (Figure 2). This suggests that Pi solubilization is an intrinsic characteristic of the organisms that vary within isolates, and may be related to the organic acids released. When the insoluble Pi source was hydroxyapatite, the amount of Pi solubilized was lower than with $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. However, the intrinsic solubilization ability of the different bacteria remained the same (Figure 2).

By culturing the PSM on different media we found that the amount of Pi solubilized was dependent on the amount and type of carbon (C) source (Table 1).

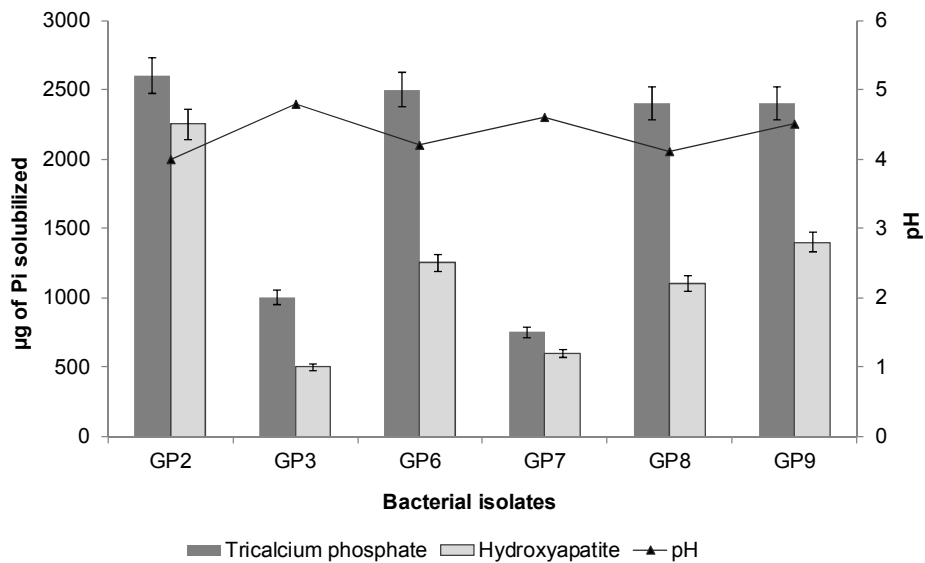


Figure 2. Bacterial solubilization of tricalcium phosphate and hydroxyapatite. Pi solubilization is expressed as µg of Pi solubilized by 10^8 cells on 7 days. Bars indicate LSD at the 5 % level. pH values at the end of the solubilization period on tricalcium phosphate were measured. Three independent experiments with three replicates per experiment were done.

Table 1. Pi solubilization by *Kluyvera cryocrescens* (GP9). Cells cultured in media supplied with different amounts of nutrients. Pi solubilization is expressed as µg of Pi solubilized by 10^8 cells in 7 days. The experiments had three replicates per treatment and were performed twice. Different letters indicate statistically significant differences at the 5 % level.

Culture Media	µg Pi solubilized
A: 55.5 mM glucose, 4.6 mM $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, yeast extract 0.5 g/L, pH 7,2	2049.0 ^a
B: 111 mM glucose, 55.5 mM $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, yeast extract 2 g/L, pH 7.0	969.4 ^c
C: 55.5 mM mannitol, 4.6 mM $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, yeast extract 0.5 g/L, ph 7.2	1117.2 ^b
D: 55.5 mM glucose, 4.6 mM hydroxyapatite, yeast extract 0.5 g/L, pH 7.2	776.2 ^{cd}

Based on these results, we decided to study the effect of the C source on the PSM phenotype of GP9. When glucose was the C source, the rate of Pi solubilization was higher than with mannitol, sucrose, arabinose, lactose, maltose, citrate, fructose, glycerol, sorbose and xylose (Figure 3). On the other hand, the release of soluble phosphates does not correlate directly with the acidity.

The ability of GP9 to solubilize Pi was negatively correlated with the concentration of soluble Pi in the media (Figure 4).

Wheat, tomato and soybean exudates enhanced bacterial growth and induced larger halos of P-

solubilization in solid media. However, the specific activity of Pi solubilization remained the same. In liquid media, the amount of soluble Pi released by bacteria followed the same pattern described on solid media (Table 2).

The isolates collected from the soils can be considered PGPB based upon their Pi solubilizing ability, but these bacteria might also enhance plant growth by additional mechanisms such as the synthesis of siderophores and/or auxins. All the isolated bacteria formed an orange halo around the colonies in CAS media, which confirms that they produce siderophores. Furthermore, with the exception of GP3, all isolates synthesized between 40 and 260 microgram of IAA per unit OD.

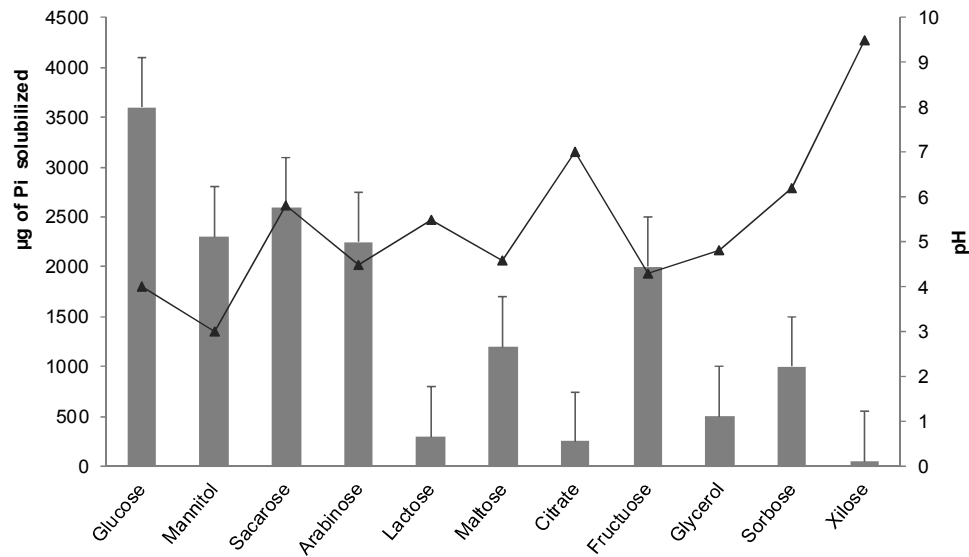


Figure 3. Carbon source effect on the ability of *Kluyvera cryocrescens* (GP9) to solubilize Pi. Sugars were added to a minimal medium (concentration 10 g/L), sterilized twice through a 0.22 µm millipore filter, and the pH was adjusted to 7.3. Bars represent the LSD at the 5 % level. Pi solubilization is expressed as µg of Pi solubilized by 10⁸ cells on 7 days.

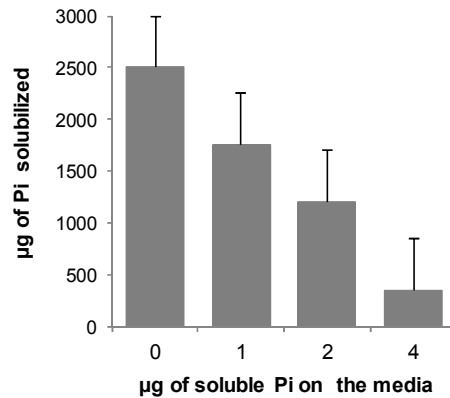


Figure 4. Pi solubilization ability of *Kluyvera cryocrescens* (GP9) in the presence of increasing amounts of soluble Pi. Bars represent the LSD at the 5 % level. Pi solubilization is expressed as µg of Pi solubilized by 10⁸ cells on 7 days. Five independent experiments were performed with three replicates per experiments.

Table 2. Effect of seeds exudates on growth rate and Pi solubilization of PMS bacteria in liquid culture. The assay was repeated three times and three replicates were included in each experiment. *Kluyvera* spp. cells were cultivated in media with insoluble P. The control consisted of sterile distilled water. Pi solubilization is expressed as µg of Pi solubilized by 10⁸ cells on 7 days. Different letters indicate statistically significant differences at the 5 % level.

Exudates source	Bacterial cell number OD _{625nm}	µg of Pi solubilized
Wheat	1.28 ^a	1486.8 ^a
Tomato	0.90 ^{ab}	1664.4 ^a
Soybean	1.23 ^a	1569.1 ^a
Control	0.70 ^b	1653.1 ^a

Isolates GP7 and GP9 produced the highest levels of IAA (Figure 5), while GP2 and GP9 secreted of the highest amounts of siderophores.

Regarding the antagonistic effect of bacteria or bacterial metabolites on fungal growth, dual culture experiments showed that bacterial isolates GP2 and GP9 significantly inhibited *F. graminearum* growth after 48 h. After 7 days *F. graminearum* was inhibited by all of the isolates. On the other hand, except for GP3, which hardly grew on CAS media, all isolates inhibited growth of *F. solani* after 48 h of incubation. In addition, isolates GP2 and GP9 maintained the inhibition of *F. solani* growth during an incubation period of 7 days.

The biocontrol ability of two PGPB strains, selected on the basis of the results obtained in preliminary experiments, were evaluated in their ability to promote growth of wheat plants when they were inoculated at seeding. The results are presented on figure 6. Isolates GP2 and GP9 increased plant dry weight in 11 and 8 %, respectively. Furthermore, both strains increased the number of tillers per plant in a 26.25 and 20.25 % when compared with uninoculated plants, respectively.

DISCUSSION

Plant growth promoting bacteria might induce changes in root architecture as well as promote plant growth and development by means of a wide array of mechanisms. These may act alone or concomitantly to synergistically enhance growth, which might result in changes in the bacterial competitive ability to colonize roots, enhance plant growth and biocontrol plant pathogens (Bhattacharyya & Jha, 2012). The ability of PGPBs to solubilize mineral Pi, therefore, has been of interest to agricultural microbiologists since it could enhance the availability of P for effective plant growth and represent a possible mechanism of plant growth promotion under field conditions (Kumar et al., 2014).

Several bacterial genera have been reported as PSM (Pi solubilizing Microorganism), including: *Escherichia freundii* (Sperber, 1958), *E. coli* (Goldstein & Liu, 1987), *Erwinia herbicola* (Goldstein & Liu, 1987), *Rhizobium* (Prasanna et al., 2011), *Enterobacter* (Shahid et al., 2012), *Arthrobacter*, *Agrobacterium* and others (Bhattacharyya & Jha, 2012). In the present work, most of the bacteria isolated were representatives of enterobacteria, with the exception of one isolates which was identified as *K. cryocrescens*. Because this isolate showed a high capacity to solubilize P, we concentrated

most of our studies on this organism. Solubilization of Pi might be a characteristic feature of bacteria from this genus as *K. ascorbata* isolates have also been described as PGPB (Son et al., 2014).

Phosphate solubilization ability showed by the isolated bacteria was a stable character since in no case it was lost after being subcultured. The isolates described in the current report might solubilize Pi by secreting organics acids. This is supported by the decrease of pH observed in the culture media of Pi solubilizing isolates. Gluconic, citric and/or malic acids could be responsible for the low pH of the media after bacterial growth. Scervino et al. (2011) and Shahid et al. (2012) found that in closely associated bacteria the Pi solubilization occurred due to the synthesis and release of gluconic, citric as well as malic acid. The production of citric acid by *K. cryocrescens* isolate GP9 could be responsible of its solubilization capacity, as the media containing citrate prevented Pi solubilization, possibly because the acid in the media prevented the synthesis of the molecule by the bacteria.

In accordance with previous reports, we found that carbon source of the media affects the rate of solubilization of Pi. Illmer and Schinner (1992) as well as Scervino et al. (2011) observed that the carbon source provided in the media can alter Pi solubilization, hypothesizing that glucose could be a more amenable substrate for the bacterial metabolism, producing and releasing more organic acids. Although a positive trend was observed between acidification and solubilization of Pi in media with different carbon sources, no direct relationship between these parameters was found, something that was also described by Gulati et al. (2008).

We found a straight negative correlation between the presence of soluble Pi on the media and the ability of bacteria to solubilize calcium phosphate. This agrees with previous findings by Kucey (1983), Golstein & Liu (1987) and Illmer & Schinner (1992). Goldstein & Liu (1987) suggested that Pi solubilization is process tightly regulated by the environmental conditions. Repression of Pi solubilization under certain ecological situations might be a natural strategy of bacteria to manage energy within cell metabolism.

Phosphate solubilizing microorganisms are usually found growing in the rhizosphere or the rhizoplane of plants. Katznelson et al. (1962) demonstrated that the plant type exerted an important effect on the number of PSM. This is probably due to exudates released to the rhizosphere by the plants.

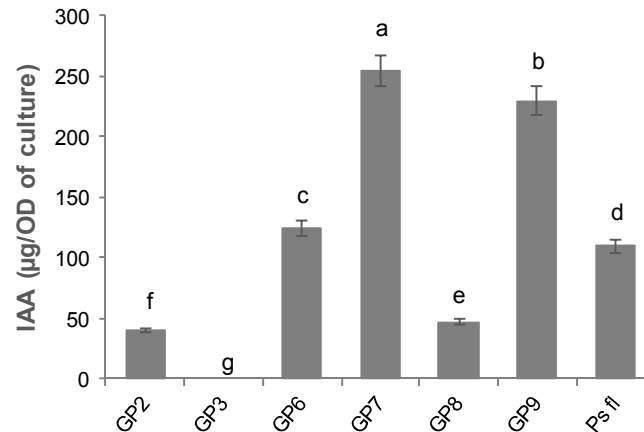


Figure 5. Ability of the bacterial isolates to synthesize IAA. The production of the auxin is expressed as μg of IAA per unit of crop OD and values are the average of three replicates. Different letters indicate statistically significant differences at the 5 % level.

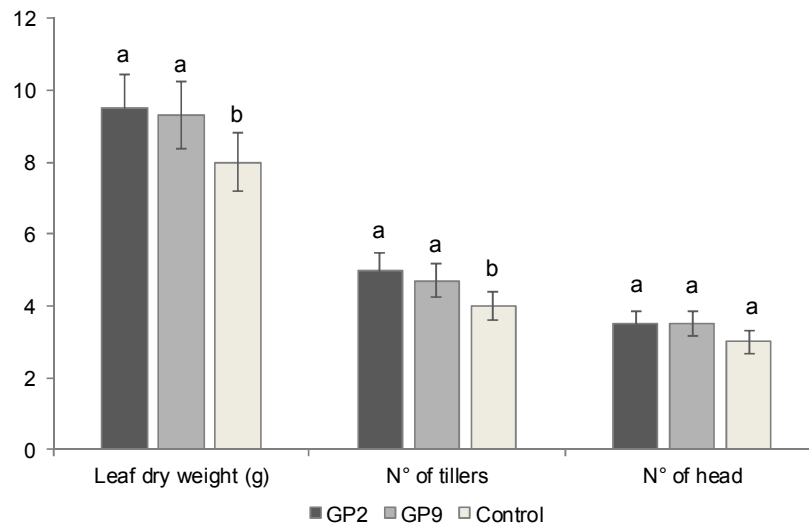


Figure 6. Effect of inoculation with GP2 and GP9 in leaf dry weight, number of tillers and number of heads of wheat plants. Different letters indicate statistically significant differences at the 5 % level.

However, in the present work, the exposure of the bacteria to the exudates of the seeds had no effect on their Pi solubilization capacity.

Rhizobacteria can suppress the growth of plant pathogens in a variety of ways, including competition for nutrients and space, increasing availability of Fe by siderophores synthesis, and/or the synthesis of lytic enzymes and antibiosis (He & Yang, 2007). Among PGPBs, *P. fluorescens* is probably the bacteria with the broadest antagonistic spectrum against plant pathogens. In our experiments, the ability of *P. cichorii* (GP2) and *K. cryocrescens* (GP9) to inhibit fungal growth was directly correlated with the ability to produce siderophores. Furthermore, these bacteria proved the ability to promote wheat growth.

Inoculation of plants with PGPB is becoming a common tool in agriculture to enhance crop yields (Glick, 2012;

Reed & Glick, 2013; Bashan et al., 2013). Some bacterial strains isolated from the rhizosphere of roots showed potential as PGPB (Wisniewski-Dyé et al., 2013) and could be used to promote growth. Under both natural agro-ecological niches and controlled soil environments, significant increases in yields of different crops have been observed following PGPB applications. In a context of increasing reluctance to consume foods produced by genetically modified plants, PGPB may prove advantageous to promote plant growth. The large scale application of PGPB may decrease the global dependence on agricultural chemicals. Furthermore, it is a technology readily accessible to farmers in both developed and developing countries (Gamalero et al., 2009).

In the present work, both *Pseudomonas* and enterobacteria, synthesized metabolites that make them

potential PGPB and/or biocontrol agents. Furthermore, this is the first report of *K. cryocrescens* isolates with potential PGPB ability and the capacity to produce siderophores. We also confirmed the ability to solubilize phosphorus of this species as previously reported (Vazquez et al., 2000; Sharma et al., 2013). As a result, isolates GP2 and GP9 are potential candidates to develop inoculants of PGPB bacteria considering that they not only promote growth, but are antagonistic of at least some plant pathogenic organisms.

Acknowledgments

The current work was supported by Fundación Antorchas through a research grant, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICBA), Argentina, and Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. The authors would like to thank Olga Peluso for her technical assistance.

REFERENCES

- Aadarsh, P., V. Deepa, P. Balakrishna Murthy, M. Deecaraman, R. Sridhar & P. Dhandapani.** 2011. Insoluble phosphate solubilization by bacterial strains isolated from rice rhizosphere soils from Southern India. *International Journal Soil Science* 6(2): 134-141.
- Ahemad, M. & M. Kibret.** 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University-Science* 26(1): 1-20.
- Ahmed, N. & S. Shahab.** 2011. Phosphate solubilization: their mechanism genetics and application. *Int. J. Microbiol.* 9, 4408-4412.
- Alexander, D.B. & D.A. Zuberer.** 1991. Use of chrome azurol S reagent to evaluate siderophore production by rhizosphere bacteria. *Biology and Fertility of Soils* 12: 39-45.
- Alvarez, R.** 2017. Modeling soil test phosphorus changes under fertilized and unfertilized managements using artificial neural networks. *Agronomy Journal*, 109(5): 2278-2290.
- Babalola, O.O.** 2010. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnology letters* 32(11): 1559-1570.
- Badri D.V., T.L. Weir, D. van der Lelie & J.M. Vivanco.** 2009. Rhizosphere chemical dialogues: plant-microbe interactions. *Current opinion in biotechnology*, 20(6): 642-650.
- Bashan, Y., A.A. Kamnev & L.E. de-Bashan.** 2013. Tricalcium phosphate is inappropriate as a universal selection factor for isolating and testing phosphate-solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure. *Biology and fertility of soils*, 49(4): 465-479.
- Bencini, D.A., Shanley, M.S., Wild J.R. & Donovan G.A.** 1983. New assay for enzymatic phosphate release: application to aspartate transcarbamylase and other enzymes. *Analytical Biochemistry* 132: 259-264.
- Beneduzi, A., Ambrosini, A. & Passaglia, L.M.** 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genetics and molecular biology*, 35(4): 1044-1051.
- Bhattacharyya, P.N. & Jha, D.K.** 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 28(4): 1327-1350.
- Chen, P.S., Toribara, T.Y. & H. Warner.** 1956. Microdetermination of Phosphorous. *Analytical Chemical* 28: 1756-1758.
- de Bruijn, F.J.** 1992. Use of repetitive (Repetitive Extragenic Palindromic and Enterobacterial Repetitive Intergenic Consensus) sequences and the polymerase chain reaction to fingerprint the genomes of *Rhizobium melilotii* isolates and other soil bacteria. *Applied Environmental Microbiology* 58: 2180-2187.
- Effmert, U., J. Kalderás, R. Warnke & B. Piechulla.** 2012. Volatile mediated interactions between bacteria and fungi in the soil. *Journal of Chemical Ecology*, 38(6): 665-703.
- Ferreira, M.G. & M. Hungria.** 2002. Recovery of soybean inoculants strains from uncropped soils in Brazil. *Field Crops Research* 79(2-3): 139-152.
- Filippi, C., G. Bagnoli G. Treggi & G. Picci.** 1984. Antagonistic effects of soil bacteria on *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *dianthii* (Prill and Del.) Snyd. and Hans. *Plant and soil* 80(1): 119-125.
- Gamalero, E., G. Berta & B.R. Glick.** 2009. The use of microorganisms to facilitate the growth of plants in saline soils. In *Microbial strategies for crop improvement* (pp. 1-22). Springer Berlin Heidelberg.
- Gamo, M. & T. Shoji.** 1999. A method of profiling microbial communities based on a most-probable-number assay that uses BIOLOG plates and multiple sole carbon sources. *Applied and environmental microbiology* 65(10): 4419-4424.
- Ghosh, P., B. Rathinasabapathi & L.Q. Ma.** 2015. Phosphorus solubilization and plant growth enhancement by arsenic-resistant bacteria. *Chemosphere* 134: 1-6.
- Glick, B.R.** 2012. *Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications.* Scientifica, 2012.
- Goldstein, A.H. & S.T. Liu.** 1987. Molecular Cloning and regulation of a mineral phosphate solubilizing gene from *Erwinia herbicola*. *Biotechnology* 5: 72-74.
- Gulati, A., Rahi, P. & P. Vyas.** 2008. Characterization of phosphate-solubilizing fluorescent pseudomonads from the rhizosphere of seabuckthorn growing in the cold deserts of Himalay. *Current Microbiology* 56: 73-79.
- Hameeda, B., G. Harini, O.P. Rupela, S.P. Wani & G. Reddy.** 2008. Growth promotion of maize by phosphate-solubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna. *Microbiological research* 163(2): 234-242.
- He, Z.L. & X.E. Yang.** 2007. Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Zhejiang University Science B* 8(3): 192-207.
- Husen, E.** 2013. Screening of soil bacteria for plant growth promotion activities in vitro. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 4(1).
- Illmer, P. & F. Schinner.** 1992. Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 389-395.
- Katznelson, H., E.A. Peterson & J.W. Rouatt.** 1962. Phosphate-dissolving microorganisms on seed and in the root zone of plants. *Canadian Journal of Botany* 40: 1041-1180.
- Khan, M.S., A. Zaidi, P.A. Wani & M. Oves.** 2009. Role of plant growth promoting rhizobacteria in the

- remediation of metal contaminated soils. *Environmental Chemistry Letters* 7(1): 1-19.
- Kucey, R.M.N.** 1983. Phosphate -solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin alberta soils. *Canadian Journal of Soil Science* 63: 671-678.
- Kumar, A., C.S. Choudhary, D. Paswan, B. Kumar & A. Arun.** 2014. Sustainable way for enhancing phosphorus efficiency in agricultural soils through phosphate solubilizing microbes. *Journal of Soil science* 9(2): 300-310.
- Meinhardt, F., M. Busskamp & K.D. Wittchen.** 1994. Cloning and sequencing of the *leuC* and *nprM* genes and a putative *spoIV* gene from *Bacillus megaterium* DSM319. *Applied Microbiology and Biotechnology* 41: 344–351.
- Naik, P.R., G. Raman, K.B. Narayanan & N. Sakthivel.** 2008. Assessment of genetic and functional diversity of phosphate solubilizing fluorescent pseudomonas isolated from rhizospheric soil. *BMC microbiology*, 8(1): 1.
- Parra Gonzalez, E., S. Centeno Briceño & Y. Araque Calderon.** 2009. Antifungal activity of *Burkholderia cepacia* isolated from yellow corn (*Zea mays* L.) under different culture conditions. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 29(2): 103-109.
- Prasanna, A., V. Deepa, P.B. Murthy, M. Deecaraman, R. Sridhar & P. Dhandapani.** 2011. Insoluble phosphate solubilization by bacterial strains isolated from rice rhizosphere soils from Southern India. *International Journal of Soil Science*, 6(2): 134.
- Prévost, D. & H. Antoun.** 2007. Root nodule bacteria and symbiotic nitrogen fixation. Soil sampling and methods of analysis, 2nd edn./Section IV—Soil Biological Analyses, 379-398.
- Rajkumar, M., N. Ae, M.N.V. Prasad & H. Freitas.** 2010. Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. *Trends in Biotechnology* 28(3): 142-149.
- Reed, M.L.E. & Glick, B.R.** 2013. Applications of plant growth-promoting bacteria for plant and soil systems. *Applications of Microbial Engineering*. Taylor and Francis, Enfield, CT: 181-229.
- Saldaña, G., V. Martínez-Alcántara, J.M. Vinardell, R. Bellogin, J.E. Ruiz-Sainz & P.A. Balatti.** 2003. Genetic diversity of fast-growing rhizobia that nodulate soybean (*Glycine max* L. Merr). *Archives of Microbiology* 180: 45-52.
- Sanger, F.S., S. Nicklen & A.R. Coulson.** 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 74: 5463–5467.
- Scervino, J.M., V.L. Papinutti, M.S. Godoy, M.A. Rodriguez, I. Della Monica, M. Recchi, M.J. Pettinari & A.M. Godeas.** 2011. Medium pH, carbon and nitrogen concentrations modulate the phosphate solubilization efficiency of *Penicillium purpurogenum* through organic acid production. *Journal of Applied Microbiology* 110(5): 1215-1223.
- Shahid, M., S. Hameed, A. Imran, S. Ali & J.D. Van Elsas.** 2012. Root colonization and growth promotion of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by phosphate solubilizing *Enterobacter* sp. Fs-11. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 28(8): 2749-2758.
- Sharma, S.B., R.Z. Sayyed, M.H. Trivedi & T.A. Gobi.** 2013. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*, 2(1): 1.
- Son, J. S., Sumayo, M., Hwang, Y. J., Kim, B. S., & Ghim, S. Y.** 2014. Screening of plant growth-promoting rhizobacteria as elicitor of systemic resistance against gray leaf spot disease in pepper. *Applied soil ecology*, 73: 1-8.
- Sperber, J.I.** 1958 Solution of apatite by soil microorganisms producing organic acids. *Australian Journal of Agricultural Research* 9: 782-787.
- Tabatabai, M.A. & J.M. Bremner.** 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry* 1: 301–307.
- Vazquez, P., G. Holguin, M.E. Puente, A. Lopez-Cortes & Y. Bashan.** 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biology and Fertility of Soils*, 30(5-6): 460-468.
- Vassilev, N., M. Vassileva & I. Nikolaeva.** 2006. Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: potentials and future trends. *Applied Microbiology and Biotechnology* 71: 137-144.
- Vinale, F., K. Sivasithamparam, E.L. Ghisalberti, R. Marra, S.L. Woo & M. Lorito.** 2008. Trichoderma-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1): 1-10.
- Wisniewski-Dyé, F., B. Drogue, S. Borland & C. Prigent-Combaret.** 2013. Azospirillum-plant interaction: from root colonization to plant growth promotion. *Beneficial plant-microbial interactions: ecology and applications*: 237-269.

Calidad microbiológica de kiwi cv 'Hayward' cosechado en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina

Moreno, Ayelén¹; Claudia Castellari¹; Alejandra Yommi^{1,2}; Sandra Médici^{1,3}; María Alejandra Pereyra^{1,4}

¹Instituto de Innovación para el Desarrollo Agroalimentario y Agroenergético Sostenible (IIDEAGROS), Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce, Argentina; ²Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Balcarce, Argentina; ³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina; ⁴malperey@mdp.edu.ar

Moreno, Ayelén; Claudia Castellari; Alejandra Yommi; Sandra Médici; María Alejandra Pereyra (2019) Calidad microbiológica de kiwi cv 'Hayward' cosechado en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 237-243. <https://doi.org/10.24215/16699513e023>

La superficie de los frutos de kiwi (*Actinidia deliciosa* var. Hayward) presenta una microbiota natural, que es alterada por las prácticas agrícolas utilizadas por cada productor al momento de la cosecha, el transporte, el almacenamiento y el empaque. Los objetivos de este trabajo fueron determinar la carga microbiana total y la presencia de patógenos (*Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella* spp) en kiwis luego de la cosecha y curado, en tres sitios diferentes del Partido de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires, Argentina; y optimizar la desinfección de la fruta entera con NaClO luego del almacenamiento en frío. Se cuantificaron bacterias aerobias mesófilas totales (BAMT), hongos filamentosos (HF) y levaduras (L) y se determinó presencia/ausencia de coliformes totales (CT), *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella* spp. Se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) entre las plantaciones, en los recuentos de la microbiota que afecta la calidad y vida útil de la fruta (BAMT y HF), siendo en Batán donde se halló el mayor contenido. Todos los cultivos dieron negativo para *E. coli* O157:H7 y *Salmonella* spp. Se seleccionó un método de desinfección con NaClO de concentración 300 ppm que permitió reducir la carga microbiana inicial de BAMT, HF, L y CT de la superficie de la fruta. Los resultados presentan el grado de contaminación ambiental y humana generada al finalizar la cosecha y el curado del kiwi en el Partido de General Pueyrredón, y un método sencillo para reducirla. Se destaca la ausencia de bacterias patógenas perjudiciales para la salud del consumidor.

Palabras clave: poscosecha, almacenamiento, frutas, microbiota, vida útil

Moreno, Ayelén; Claudia Castellari; Alejandra Yommi; Sandra Médici; María Alejandra Pereyra (2019) Microbiological quality of kiwi cv 'Hayward' harvested in the Southeastern of Buenos Aires Province, Argentina. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 237-243. <https://doi.org/10.24215/16699513e023>

The surface of the kiwifruit (*Actinidia deliciosa* var. Hayward) presents a natural microbiota, which is altered by the agricultural practices applied by each producer at harvest time, transport, storage and packaging. The objectives of this work were to determine the total microbial load and the presence of pathogens (*Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella* spp.) in kiwifruit after harvesting and curing, in three different sites of General Pueyrredón, Province of Buenos Aires, Argentina; and to optimize the disinfection of the whole fruit with NaClO after cold storage. Total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), filamentous fungi (FF) and yeast (Y) were quantified, and presence / absence of total coliforms (TC), *E. coli* O157: H7 and *Salmonella* spp was determined. Microbiota affecting quality and shelf life of the fruit (TMAB and FF) showed significant differences ($p \leq 0.01$) among plantations, being Batán the location where the highest content was found. All sites were negative for *E. coli* O157: H7 and *Salmonella* spp. A disinfection method with NaClO 300 ppm was selected to allow the reduction of the initial microbial load of TMAB, FF, Y and TC from fruit surface. The results showed environmental and human contamination generated at the end of harvest and curing of the kiwifruit in General Pueyrredón, and the selection of a simple method to reduce it. It is remarkable to highlight the absence of harmful pathogenic bacteria for consumers' health.

Key words: postharvest, storage, fruits, microbial counts, shelf life

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 04/02/2019

Aceptado: 18/04/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

En Argentina, la producción de kiwi se inició a fines de 1980 y la actividad se concentra en la provincia de Buenos Aires, fundamentalmente en el partido de General Pueyrredón, donde las condiciones agroecológicas son óptimas para producir frutos de kiwi de excelente calidad (Benes et al., 2014). El kiwi más cultivado a nivel mundial pertenece a la especie *Actinidia deliciosa* cultivar "Hayward", debido a su buen comportamiento durante la conservación y a sus características organolépticas (Rushing, 2004). Es un fruto climatérico, que se puede cosechar a partir de madurez fisiológica, estado donde la fruta ha alcanzado parámetros mínimos que permiten continuar el proceso de maduración y expresar al máximo el potencial de calidad cuando llega a madurez de consumo (Levy Guarda, 2003). El correcto almacenamiento es crucial para mantener la calidad de la fruta (Anker-Kofoed, 2008), para lo cual se deben usar cámaras frigoríficas con valores de temperatura entre $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa cercana al 95% para evitar la deshidratación (Ruiz de Castro et al., 2006).

En la actualidad, un consumidor informado exige frutos con un alto valor nutricional, buen sabor, buena apariencia, adecuados tamaño y forma, y calidad higiénico-sanitaria (Woodwar, 2006). En general, las frutas se caracterizan por el bajo contenido de carbohidratos, grasas y proteínas y por el alto contenido de agua (>95%). Gran parte de esa agua se encuentra disponible para el desarrollo de bacterias, hongos y levaduras asociados a la fruta, provenientes de la contaminación durante el cultivo, la cosecha, el traslado, el almacenamiento y el procesamiento de la materia prima (Arenas de Moreno et al., 1995). La determinación de grupos microbianos como bacterias aeróbicas mesófilas totales (BAMT), coliformes totales (CT), hongos filamentosos (HF) y levaduras (L), permite conocer la calidad higiénico-sanitaria del producto y así prever su tiempo de vida media. El recuento de CT aporta, además, información sobre la manipulación inadecuada del producto desde su cosecha en el campo hasta su salida de la planta procesadora (Brackett & Splittstoesser, 1992), aunque ciertos coliformes y enterococos pueden integrar la microflora natural. También es indispensable la detección de microorganismos patógenos (FAO, 2003), debido a que la mayoría de los productos frutícolas son consumidos frescos, sin ningún tipo de tratamiento térmico. En Argentina el Código Alimentario Argentino (CAA, actualizado 10/2017) especifica los valores aceptados para *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella* spp en hortalizas y frutas frescas, cuya presencia es causante de toxiinfecciones alimentarias.

El lavado/desinfección de las frutas frescas es fundamental para lograr bajos recuentos microbianos, compatibles con la calidad, seguridad y mayor vida útil. El desinfectante más utilizado, por su bajo costo y eficacia, es el hipoclorito de sodio (NaClO) (Artés & Allende, 2005). En la industria de los productos frutihortícolas (Artés et al., 2007), se suele utilizar en concentraciones entre 50 y 150 ppm.

El cultivo de kiwi tuvo un significativo crecimiento debido a su gran aceptación por parte de los consumidores y a la amplia comercialización en la zona frutihortícola, tanto

del partido de General Pueyrredón como en su límite geográfico con el partido de Balcarce, provincia de Buenos Aires. Así en los últimos años se planteó la necesidad de conocer la microbiota natural asociada a los frutos y de establecer las condiciones para reducir el riesgo microbiológico potencial. Los objetivos del trabajo fueron: a) determinar la carga microbiana total (BAMT, HF, L, CT y *E. coli*) y la presencia de patógenos (*E. coli* O157:H7 y *Salmonella* spp), en frutos de kiwi (*A. deliciosa* var. Hayward) luego de la cosecha y el curado en tres sitios diferentes del Partido de General Pueyrredón y, b) optimizar la desinfección de la fruta entera con NaClO luego del almacenamiento en frío.

METODOLOGIA

Ubicación geográfica de las plantaciones de kiwi

El ensayo se llevó a cabo con frutos de kiwi variedad "Hayward" provenientes de tres establecimientos comerciales: uno ubicado en Sierra de los Padres (S) ($37^{\circ}56'41''\text{S } 57^{\circ}46'51''\text{O}$), con una densidad de 1050 plantas/ha y conducción tipo Genova doble cortina (GDC); el segundo ubicado en El Dorado (D) ($37^{\circ}52'97''\text{S } 57^{\circ}56'73''\text{O}$), densidad de 1000 plantas/ha, y conducción tipo T-bar y el restante en Batán (B) ($38^{\circ}00'00''\text{S } 57^{\circ}43'00''\text{O}$), densidad de 650 plantas ha⁻¹ y conducción tipo parral. Los tres sitios de producción se encuentran en el Partido de General Pueyrredón, Buenos Aires, Argentina.

Caracterización de la microbiota superficial de kiwis

La fruta se cosechó en forma manual luego de su madurez fisiológica con 6,5 a 7,5 °Brix. Los kiwis se colocaron en mochilas, para luego ser descargados en bins de madera, de 300 kg de capacidad y transportados hasta el sector de curado (ambiente ventilado durante 48 h para cicatrizar la herida peduncular producida durante la cosecha). Posteriormente, veinte frutos de cada zona fueron trasladados al Laboratorio de Microbiología de Suelos y Alimentos de la Unidad Integrada Balcarce (UIB) para su análisis. La fruta restante se conservó durante 5 meses a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 95 % de humedad relativa, en una cámara frigorífica. La cámara estaba equipada con un sistema directo de enfriamiento R717, compresor MYCOM modelo N6WA de 142.000 kcal h⁻¹ motor SIEMENS, condensador evaporativo MYCOM modelo MFS, dos bombas BOMBADUR modelo ZM y enfriadores a aire INFRIMAR provistos con dos ventiladores.

Se recolectaron dos muestras de la superficie de cada fruto. Para ello se utilizó un hisopo de algodón estéril embebido previamente en una solución estéril de agua de peptona al 0,1% (Britania®) para prevenir posibles choques osmóticos en la biota microbiana (Motilva Casado et al., 1991). En cada fruta el hisopo se frotó en dos áreas diferentes de 5,73 cm² cada una, que coincidieron con la unión del fruto a la planta y con un lateral longitudinal, respectivamente. Extraída la muestra, el hisopo se sumergió en la misma solución para permitir la resuspensión de estructuras vegetativas y reproductivas de los microorganismos presentes. A partir de las suspensiones se tomaron alícuotas de 1 mL utilizando la técnica de siembra en placa vertida con

medio Agar Nutritivo Britania[®], para el desarrollo de BAMT y alícuotas de 3 µl realizando siembras por estrías en superficie, en placas de Petri con Agar Papa Glucosa (2%) Britania[®] adicionado con antibiótico (cloranfenicol, 0,1%) Sigma[®], para el desarrollo de HF y L. Las placas de Petri se incubaron a 25 °C durante 48h para las BAMT y 7 días para HF y L. Luego de la incubación se realizaron los recuentos de las unidades formadoras de colonias (UFC). Los mismos fueron expresados en UFC/cm² de superficie de fruto.

La presencia/ausencia de CT se determinó sembrando 1 mL de la suspensión en tubos con medio líquido selectivo para coliformes (Verde Brillante Bilis, Britania[®]) e incubando a 37 °C por 48h. Se consideró resultado positivo cuando las muestras exhibieron turbidez y acumulación de gas en la campana de Durham. El resultado se expresó como presencia/ausencia de CT en la muestra original.

Determinación de microorganismos patógenos

En el Instituto de Análisis de Alimentos y Medio Ambiente Fares Taie (Mar del Plata) se evaluó la presencia/ausencia de *E. coli* O157:H7 según el protocolo descrito por la norma ISO/TS 13136:2012. Para la detección de *Salmonella* spp. se siguió la metodología descrita por la ISO 6579-1:2017. A su vez, se cuantificaron *E. coli* y CT en función a las normas ISO 16649-2:2001 e ISO 4832:2006, respectivamente.

Determinación de la microbiota ambiental en la cámara de almacenamiento en frío

Los frutos se almacenaron en la cámara de frío ubicada en Batán. La microbiota presente en el ambiente de la cámara se evaluó en tres tiempos durante el almacenamiento. Para ello, se colocaron 24 placas de Petri distribuidas en 534 m² de la superficie de la cámara. Ocho placas contenían medio de cultivo para BAMT, ocho para HF y L y ocho para el crecimiento de bacterias psicrófilas adaptadas a la temperatura de la cámara (Agar Trypticosa Soya, Britania[®]). Las placas desprovistas de sus tapas, fueron dejadas en la cámara durante 30 minutos y luego tapadas e incubadas en estufa, a 37 °C durante 48 h para BAMT, a 25 °C durante 5 días para HF y L y a 8 °C durante 48 h para las psicrófilas. Se contaron las UFC por unidad de superficie del medio de cultivo utilizado.

Determinación de la concentración efectiva de hipoclorito de sodio para controlar la microbiota presente en la superficie del fruto de kiwi

Se realizaron tres ensayos para determinar la concentración de NaClO capaz de reducir la carga microbiana de la superficie de los frutos, transcurridos 5 meses de almacenamiento. En el primero de ellos se tomaron 60 frutos al azar de los bins, que se colocaron en recipientes acondicionados asépticamente y se trasladaron al Laboratorio de Microbiología de UIB para su análisis. Del total de frutos, 30 se sumergieron durante 2 minutos en una solución desinfectante de

NaClO, de concentración 150 ppm y pH: 6,5 con agitación constante a 4-6 °C y luego se enjuagaron con agua destilada para retirar restos de desinfectante. Los 30 frutos restantes se sumergieron durante 2 minutos en agua destilada como control.

En el segundo ensayo se evaluaron 10 frutos por tratamiento, y se empleó una solución desinfectante de NaClO de 300 ppm, respetando las mismas condiciones de pH, temperatura y tiempo que para el primer ensayo.

En el tercer ensayo se repitieron las condiciones del segundo pero se evaluaron 20 frutos por tratamiento.

Los frutos tratados y los controles fueron evaluados considerando la microbiota superficial, tanto la carga microbiana como la diversidad de grupos. Se aplicó la misma metodología para la medición de BAMT, HF, L y CT descrita con anterioridad.

Diseño estadístico y análisis de resultados

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), con un factor (sitio de producción) con tres niveles (S, D y B). Del total de frutos recolectados de cada sitio, se tomó una muestra aleatoria de 20 correspondiendo cada uno de ellas a una repetición.

Para los tres experimentos en que se determinó la concentración efectiva de NaClO, se utilizó un DCA con un factor (desinfección) con dos niveles: frutos desinfectados con NaClO y frutos controles. Se tomaron del mismo bin, 60 frutos de kiwi como muestra para determinar carga y composición microbianas, considerando a cada una como una repetición para el primer ensayo. Para la ejecución del segundo ensayo se tomaron 20 frutos y para el tercero 40 frutos.

Para el ensayo en la cámara de frío se utilizó un DCA con un factor (tiempo de almacenamiento) con tres niveles: 1 mes, 3 meses y 4 meses; considerando cada placa como una repetición.

Para el análisis estadístico de los datos se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) con el programa R versión 3.2.3 (2015). En caso de diferencias significativas se realizó el test de comparación de medias de Tukey. El nivel de significación utilizado fue de 5 %.

RESULTADOS

Caracterización de la microbiota en la fruta entera a cosecha

Los resultados obtenidos mostraron que el sitio de producción afectó significativamente ($p \leq 0,01$) el recuento de los grupos BAMT y HF siendo la plantación de Batán (B) la que presentó los mayores valores. Para el grupo de L, no se observaron diferencias significativas ($p = 0,08$) entre los sitios de producción (Tabla 1).

No se detectaron *E. coli* O157:H7 ni *Salmonella* spp, en los tres lotes de cultivo para este fruto fresco (Tabla 2). La zona de producción no tuvo efecto significativo ($p = 0,213$) sobre el recuento directo de *E. coli* pero sí sobre el contenido de CT ($p = 0,025$), siendo mayor en S y menor en B (Tabla 1).

Tabla 1. Recuentos de microorganismos sobre la superficie de frutos de kiwi provenientes de tres plantaciones ubicadas en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires a cosecha. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre las plantaciones para los microorganismos estudiados ($p=0,05$). BAMT: bacterias aeróbicas mesófilas totales. CT: coliformes totales.

Grupo microbiano	Recuentos microbianos (\log_{10} de UFC/cm ²) (\pm DE)			P valor
	Sierra de los Padres (N°1)	El Dorado (N°2)	Batán (N°3)	
BAMT	2,35 \pm 0,25 ^(b)	2,31 \pm 0,38 ^(b)	3,03 \pm 0,22 ^(a)	<0,01
Hongos	2,36 \pm 0,24 ^(b)	2,39 \pm 0,23 ^(b)	2,65 \pm 0,37 ^(a)	<0,01
Levaduras	2,42 \pm 0,32 ^(a)	2,40 \pm 0,26 ^(a)	2,61 \pm 0,38 ^(a)	0,08
CT	1,95 \pm 0,22 ^(a)	1,76 \pm 0,30 ^(ab)	1,71 \pm 0,31 ^(b)	0,025
<i>E. coli</i>	1,14 \pm 0,22 ^(a)	1,05 \pm 0,08 ^(a)	1,06 \pm 0,15 ^(a)	0,213

Tabla 2. Determinación de presencia-ausencia (P/A) de microorganismos patógenos en frutos de kiwi provenientes de tres plantaciones ubicadas en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires a cosecha.

Grupo microbiano	Presencia – ausencia (P/A) de microorganismos patógenos		
	Sierra de los Padres (N°1)	El Dorado (N°2)	Batán (N°3)
<i>E. coli</i> O157:H7 (P/A)	Ausencia en 25 g de muestra	Ausencia en 25 g de muestra	Ausencia en 25 g de muestra
<i>Salmonella</i> spp. (P/A)	Ausencia en 25 g de muestra	Ausencia en 25 g de muestra	Ausencia en 25 g de muestra

Determinación de la microbiota presente en el ambiente de la cámara de almacenamiento

El ambiente de la cámara presentó una microbiota diversa compuesta por BAMT, HF y L. No se detectaron bacterias psicrófilas en ninguno de los tiempos. De acuerdo a los resultados obtenidos, hubo efecto del tiempo de almacenamiento en el recuento de BAMT ($p=0,03$), HF ($p=0,002$) y L ($p=0,005$) (Tabla 3). En la Tabla 3 también se puede observar el aumento en el contenido de BAMT, HF y L a medida que pasan los meses de almacenamiento en frío.

Selección del tratamiento con NaClO para el control de la carga microbiana en la fruta entera luego del almacenamiento en cámara a 0°C

Se determinó que el tratamiento de desinfección con NaClO 150 ppm sobre la fruta entera almacenada a 0 °C por 5 meses redujo significativamente ($p=0,005$) el recuento de BAMT pero no de HF ($p=0,113$) y L ($p=0,548$) (Tabla 4) respecto del control. En cuanto a los CT, el 40 % de los frutos analizados por tratamiento, fueron positivos para la fruta desinfectada (y el 60 % negativo) y el 43% resultaron positivos en el tratamiento control (y 57 % negativo), demostrando que la concentración 150 ppm NaClO no fue efectiva en la reducción de los recuentos microbianos.

El incremento de la concentración de NaClO a 300 ppm, redujo significativamente la carga de los tres grupos microbianos evaluados respecto de los controles sin tratar: BAMT ($p<0,05$), HF ($p<0,05$) y L ($p<0,05$) (Tabla 5). Respecto del grupo CT, se observó que el 100 % de los frutos tratados no presentaron contaminación, mientras que la totalidad de los frutos que no fueron desinfectados presentaron contaminación con coliformes.

En la temporada siguiente, se repitió el análisis de la carga microbiana en la fruta entera luego del almacenamiento a 0 °C y el tratamiento de desinfección con NaClO 300 ppm demostró ser efectivo para el control de la carga microbianas sobre la superficie de los frutos, tanto para BAMT ($p<0,05$), HF ($p<0,05$) y L ($p<0,05$) (Tabla 5), como para CT. En este último caso, el 15 % de los frutos tratados con NaClO fueron positivos mientras que el 85 % resultaron negativos y para la fruta control el 55 % resultaron positivos mientras que el 45 % dieron negativo.

DISCUSIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2012), los recuentos de BAMT y HF diferenciales entre sitios de producción pueden ser explicados por la aplicación de prácticas agrícolas diferentes tanto durante el cultivo, como en el momento de la cosecha, el transporte y el almacenamiento.

Cliver (1997) sostuvo que patógenos como *E. coli* O157:H7 y *Salmonella* spp pueden contaminar las frutas y vegetales a través de desechos fecales, aguas residuales, agua de irrigación contaminada o agua superficial. *E. coli* O157:H7 está relacionado con infecciones graves en el hombre, producidas por contaminación del agua y los alimentos (Rubeglio & Tesones, 2007).

Brackett (1998) y Harris (1998) reportaron la presencia de *E. coli* O157:H7 en lechuga, sidra de manzanas, brotes de alfalfa y de *Salmonella* spp. en brotes de poroto y de alfalfa, tomate, sidra de manzanas, melón cantalupo, sandía y diversas hortalizas.

Tabla 3. Recuentos (\log_{10} UFC/cm²) (\pm DE) de la microbiota ambiental en la cámara de almacenamiento en frío a 0°C en el establecimiento de Batán. n.d: no detectado. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tiempos de almacenamiento para los microorganismos estudiados. BAMT: bacterias aeróbicas mesófilas totales.

Tiempos del almacenamiento	Psicrófilas	BAMT	Hongos	Levaduras
1 mes	n.d	3,58±0,64 ^(b)	3,44±0,24 ^(b)	3,23± 0,60 ^(b)
3 meses	n.d	3,68±0,39 ^(ab)	3,61±0,23 ^(b)	3,87± 0,39 ^(a)
4 meses	n.d	4,23±0,34 ^(a)	4,07±0,44 ^(a)	4,01± 0,29 ^(a)

Tabla 4. Recuentos de microorganismos sobre la superficie de frutos de kiwi (\log_{10} UFC/cm²) (\pm DE) no tratados (control) y tratados con hipoclorito de sodio (NaClO) 150 ppm luego del almacenamiento a 0°C, durante cinco meses. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas en el efecto de la aplicación del tratamiento de desinfección (NaClO 150 ppm) frente al Control sobre los microorganismos estudiados ($p = 0,05$). BAMT: bacterias aeróbicas mesófilas totales.

	BAMT	Hongos	Levaduras
Control	3,18±0,50 ^(a)	2,76±0,45 ^(a)	2,69± 0,53 ^(a)
NaClO	2,73±0,66 ^(b)	2,59±0,32 ^(a)	2,60± 0,59 ^(a)

Tabla 5. Recuentos de microorganismos sobre la superficie de frutos de kiwi (\log_{10} UFC/cm²) (\pm DE) no tratados (control) y tratados con hipoclorito de sodio (NaClO) 300 ppm luego del almacenamiento a 0°C, durante cinco meses en dos temporadas consecutivas. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas en el efecto de la aplicación del tratamiento de desinfección (NaClO 300 ppm) frente al Control sobre los microorganismos estudiados ($p = 0,05$). BAMT: bacterias aeróbicas mesófilas totales.

Temporada 1	BAMT	Hongos	Levaduras
Control	2,72±0,18 ^(a)	2,92±0,16 ^(a)	2,18± 0,08 ^(a)
NaClO	1,28±0,16 ^(b)	1,56±0,10 ^(b)	1,40± 0,45 ^(b)
Temporada 2	BAMT	Hongos	Levaduras
Control	2,44±0,36 ^(a)	2,39±0,32 ^(a)	2,19±0,30 ^(a)
NaClO	1,52±0,33 ^(b)	1,25±0,25 ^(b)	1,16±0,21 ^(b)

También se informó sobre la presencia de *Salmonella* spp. en frutas como piña, papaya, mango verde, sandía, durazno, manzana Golden y Starkinson en Costa Rica y México (Avila-Quezada et al., 2008). En este ensayo podemos afirmar que la zona de producción de kiwi del partido de General Pueyrredón analizada dio negativo para ambos patógenos, cumpliendo con la normativa microbiológica expresada por el CAA (Actualizado 10/2017) para hortalizas y frutas frescas, en donde se establecen los parámetros y criterios microbiológicos a determinar para *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7/NM y *E. coli* no O157.

En general los riesgos microbiológicos asociados a los productos frutihortícolas están relacionados con las malas prácticas de producción, como el empleo de agua de riego contaminada, la presencia de animales en las áreas de cultivo, o una inadecuada higiene de las instalaciones y de los operarios (Hernandez Cruza, 2010). Si no se cumplen las normas higiénicas agrícolas y de manufactura, puede ocurrir un aumento en la carga microbiana que disminuye la calidad del producto o lo convierte en no apto para su consumo.

La determinación de la microbiota en el ambiente de las cámaras de frío, es una información que sugiere la importancia que tiene monitorear la carga de microorganismos en los frutos durante el almacenamiento ya que podrían deteriorarlos provocando una menor vida útil causándoles pérdidas económicas relevantes para los productores.

Los hongos filamentosos y levaduras son microorganismos capaces de crecer en la superficie de los kiwis y afectar su calidad y vida útil. En Argentina, Demarinis (2017) detectó BAMT en la superficie de frutos de kiwi luego de cuatro meses de almacenamiento en frío, y obtuvo similares resultados que los registrados en este estudio para la fruta sin desinfectar. Niveles de NaClO como el evaluado en este estudio (100-150 ppm NaClO a pH 6,5) fueron efectivos en el control de mesófilos, psicrótrofos y enterobacterias en lechuga, espinaca, escarola, pimiento, melón e hinojo (Conesa et al., 2007; Artés et al., 2009; Artés-Hernandez et al., 2010b).

Los CT son considerados indicadores de calidad ya que el número de coliformes en una muestra, se usa

como criterio de contaminación y de calidad sanitaria de la misma (Silva et al., 2004). Por otro lado, es importante indicar que en bibliografía no se encontraron estudios que evalúen la presencia de CT en frutos de kiwi, por lo que los resultados obtenidos constituyen los primeros datos sobre este grupo microbiano en el mencionado fruto. Algunos coliformes son comunes en las heces del hombre y otros animales, pero otros (*Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Erwinia*) comúnmente se encuentran en el suelo, agua y semillas. Algunos de estos microorganismos tienen la capacidad de sobrevivir por largos períodos en las hortalizas y frutas frescas, de resistir procesos de desinfección e incluso de multiplicarse durante el almacenamiento (Rivera Jacinto et al., 2009). El incremento de la dosis de NaClO a 300 ppm, redujo significativamente la carga de BAMT, HF, L y CT, permitiendo obtener frutos de mayor vida útil, y aptos para el consumo.

CONCLUSIONES

Los frutos de kiwi presentaron en su superficie una microbiota natural proveniente del cultivo a campo y compuesta por BAMT, HF, L y CT. No se detectaron bacterias patógenas para la salud del consumidor.

Las concentraciones encontradas en la microbiota natural podrían generar un riesgo para la calidad del producto, por lo cual fue necesario optimizar la desinfección de la fruta entera con NaClO luego del almacenamiento en frío. En este trabajo se seleccionó un tratamiento con NaClO de una concentración de 300 ppm a pH: 6,5, con agitación constante y a 4-6 °C, que permitió reducir la carga microbiana inicial de BAMT, HF, L y CT de la fruta a valores seguros.

Es importante, mantener un estrecho contacto con los productores para que optimicen sus prácticas de manejo del cultivo; para que dispongan de protocolos de limpieza y sanitización de las cámaras de frío donde la fruta queda almacenada a lo largo de las temporadas y para controlar que el sector de producción esté lo más resguardado posible del contacto con animales domésticos y roedores. Por ello, es fundamental monitorear los aspectos sanitarios, de calidad y vida útil de la fruta.

El kiwi, en nuestro país, se destina al consumo como fruta entera. Sin embargo, interviene cada vez más en la elaboración de productos mínimamente procesados y deshidratados, que le dan valor agregado. En todos los casos, la inocuidad debe estar garantizada y para ello, cada eslabón del proceso debe ser monitoreado.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado a través del proyecto PNAIyAV 1130033: "Tecnologías de preservación de alimentos y de aprovechamiento de subproductos" otorgado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. La Lic. Moreno cuenta con una beca tipo B otorgada por la Universidad Nacional de Mar del Plata. Los resultados son parte de los requisitos para obtener el título de doctorado de la Lic. Ayelen Moreno en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Los autores

agradecen al Instituto de Análisis y Medio Ambiente Fares Taie-Mar del Plata por permitir realizar parte de los ensayos de laboratorio en dicha institución.

BIBLIOGRAFÍA

- Arenas De Moreno, L., M. Marín, C. Castro De Rincón & L. Sandoval.** 1995. Determinación por HPLC de los azúcares en los frutos de guayaba (*Psidium guajava*. L.) de una plantación comercial del municipio Mara. Revista de la Facultad de Agronomía. (LUZ).12:467-483.
- Artés, F & A. Allende.** 2005. Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf life of minimally fresh processed leafy vegetables. European Journal of Horticultural Science 70: 231-245.
- Artés, F., P.A. Gomez & F. Artés-Hernandez.** 2007. Physical physiological and microbial deterioration of minimally fresh processed fruits and vegetable. Food Science and Technology International13: 177-188.
- Artés, F., P.A. Gomez, E. Aguayo, V.H Escalona & F. Artés-Hernandez.** 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. Postharvest Biology and Technology 51:287-296.
- Artés-Hernandez, F., P. Gómez, E. Aguayo & F. Artés.** 2010. Technological innovations to preserve quality and safety of fresh-cut horticultural products. En: Environmentally friendly and safe technologies for quality of fruits and vegetables. Ed. C.Nunes. 192-200.
- Anker-Kofoed, E.A.** 2008. Quantitative analysis of trade-related issues in the global kiwifruit industry. Tesis Master en comercio y gestión. Lincoln University, Canterbury, New Zeland.109pp.
- Ávila-Quezada, G., E. Sánchez, E. Muñoz, L.R. Martínez & E. Villalobos.** 2008. Diagnóstico de la calidad microbiológica de frutas y hortalizas en Chihuahua, México. Scielo. *Versión On-line* ISSN 1851-5657. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572008000100011. Ultimo acceso: 17 de febrero de 2018.
- Benes G., L. Viteri & A. Yommi.** 2014. CD-ROM companion. [CD-ROM computer file] Kiwi marplatense: un negocio innovador. 4° Congreso Regional de Economía Agraria y 45° Reunión Anual de la AAEEA. Buenos Aires.
- Brackett, R.E.** 1998. Safe handling of fruits and vegetables. En: Fresh-cut products: maintaining quality and safety. Postharvest horticulture series n°10.
- Brackett R.E & D.F. Splittstoesser.** 1992. En: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 3ª Ed. APHA. New York. Fruits and Vegetables. Chapter 49. 919-927 pp.
- Conesa, A., F. Artés-Hernandez, A.C. Silverira & F. Artés.** 2007. Acidified sodium chloride as emerging disinfectant for fresh-cut bell peppers. En: Novel approaches for the control of postharvest diseases and disorders. Bologna, Italia. Cost action 924.
- Cliver, D.O.** 1997. Foodborne viruses. In: Doyle MP, Beachat LR, Montville TJ (ed.) Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. International Journal of Food Microbiology. 67: 437-446.

- Demarinis, F.** 2017. Efecto del almacenamiento en frío sobre la microbiota de frutos de kiwi "Hayward". Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Balcarce, Argentina. 53 pp.
- Depósito De Documentos De La FAO. 2003.** Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas: Del campo al mercado. Capítulo 4: Aspectos higiénicos y sanitarios. En: López Camelo AF. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4893S/y4893s07.htm#bm07>. Último acceso: 19 de febrero 2018.
- Harris, L.** 1998. Food safety. II. Microbial pathogens associated with produce. In: Fresh-Cut products: Maintaining quality and safety. Postharvest Horticulture Series n°10.
- Hernández Cruza, P.E.** 2010. Bacterias patógenas emergentes transmisibles por los alimentos. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: <http://www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/1111/1128>. Último acceso: 19 de Febrero 2018.
- Levy Guarda, N.** 2003. Optimización de la Atmósfera en Kiwi variedad Hayward. Proyecto para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. 47p.
- ISO 4832.** 2006. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of coliforms - Colony-count technique.
- ISO 6579-1.** 2017. Microbiology of the food chain - Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella*.
- ISO/TS 13136.** 2012. Microbiology of food and animal feed -Real-time polymerase chain reaction (PCR)-based method for the detection of food-borne pathogens - Horizontal method for the detection of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and the determination of O157, O111, O26, O103 and O145 serogroups.
- ISO 16649-2.** 2001. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of beta-glucuronidase-positive *Escherichia coli* - Part 2: Colony-count technique at 44 degrees C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl beta-D-glucuronide.
- Motilva Casado, M.J., M.A. Díaz Borrás & M. Vila Aguilar.** 1991. Fungal flora present on the surface of cured spanish ham. Methodological study for its isolation and identification. *Fleischwirtsch.* 71: 1300-1302.
- Organización Mundial De La Salud (OMS).** 2012. Cinco claves para cultivar frutas y hortalizas más seguras: promover la salud mediante la disminución de la contaminación microbiana. ISBN 978 92 4 350400 1.
- R Core Team R.** 2015. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rivera Jacinto, M., C. Rodríguez Ulloa & J. López Orbegoso.** 2009. Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de la ciudad de Catamarca, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica.* 26: 45-48.
- Rubeglio, E.A & S. Tesone.** 2007. *Escherichia coli* O157 H7: presencia en alimentos no cármicos. Scielo. *Versión On-line* ISSN 1668-3501. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S032500752007000300000 Último acceso: 15 Febrero de 2018.
- Ruiz De Castro, A.M., V. Otero, P.P. Gallego & R. Oria.** 2006. Envasado de frutos de kiwi en diferentes películas plásticas. Simposio postcosecha Orihuea. pp.307-311.
- Rushing, J.W.** 2004. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks. K.C. Gross, C.Y. Wang and M. Saltveit (eds). *Kiwifruit En: Agriculture Handbook Number 66*, United States Department of Agriculture, Beltsville, Maryland. Available at: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/079kiwifruit.pdf> (accessed 20 de junio de 2014)
- Silva, J., L. Ramírez, A. Alfieri, G. Rivas & M. Sánchez.** 2004. Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología.* 24: 1-2.
- Woodwar, T.J.** 2006. Variation in "Hayward" kiwifruit quality characteristics. Thesis doctoral. The University of Waikato. New Zealand. 228 pp.

Flowering and fruiting of *Ananas comosus* L. Merr. in two cultivation systems under subtropical conditions

Levin, Sebastián A.¹; Melanie D. Gómez Herrera^{2,3}; Paula Alayón Luaces¹

¹Cátedra de Fruticultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste, Sargento Cabral, Corrientes, Argentina; ²Departamento de Química, Laboratorio de Tecnología Química, Universidad Nacional del Nordeste IQUIBA-CONICET, Argentina; ³melaniegomezherrera@gmail.com

Levin, Sebastián A.; Melanie D. Gómez Herrera; Paula Alayón Luaces (2019) Flowering and fruiting of *Ananas comosus* L. Merr. in two cultivation systems under subtropical conditions. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 245-252. <https://doi.org/10.24215/16699513e024>

Pineapple production in the subtropics is limited by low temperatures. Frost affects the growth and development of the plants, being the main factor that compromises production. One way to mitigate this problem is the use of plastic covers (greenhouses), which could, however, negatively affect the productivity. We studied the flowering and fruiting of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) in two cropping systems (greenhouse and field) in a subtropical region in the northeast of Argentina. Two experimental batches, with plastic covers and uncovered, divided into eight plots, were set up and phenological crop monitoring was performed. The experimental design was completely random. At the time of harvest, physical and chemical variables, such as length of fruit length with crown, fruit length without crown, equatorial diameter, density, firmness, °Brix and acidity values, were analysed to represent fruit quality. The results showed significant differences between the cultivation systems studied. Cultivation type had a marked effect on fruit quality; fruits produced in the greenhouse had a higher weight and size than those produced in the field; however, the chemical variables related to flavour did not differ significantly between the two cultivation types.

Keywords: field, fruit, greenhouse, pineapple, quality

Levin, Sebastián A.; Melanie D. Gómez Herrera; Paula Alayón Luaces (2019) Floración y fructificación del *Ananas comosus* L. Merr. bajo dos sistemas de cultivo en condiciones subtropicales. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 245-252. <https://doi.org/10.24215/16699513e024>

La producción de piña (*Ananas comosus* L. Merr) en el subtrópico encuentra como principal factor limitante a las bajas temperaturas, ya que afectan el crecimiento y desarrollo de la planta. Una posibilidad concreta para controlar esta dificultad es el uso de coberturas plásticas o invernáculos, el cual podrían incidir en el cultivo y su productividad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la floración y fructificación de la piña en dos sistemas de cultivo en regiones subtropicales del noreste argentino. Se establecieron dos lotes experimentales, con cobertura plástica y sin cobertura, divididos cada uno en ocho parcelas. El diseño experimental fue completamente al azar. Se realizó el seguimiento fenológico del cultivo y para determinar la calidad del fruto se analizaron variables físicas y químicas: longitud del fruto con y sin corona, diámetro ecuatorial, densidad, firmeza, °Brix y acidez. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los sistemas de cultivo estudiados, en donde el sistema de cultivo tuvo un marcado efecto a favor de las frutas producidas por plantas bajo cobertura plástica presentaron un peso y tamaño superior a las producidas sin cobertura; sin embargo las variables químicas relacionadas con el sabor en ambos sistemas no fueron afectadas significativamente.

Palabras clave: calidad, campo, fruta, invernáculo, piña

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 20/11/2018

Aceptado: 10/04/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCTION

Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) is cultivated in more than 60 tropical and subtropical countries. The fruits are in great demand in developed countries, and pineapple cultivation has a great economic importance. Globally, pineapple is the third most produced tropical fruit after banana and citrus (Botella & Smith, 2008). From an economic point of view, it is the most important species from the Bromeliaceae family. The "Smooth Cayenne" cultivar is the dominant fresh fruit for export (Loeillet et al. 2011) and the most widely grown cultivar in the world (Chan et al. 2003).

The pineapple flowering process involves a transition from the vegetative to the reproductive stage, when the differentiation of the flowers takes place and the vegetative growth stops (Py, 1969). To obtain a quality fruit and a uniform production, it is necessary to apply floral induction techniques to standardize fruiting and fruit ripening (Cunha, 1993; Maruthasalam et al., 2010). The environment has a considerable effect on the morphological characteristics of plants and even generates physiological modifications, which has also been observed for the Bromeliaceae (Martin, 1994).

The main limiting factor for the cultivation of pineapple in subtropical regions is temperature. Although the plant resists mild and short frosts down to -3°C , its growth is delayed by low temperatures and stops, depending on the cultivar, at temperatures between 10 and 16°C . According to Cunha (1999), the ideal temperature for the growth and development of roots and leaves is between 22 and 32°C ; at predominantly low temperatures, growth is reduced.

In the South American subtropics, the conditions for pineapple cultivation are favourable; however, it is necessary to consider the possible occurrences of frost. This calls for the need to develop appropriate technologies to adjust the pineapple crops to the specific conditions of the region.

One possibility is the use of greenhouses; however, environmental conditions generated by the very presence of plastic could affect the growth and development of the plants as well as the phenological phases and the quality of the fruit.

Information on the phenology of pineapple is important for the distinction between growth stages, problem identification in the development of cultivation, adoption of agronomic practices and studies of the phases of the cycle and, especially, to guide the management of the crop to the optimum harvest moment (Kist, 2011).

In this context, the aim of this work was to study the flowering and fruiting of the pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) in two cropping systems, greenhouse and field conditions, in the Argentinian north-eastern subtropical region.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were carried out between September 2013 and January 2015 at the Estación Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes – Argentina, $27^{\circ} 28' 27''$ S., $58^{\circ} 47' 00''$ W; 70 meters above sea level.

The soil at the experimental site has been classified as Udipsamentselven mixt, hyperthermic, belonging to the Ensenada Grande series. Based on its natural low fertility and susceptibility to erosion, it is located in Subclass II and III. The relief of the area is gently undulating, with slopes of 1 to 1.5%. The climate is subtropical or mesothermal, with an average annual rainfall of 1.300 mm and an average annual temperature of $21,6^{\circ}\text{C}$; it has a well-defined frost-free period of 340 to 360 days. Average annual temperature is around $21,5^{\circ}\text{C}$; the average temperature of the coldest month (July) ranges between 16 and 13°C and the average temperature of the warmest month (January) is between 27 and 26°C ; annual variation is scarce. In summer, absolute maximum temperatures reach $42,5$ to $46,5^{\circ}\text{C}$; although frost is rare, absolute minimum winter temperatures are -1 to $5,5^{\circ}\text{C}$ (Escobar, 1996).

The rainfall pattern is characterised by abundant and frequent rainfall, exceeding 1.500 mm per year. The main feature of this system is the seasonal irregularity in rainfall distribution, with autumn being the rainiest and winter the driest season.

In this study, we used the pineapple cultivar "Smooth Cayenne". Two experimental batches (treatments), one under field conditions and other under plastic cover (greenhouse), were established and drip-irrigated. The experimental design was completely random. The plots consisted of two sowing beds with a density equivalent to 74.000 plants per hectare; bed distance from centre to centre was 1,80 m, with a length of 8,40 m. In each bed, there were four rows of plants, with a spacing of 30 cm between plants and rows; the two central rows were considered as useful plots (96 plants) to avoid edge effects.

The greenhouse was 9 m wide, 21 m long and 2,5 m high; maximum ceiling length was 4 m. It consisted of a metal structure with a front door; the plastic sheet was $150\ \mu\text{m}$ thick.

Both cultivation systems were fertilised to maintain the ratio 1N: 0.5 P₂O₅: 3 K₂O, applying a total of 150 kg ha⁻¹ nitrogen and 75 kg ha⁻¹ phosphorus in the form of P₂O₅ and 450 kg ha⁻¹; potassium was applied as K₂O. The doses were divided into three equal parts and applied at planting (September 2013), in summer (December 2013) and in late autumn (May 2014) in each year.

Floral induction consisted of the application of Etephon (2-chloroetilfosfonic acid) in Ethrel® solution (13 mL), urea (40 g) and CaOH (11 g), dissolved in 20 L of water, pH 8,2–8,5. Each plant received 50 mL on two occasions at an interval of seven days. The measurements and determinations made as follows:

Following the phenological stages of the crop: in both cultivation systems and after the floral induction, weekly observations on all plants of each batch were made. Inflorescence display inside the rosette leaves was considered as the beginning of the flowering state. For each observation period, we calculated the degree days, following the methodology proposed by Carvalho et al. (2005):

Degree days (DD) = days observed (mean temperature $-15,8^{\circ}\text{C}$), where we considered $15,8^{\circ}\text{C}$ as base temperature of the crop.

Fruits growth curves: measures of length and diameter (in cm) of each developing fruit were taken weekly.

Fruit quality analysis: at harvest time, when fruits showed 25% of yellow cover, physicochemical determinations were made from the half portions of 48 fruits per treatment that were chosen randomly, analysing the following parameters:

Size: fruit length with and without crown, superior, middle and lower diameters (in cm);

Fresh weight: the fruits of each treatment were weighed. Crown fresh weight was determined separately. Proportion between fresh weight and crown weight was also determined.

Number of single fruits or fruitlets: the number of individual fruits harvested was counted.

Fruit density: the density of the fruits was determined by the following relationship: fruit weight (in g) divided by the volume of water displaced by the fruit (g mL^{-1}).

Firmness: evaluated by measuring the force required to penetrate a 11-mm diameter probe to a depth of 1 cm, using a peeled fruit and a penetrometer (Kg cm^{-2}).

Total soluble solids: the concentration of soluble solids was analysed using a manual refractometer ($^{\circ}$ Brix).

Acidity: was determined potentiometrically by titrating

10 ml of pineapple juice filtrate with NaOH 0.1N until pH 8.1, expressed in grams of citric acid per litre of juice.

In the experimental lots, we measured maximum and minimum temperatures and ambient relative humidity. In the greenhouse, measurements were taken with a digital thermohygrometer and in the field, data were obtained from a meteorological station from 2013 to 2015.

Prior to comparing the measured variables, normality of the data (Shapiro-Wills test) and homogeneity of variance were tested. Analysis of variance (ANOVA) and mean comparisons were performed using Tukey's test ($p < 0.05$). Statistical analyses were carried out using the software INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2016).

RESULTS

Tables 1 and 2 show the phenological stages of pineapple plants in both systems; mean monthly temperatures, monthly relative humidity and degree days accumulated during the months of observation.

Table 1. Phenological tracking of pineapple plants under greenhouse conditions (*Ph. stage*): Phenological stage, (*Aver.temp.*): Average temperature, (*Aug.*): August, (*Sept.*): September, (*Octob.*): October, (*Novem.*): November, (*Decem.*): December, (*Floral Diff.*): Floral differentiation, (*Floral. Initi.*): Floral initiation.

Month	Ph. stage	Grade Days	Aver. Temp. ($^{\circ}\text{C}$)
May	Floral	151,9	25,6
June	-	125,1	24,1
July	-	99,2	22,2
Aug.	Floral Diff.	125,9	23,9
Sept.	Floral Init.	150,3	25,8
Octob.	Fruit Growth	192,5	28,2
Novem.	Fruit Growth	233,6	31,4
Decem.	Fruit Growth	174,8	31
Decem.	Harvest	1253,605 GD in total	-

Table 2. Phenological tracking of pineapple plants under field conditions. (*Ph. stage*): Phenological stage, (*Aver.temp.*): Average temperature, (*Aug.*): August, (*Sept.*): September, (*Octob.*): October, (*Novem.*): November, (*Decem.*): December, (*Jan.*): January, (*Floral Diff.*): Floral differentiation, (*Floral. Initi.*): Floral initiation.

Months	Ph. Stage	Grade Days	Aver. Temp. ($^{\circ}\text{C}$)
May	Floral Induction	69,2	20,2
June	-	4,5	16,1
July	-	0	13,2
Aug.	-	21,5	17,1
Sept.	Floral Diff.	61,9	19,9
Octob.	Floral initi.	102,8	22,4
Novem.	Fruit growth	155,9	26,1
Decem.	Fruit growth	168,4	26,6
Decem.	Fruit growth	85,3	28,9
Jan.	Harvest	669,9 GD in total	-

Plants from both treatments had 570 days of cultivation from planting to the time they received the flowering inducer (May 2013). In plants cultivated in the greenhouse, floral differentiation occurred in the middle of August (90 days after induction), while field-cultivated plants showed floral differentiation 101 days after induction (Table 1). In the greenhouse, the average maximum temperatures recorded during this period were between 34 and 37°C, while in the field system, temperatures oscillated between 20 and 27°C until the beginning of flowering. Average minimum temperatures during this period in the greenhouse were also higher than those in the field (Table 3). In the greenhouse, there were 502° DD from floral induction to floral differentiation, whereas in the field treatment, there were only 95° DD (Tables 2 and 3). The flowering in the plots cultivated in the greenhouse was homogeneous, since 80% of these plants flowered simultaneously. In contrast, in the open-field plots, the

flowering was more staggered, since only 50% of the plants flowered simultaneously. This behaviour was maintained in the later stages, so that the plots cultivated in the field presented a high heterogeneity in the occurrence of the phenological stages. In the field treatment, the relatively low temperatures prior to flowering and at the flowering stage delayed the following phenological stages (Table 1).

The total degree days accumulated in the period between floral differentiation and fruit growth were 877,25 and 569,05 for the greenhouse and field plants, respectively.

The degree days accumulated from floral induction to harvest time were 1253,60 for fruits obtained from greenhouse cultivation and 669,91 for field cultivars.

As can be seen in Figure 1a and b, the fruits obtained from greenhouse cultivation had a growth period of 68 days between October and December, whereas the growth period for fruits cultivated in the field was 82 days (from October to January).

Table 3. Climate data from January 2014 to January 2015. (Max.Field): Maximum temperature in the field, (Min.Field): Minimum temperature in the field, (Max.Greenh.): Maximum temperature in the greenhouse, (Min. Greenh.): Minimum temperature in the greenhouse.

Month	Temperature(°C)				Humidity (%)			
	Max. Field	Min. Field	Max. Greenh.	Min. Greenh.	Max. Field	Min. Field	Max. Greenh.	Min. Greenh.
January	36,4	21,5	38,5	23,1	88,4	34,7	91,7	42,9
February	36,2	21,1	36,2	22,5	89,6	40,1	85,8	45,5
March	32,7	18,6	37,6	19,1	92,1	36,1	79,6	28,4
April	28,1	16,7	38,6	17,0	94,3	37,5	96,7	35,0
May	27,1	13,5	37,0	14,2	95,1	48,1	97,2	45,5
June	22,0	10,2	36,6	11,7	91,6	42,9	98,4	48,8
July	20,4	6,1	36,3	8,2	87,7	34,7	96,4	36,5
August	25,8	8,6	35,0	12,9	89,6	36,3	89,4	38,0
September	29,1	10,8	37,8	13,8	98,2	36,6	91,2	36,0
October	30,5	14,4	40,4	16,0	93,3	40,2	94,3	46,5
November	32,1	20,3	40,1	22,6	93,6	40,6	94,0	46,3
December	33,1	20,2	38,4	23,6	94,5	43,5	89,3	42,3
January	36,4	21,5	38,5	23,1	88,4	34,7	91,7	42,9

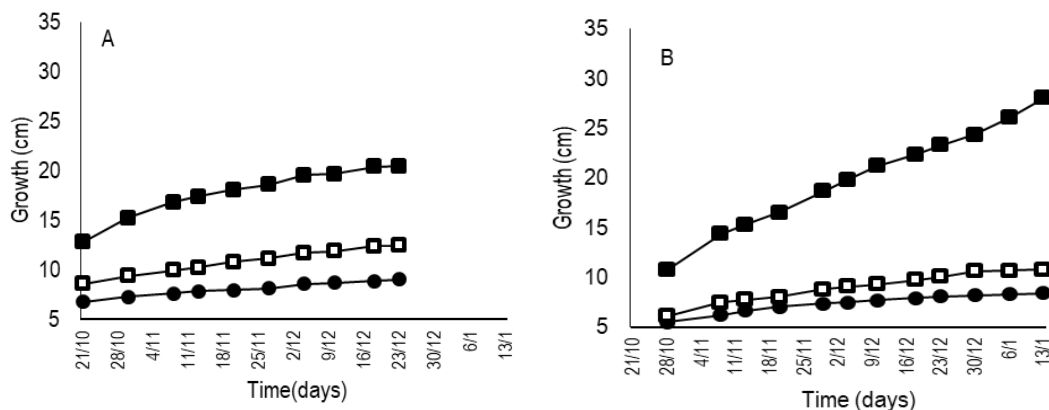


Figure 1. Growth curves of pineapples fruits cultivated under A: Greenhouse and B: Field conditions. (■) Length with crown, (□) Length without crown and (•) equatorial diameter.

The fruits cultivated in the greenhouse had initial values of 12,77 cm (length with crown), 8,5 cm (length without crown) and 6,49 cm (diameter) and final values of 20,36, 10,88 and 9,37 cm, respectively, which meant an increase of 60,22, 46,12 and 46,38%, respectively. However, for fruits cultivated in the field, the increase of growth was 177,91% for length with crown, 80,39% for length without crown and 58,58% for fruit diameter, with initial values of 10,73, 6,07 and 5,48 cm, respectively, and final values of 30,92, 10,26 and 8,92 cm, respectively.

Table 4 shows the final fruit size at harvest; the variables length of the fruit with and without crown in the two cropping systems were 20,63 cm and 10,88 cm and 30,92 cm 10,26 cm for the fruits produced in the greenhouse and in the field, respectively. Significant differences were only observed in the length of the fruit with the crown; at harvest, fruits cultivated in the field presented a higher final length than those grown in the greenhouse.

Under greenhouse conditions, the relation between the length of the crown and the length of the fruit was 0,89. In contrast, for fruits cultivated in the field, this ratio was 1,98, indicating a greater development of the crown in respect of the fruit. On the one hand, the crown weight/fruit weight ratio (Table 5) showed values of 13%, on the other hand, fruits obtained from the field system showed a ratio of 27%. Average crown weight differed significantly between greenhouse and field cultivation, with values of 96.81 and 191,68 g, respectively, and crown length values of 9,75 and 20,66 cm, respectively.

Fruit diameter in both culture systems was

characteristic of the variety (cylindrical form). No significant differences were found in basal and average diameter.

Fresh fruit weight and firmness were not significantly different between the two cultivation systems. The average fruit weight was 700,74 and 761,67 g for the field and greenhouse, respectively. A significant difference between the two systems was observed for fresh fruit weight without crown (Table 5). For fruits cultivated in the greenhouse, fresh fruit weight without crown was, on average, 662 g compared to 507,64 g for fruits cultivated in the field.

Fruit density values (Table 5) showed the particularity that although the fruits did not show differences in terms of total fresh weight, fruit density values were higher for fruits cultivated in the field, evidencing some differences in fruit composition. The lower amount of water in the fruits from field cultivation may be due to the higher temperatures recorded in this treatment and the low relative humidity, causing water loss.

Although the length of the fruit without crown and the equatorial diameter of the fruits from the greenhouse were not above the values of those from the field, the quantity of individual fruits was greater in the greenhouse cultivation than in the field cultivation.

Table 6 presents the results of the chemical analyses of fruit quality. The analysed variables did not present significant differences between the two cultivation systems. The values of total soluble solids (°Brix) oscillated between 12,99 and 14,31. Titratable acidity values were 0,49 to 0,58 g of citric acid 100 g⁻¹ pulp. The fruit ratio of both cropping systems ranged from 26,25 to 30,73.

Table 4. Pineapple fruit size measured at the harvest in the two cultivation systems. (G): Greenhouse, (F): Field. Different letters within the columns indicate significant differences ($p < 0,05$).

Cultivation system	Fruit length with crown (cm)	Fruit length without crown (cm)	Crown length (cm)	Crown/fruit ratio	Superior diameter (cm)	Equatorial diameter (cm)	Inferior diameter (cm)
G	20,63 (a)	10,88 (a)	9,71 (a)	0,89 (a)	8,23 (b)	9,37 (a)	9,17 (a)
F	30,92 (b)	10,26 (a)	20,33 (b)	1,98(b)	7,63 (a)	8,92 (a)	8,67 (a)

Table 5. Physical parameters of pineapple fruits at the time of harvest in the two cultivation systems. (G): Greenhouse, (F): Field. Different letters within the columns indicate significant differences ($p < 0,05$).

Cultivation system	Total fresh weight (g)	Fruit weight (g)	Crown weight (g)	Crown (%)	Density (g/ml)	Firmness (kg/cm ²)	Nº of individual fruits
G	761,67 (a)	662 (b)	96,81 (a)	13 (a)	1,04 (a)	2,05 (a)	93,56 (b)
F	700,74 (a)	507,74 (a)	191,68 (b)	27 (b)	1,35 (b)	2,08 (a)	79,42 (a)

Table 6. Chemical parameters of pineapple fruits measured at the time of harvest in the two cultivation systems. (G): Greenhouse, (F): Field. Different letters within the columns indicate significant differences ($p < 0,05$).

Cultivation system	°Brix	Acidity	Ratio
G	12,99 (a)	0,52 (a)	26,25 (a)
F	14,31 (a)	0,50 (a)	30,73 (a)

DISCUSSION

In both cultivation systems, the time between induction and floral differentiation was lower than that mentioned by Carvalho et al. (2005), who stated that in the same cultivar in the state of Paraná, Brazil, this period was 107 days. In relation to the degree day model, the conditions generated in the greenhouse reached the conditions of the tropical environments mentioned in Carvalho et al. (2005), where similar values were found for this period. In contrast, in the field treatment, the accumulation of degree days until flowering was below the values found by Carvalho et al. (2005) and Kist et al. (2011). The 11 days gap for floral differentiation between the two cropping systems indicates not only a response to the degree accumulation model, but also a relation to the low winter radiation, coinciding with the findings of Rainha et al. (2016).

There is a strong correlation between mean monthly temperatures and the response of the pineapple plants to the passage of the flowering stages, which proves that temperature is the variable responsible for the duration of the flowering cycle in subtropical regions (Rainha et al. 2016).

The values accumulated in the period between floral differentiation and fruit growth were below those mentioned by Kist et al. (2011) in Mato Grosso, Brazil, who reported 1.349,5 degree days for this phenological period for the cultivar Cayenne Lisa, obtaining an earlier harvest in this tropical zone with a greater accumulation of degree days than in our zone.

The values calculated from floral induction to harvest time for the greenhouse cultivation are similar to those found for the same cultivar in the province of Paraná, Brazil, with 1.389,3 degree days in the same phenological period (Carvalho et al., 2005).

The fruit sizes obtained at harvest in both cropping systems were lower than the crop's potential, according to Pereira et al. (2009), who obtained fruit lengths with and without crown of 35,4 to 43,2 cm and 15,8 to 20,3 cm, respectively. This difference is due to the contribution of the crown to the fruit length, obtaining a relation of fruit length with crown/fruit length without crown of 1,89 in the greenhouse, whereas in those fruits cultivated in the field, this relation was of 3,01, which indicates a strong development of the crown under field conditions.

Montero Calderón (2005) states that the length of the crown should be 1 to 1,5 the length of the fruit. In our study, the fruits cultivated in the greenhouse showed a value of 0,89. The crown weight/fruit weight ratio (Table 5) showed values of 13% for the fruits grown in the greenhouse, which is in accordance with Rebolledo Martínez et al. (2006) for "Smooth Cayenne". The same authors also found that the crown weight/fruit weight ratio of this cultivar increases in favour of the crown at high planting densities.

Fresh weight and fruit firmness of fruits from both cropping systems were below the values expected for the Smooth Cayenne, which, according to Rebolledo Martínez et al. (2006), should range between 1.500 and 3.500g. In terms of fruit weight without crown, several authors indicate that a larger plant size at the time of floral induction allows the harvest of larger fruits (Hotegni et al., 2014). This result corresponds to the

fact that the plants grown in the greenhouse showed greater vegetative development at the moment of floral induction (Gonzalez Leguizamón et al., 2013), which agrees with the results of a study from Mexico, where the largest fruits were found in the plants with the highest leaf area index values (Rebolledo Martínez et al., 2006). This also corroborates the findings of Bartholomew and Malézieux (1994), who mention that the photosynthetic efficiency at the time of floral induction significantly influences the yield.

The significant differences between the two cropping systems in terms of fruit density indicate that the fruits from the field cultivation had a higher density and, consequently, a more compact texture (see also Wisdom et al., 2009) and less water compared to fruits grown under greenhouse conditions.

After flower induction, pineapple plants show an increase of the width of the apex, which bears the florets (Wee and Rao, 1979). The number of individual fruits is associated with the number of flowers or florets that were developed during flowering (Py, 1969, Hotegni et al., 2014). In our study, optimum environmental conditions in terms of temperature and humidity were found in the greenhouse, which resulted in a greater number of fruits compared to the field treatment. Besides, there is a high correlation between fruit weight and number of individual fruits for this variety (Rebolledo Martínez et al., 2006).

Internal fruit quality was within the ranges mentioned by Manica (2000), who cites values between 10.9 and 18.8° Brix. However, other authors state that this variety contains between 13.31-14 °Brix (Reinhardt and Medina, 1992; Rebolledo Martínez et al., 2006). Titratable acidity values were as expected for this variety and similar to those reported by Manica (2000), with 0.49 to 0.58 g of citric acid 100 g⁻¹ pulp, while Reinhardt and Medina (1992) indicate values between 0.61 to 0.65 g of citric acid 100 g⁻¹ pulp. The fruit ratio values of fruits from both cropping systems ranged from 26.25 to 30.73 and are higher than those reported by Da Silva Berilli (2011), who calculated ratios between 19.12 and 28.46.

CONCLUSIONS

The floral differentiation in the greenhouse and field cropping systems under subtropical conditions did not respond to the degree accumulation model.

Cultivation systems affected the physical and fruit size variables, markedly affecting the crown/fruit ratio under field cultivation conditions.

Based on our analyses, the different environmental conditions in the greenhouse and in the field did not result in differences in fruit quality. However, they did affect the variables total fresh weight, fruit weight, density, number of individual fruits and fruit size.

The two cultivation conditions had no significant impact on the chemical fruit parameters. The quality of the fruits produced in both cropping systems was within the chemical standards of °Brix and acidity required by the market.

Acknowledgments

We would like to thank the Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) for financial support.

REFERENCES

- Bartholomew, D.P. & E. Malezieux.** 1994. Pineapple. In: B. Schaffer, P. C. Andersen (Eds). *Handbook on Environmental Physiology of Fruits Crops, Subtropical and Tropical Crops*, CRC Press, Boca Raton, Florida. Vol. II: 243-291. In: https://www.researchgate.net/profile/Marshall_Johnson/publication/272023414_Pests_diseases_and_weeds/links/58210d4b08aea429b29bf416/Pests-diseases-and-weeds.pdf
- Botella, J.R. & M. Smith.** 2008. Genomics of pineapple, crowning the king of tropical fruits. In: *Genomics of Tropical Crop Plants* (pp. 441-451). Springer, New York. In: https://doi.org/10.1007/978-0-387-71219-2_18
- Carvalho, S.L.C. da., C.S.V.J. Neves, R. Bürkle & C.J. Marur.** 2005. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'Smoothcayenne'. *Revista Brasileira de Fruticultura* 27:430-433. In: <http://www.scielo.br/pdf/0D/rbf/v27n3/27790.pdf>
- Chan, Y.K., D. Coppens, G. d'Eeckenbrugge & G.M. Sanewski.** 2003. Breeding and variety improvement. In: *The Pineapple: Botany, Production and Uses* (eds D.P. Bartholomew, R.E. Paull & K.G. Rohrbach), pp. 33-55. Wallingford: CAB International
- Cunha, G.A.P. da; D.H.R.C. Reinhardt & R.C. Caldas.** 1993. Efeito da época de plantio, tamanho da muda e idade da planta na indução floral sobre o rendimento do abacaxizeiro 'Pérola' na Bahia. *EMBRAPA*, 31:1-4.
- Cunha, G.D., G. Cunha, J. Cabral & L. Souza.** 1999. Aspectos agroclimáticos. *O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. Brasília: EMBRAPA*, 53-66.
- Da Silva Berilli, S.** 2011. Avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo in natura. *Revista Brasileira de Fruticultura. Volume Especial*, E. 592-598. In: https://www.researchgate.net/profile/Paulo_Santos42/publication/262658361_Sensory_evaluation_of_pineapple_cultivars_for_consumption_in_natura/links/54c9058d0cf213e7f7355344.pdf
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W. Robledo.** 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL. In: <http://www.infostat.com.ar>
- Escobar, E.H., H.D. Ligier, R. Melgar, H. Matteio & V. Vallejos.** 1996. Mapa de suelos de la provincia de Corrientes 1:500.000. E.E.A. INTA -Corrientes. 315 pp. In: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bad.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=007667>
- González Leguizamón, R., M. Chabbal, J.F. Domínguez, S.M. Mazza & P. Alayón Luaces.** 2013. Ciclo vegetativo de plantas de ananá (*Ananas comosus* L., Merr.) bajo dos sistemas de cultivo en Corrientes. *Revista FACENA* 29:11-22. In: <http://dx.doi.org/10.30972/fac.290871>
- Hotegni, V.N.F., W.J. Lommen, E.K. Agbossou & P.C. Struik.** 2014. Heterogeneity in pineapple fruit quality results from plant heterogeneity at flower induction. *Frontiers in Plant Science*, 5. In: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00670>
- Kist, H.G.K.** 2011. Fenología e escalonamento da produção do abacaxizeiro 'SmoothCayenne' no Cerrado de Mato Grosso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46(9), 992-997. In: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011000900004>
- Loeillet, D., C. Dawson & T. Paqui.** 2011. Fresh pineapple market: from the banal to the vulgar. *Acta Horticulturae* 902, 587-594. In: https://www.actahort.org/books/902/902_78.htm
- Manica, I.** 2000. Abacaxi: do plantio ao mercado. Editorial Cinco Continentes, Porto Alegre, 122 pp.
- Martin, C.E.** 1994. Physiological Ecology of the Bromeliaceae. *Botanical Review* 6 (1):1-82. In: <https://www.jstor.org/stable/4354220>
- Maruthasalam, S., L.Y. Shiu, M. Loganathan, W.C. Lien, Y.L. Liu, C.M. Sun, C.W. Yu, S.H. Hung, Y. Ko & C.H. Lin.** 2010. Forced flowering of pineapple (*Ananas comosus* cv. Tainon 17) in response to cold stress, ethephon and calcium carbide with or without activated charcoal. *Plant Growth Regul* 60: 83-90. In: <https://doi.org/10.1007/s10725-009-9421-9>
- Montero Calderón, M. & M.M. Cerdas Araya.** 2005. Guías Técnicas del manejo de poscosecha de la piña en el mercado fresco. San José, C.R.: MAG. 46pp. In: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=083582>
- Pereira, B.A.M., S.C. Siebenechler, R. Lorençoni, G. Cavalheiro Adorian, J.C. Silva, R. Braga Maciel Garcia, D.N.L. Pequeno, C.M. Souza & R.F.F. de Brito.** 2009. Qualidade do fruto de abacaxi comercializado pela Cooperfruto - Miranorte-TO. *Revista Brasileira de Fruticultura* 31(4):1048-1053. In: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000400018>
- Py, C.** 1969. La piña tropical. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Editorial Blume. Primera Edición, 278 pp.
- Rainha, N., V.P. Medeiros, M. Camara, H. Faustino, J.P. Leite, M.C. Barreto, C. Cruz, C.A. Pacheco, D. Ponte & A. Bernardes da Silva.** 2016. Plasticity of crassulacean acid metabolism at subtropical latitude: a pineapple case study. *Physiologia Plantarum* 156: 29-39. In: <https://doi.org/10.1111/pp1.12386>
- Rebolledo Martínez, A., A. Ángel Pérez, L. Rebolledo Martínez, E. Becerril Román & D. Uriza-Ávila.** 2006. Rendimiento y calidad de fruto de cultivares de piña en densidades de plantación. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 29 (1): 55-62. In: <http://www.redalyc.org/pdf/610/61029108.pdf>
- Reinhardt, D.H.R.C. & V.M. Medina.** 1992. Crecimiento e qualidade do fruto do abacaxi cvs. Pérola e SmoothCayenne. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 27: 435-447. In: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3667/958>
- Wisdom, W., K.S. Firibu, M. Steiner-Asiedu, A.S. Budu & S. Sefa-Dedeh.** 2009. A comparison of some physical, chemical and sensory attributes of three pineapple (*Ananas comosus*) varieties grown in Ghana. *African Journal of Food Science* 3(1):22-25. In:

<http://www.academicjournals.org/journal/AJFS/article-full-text-pdf/556E3D920191>

Wee, Y.C. & A.N. Rao. 1979. Development of the inflorescence and crown of *Ananas comosus* after

treatment with acetylene, NAA, and ethephon. *American Journal of Botany* 66: 351–360. In: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1979.tb06235.x>

Análise diagnóstico dos sistemas agrários e aspectos da agricultura familiar no município de Derrubadas, Rio Grande do Sul

Moreira, Diego Camelo^{1,5}; Tamires Elisa Bieger²; Pedro Selvino Neumann³; Mauren Buzzatti²; Álvaro Antônio Xavier de Andrade⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul, Brasil; ²Programa de Pós-Graduação Desenvolvimento Rural da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Rio Grande do Sul, Brasil; ³Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul, Brasil; ⁴Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil; ⁵diegocamelo@gmail.com

Moreira, Diego Camelo; Tamires Elisa Bieger; Pedro Selvino Neumann; Mauren Buzzatti; Álvaro Antônio Xavier de Andrade (2019) Análise diagnóstico dos sistemas agrários e aspectos da agricultura familiar no município de Derrubadas, Rio Grande do Sul. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 253-267. <https://doi.org/10.24215/16699513e025>

A presente pesquisa tem como objetivo explorar e analisar a conjuntura dos sistemas agrários e do sistema de produção de agricultores familiares no município de Derrubadas - RS, assim como verificar a importância da renda de autoconsumo e da reciprocidade na reprodução social dessas famílias, considerando as potencialidades e os limites das condições naturais e socioeconômicas locais. Para tal foi utilizado o método Análise Diagnóstico dos Sistemas Agrários (ADSA). Por meio da estratificação da realidade foi possível realizar um recorte em nível de zona homogênea e identificar os principais sistemas produtivos da região, assim como caracterizar os principais tipos de agricultores. Dessa forma na pesquisa de campo foi possível identificar três tipologias de agricultores, entre elas: agricultores familiares produtores de leite com baixo grau de tecnificação; agricultores familiares sem produção de leite; e agricultores familiares produtores de leite e grãos com alto grau de tecnificação. Por meio da análise das Unidades de Produção Agrícolas - UPAs representativas de cada tipologia, foi possível constatar que a estratégia da agricultura familiar no município se mostrou bastante favorável para a realidade da zona homogênea e que tanto os produtos destinados ao autoconsumo, quanto a questão da reciprocidade possuem papéis fundamentais na reprodução socioeconômica dessas famílias.

Palavras-chave: sistemas agrários, agricultura familiar, reciprocidade, autoconsumo

Moreira, Diego Camelo; Tamires Elisa Bieger; Pedro Selvino Neumann; Mauren Buzzatti; Álvaro Antônio Xavier de Andrade (2019) Diagnostic analysis of agrarian systems and aspects of family farming in the municipality of Derrubadas, Rio Grande do Sul. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 253-267. <https://doi.org/10.24215/16699513e025>

This research aims to understand and analyze the situation of the agricultural systems and the farmers production system in the city of Derrubadas - RS, as well as check the issue of reciprocity and its importance in social reproduction of these families, considering the potential and limits of natural and socio-economic local conditions. For this, we used the method of Diagnostic Analysis of Farming Systems (ADSA). Through stratification of reality it was possible to make a cut at the level of homogeneous area and identify the main production systems in the region, as well as to characterize the main types of farmers. Thus, in the field research, it was possible to identify three types of farmers, among them: family farmers milk producers with low degree of technification; family farmers without milk production; and family farmers producing milk and grains with high technification. Through the analysis of representative Agricultural Production Units of each type, it was found that the family farming in the county strategy proved favorable to the reality of the homogeneous area and that both products for self-consumption as the issue of reciprocity, have the key roles of socioeconomic reproduction of these families.

Key words: agrarian systems, family agriculture, reciprocity, self-consumption

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 25/05/2018

Aceptado: 15/10/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina



INTRODUÇÃO

A agricultura familiar frente sua heterogeneidade, e em contrapartida ao modelo patronal de produção, possui uma importância significativa no cenário econômico e social da agricultura no Brasil. Mesmo assim, por vezes, não se é levada em consideração tamanha importância e particularidades encontradas nesses sistemas de produção. Dessa forma, se faz necessário explorar e analisar as dinâmicas e multifuncionalidade da agricultura familiar, considerando todos os fatores e seus respectivos aspectos: culturais, econômicos, sociais, políticos e ambientais, como forma de melhor planejar e estabelecer estratégias e ações pautadas no desenvolvimento rural.

Os diagnósticos atuam, dentre outras funções, na problematização de um objeto que se busca conhecer ou analisar. Pensando nos contextos rurais, os diagnósticos são geralmente utilizados para identificar, conhecer ou avaliar realidades locais ou ações que visão melhorar as condições de vida das populações do campo. No que corresponde aos diagnósticos clássicos, percebe-se que, estes apresentam fragilidade em identificar e categorizar os diversos aspectos da agricultura familiar, como é o caso das rendas de autoconsumo e das relações de reciprocidade, particularidades desse tipo de dinâmica produtiva que, por vezes, são deixadas de lado nas tentativas de interpretação das realidades.

Dentre os diversos métodos e formas de realização de diagnósticos, o método Análise Diagnóstico dos Sistemas Agrários - ADSA (Método utilizado na presente pesquisa) é um método inovador, que por meio da abordagem sistêmica (analisando as inter-relações entre os subsistemas de uma realidade, na perspectiva do geral ao específico) e de uma série de etapas progressivas, busca identificar as potencialidades e entraves dos sistemas agrários e suas complexidades no desenvolvimento rural local.

Enquanto ferramenta metodológica, a ADSA possibilita que o desenvolvimento rural seja analisado a partir de diversas óticas, como por exemplo a da agricultura familiar. Explorando assim as particularidades, especificidades e relações dos sistemas de produção existentes em uma determinada região ou unidade produtiva.

A partir desse contexto, o presente trabalho busca explorar e analisar a conjuntura dos sistemas agrários e dos sistemas de produção de agricultores familiares no município de Derrubadas - RS, assim como verificar a questão da reciprocidade e sua importância na reprodução social dessas famílias, considerando as potencialidades e os limites das condições naturais e socioeconômicas locais.

O estudo é composto por seis partes distintas, incluindo esta primeira seção introdutória, em seguida se tem a metodologia do trabalho. A terceira parte apresenta uma breve revisão teórica em relação a questão da reciprocidade. Por sua vez, na quarta seção se tem a caracterização da área de estudo e delimitação do recorte da pesquisa, se inclui também um resumo dos principais sistemas produtivos encontrados na região. A quinta seção compreende a análise econômica das UPAs, Na última seção se tem às considerações finais,

onde são sintetizadas as análises e as reflexões quanto ao objeto de estudo.

Uma breve discussão sobre agricultura familiar e reciprocidade

A agricultura familiar sempre foi entendida por diferentes perspectivas, muitas destas relacionadas à agricultura em pequena escala ou para subsistência. Neste sentido, Lamarche (1993), chama atenção para o fato de que essa classe de agricultores constituem um grupo social bastante heterogênea. Dessa forma, a agricultura familiar corresponde a uma diversidade social, produzida pelas diferentes condições de produção a que estão submetidos. Estas condições correspondem ao: tamanho das propriedades, grau de emprego e de técnicas agrícolas utilizadas, acesso à créditos, capitais culturais (valores, saberes, tradições) e sociais (número de filhos, rede de relações sociais, entre outros) disponíveis, relação com o mercado e etc. Sendo assim, a luz do Instituto Cepa (2002) é possível definir agricultura familiar como aquela que explora uma parcela de terra na condição de proprietário, assentado, posseiro, arrendatário ou parceiro, e atende simultaneamente aos seguintes quesitos: utiliza o trabalho direto seu e de sua família, podendo ter, em caráter complementar, até dois empregados permanentes e contar com a ajuda de terceiros, quando a natureza sazonal da atividade agropecuária o exigir; não detenha, a qualquer título, área superior a quatro módulos fiscais, quantificados segundo a legislação em vigor; tenha, no mínimo, 80% da renda familiar bruta anual originada da exploração agropecuária, pesqueira e/ou extrativa; resida na propriedade ou em aglomerado rural ou urbano próximo.

A agricultura familiar sempre teve uma grande importância no setor agrícola nacional, contudo, após o início do período da redemocratização brasileira, e de forma mais intensa a partir da década de 1990, começa a ganhar um maior protagonismo no cenário nacional e, conseqüentemente, maior apoio do governo federal. É nesse contexto que são criadas e implementadas um conjunto de políticas públicas para beneficiar e fortalecer a agricultura familiar (Souza & Bergamasco, 2015).

A definição legal de agricultura familiar se estabelece por meio da Lei Nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que condiciona os agricultores familiares aqueles que: não detenham, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais; utilizem predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; tenham renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento; dirijam seu estabelecimento ou empreendimento com sua família (Brasil, 2006).

De acordo com a CONAB (2015), a agricultura familiar é responsável por ocupar mais de 80% do setor rural e pela maior parte dos alimentos que abastecem a mesa dos brasileiros. A agricultura familiar favorece o emprego de práticas produtivas ecologicamente mais equilibradas, como a diversificação de cultivos, o menor uso de insumos industriais e a preservação do patrimônio genético. Por esse e por outros fatores, se faz necessário compreender e analisar as dinâmicas e

multifuncionalidade da agricultura familiar, considerando todos os fatores e seus aspectos culturais, econômicos, sociais, políticos e ambientais, como forma de melhor planejar e estabelecer estratégias e ações pautadas no desenvolvimento rural. Ao estudar a questão da organização econômica das sociedades e a questão da reciprocidade, Polanyi (1980) busca evidências na história e na antropologia para mostrar que, na verdade a atividade econômica sempre esteve integrada e embebida em outras atividades de cunho social, em nenhuma sociedade não capitalista se teve um sistema econômico baseado exclusivamente na regulação dos mercados, isto é, baseado no livre intercâmbio. Para o autor, o intercâmbio é apenas um dos três aspectos que explicam o funcionamento das economias. Na perspectiva de Polanyi (1980), os outros aspectos são a redistribuição e a reciprocidade.

A redistribuição é o aspecto que se relaciona ao centro das sociedades, centro esse que reparte os recursos depois de recebidos, ou seja, a produção seria dirigida a uma autoridade central, a qual armazenaria essa produção e depois iria distribuí-la. Por sua vez a reciprocidade é entendida como o ato da dívida, onde uma pessoa retribui uma oferta a qual lhe foi dada anteriormente. Esta oferta possui uma característica relevante no sentido de poder se materializar a nível de indivíduo, no caso de doações interpessoais, ou a nível coletivo. A reciprocidade pode ser entendida também como a movimentação entre atores correlativos de grupos sociais, movimentação pautada no dar, receber e retribuir. (Polanyi, 1980).

Seguindo a mesma perspectiva Mauss (1974), trabalha a questão da dívida por meio de estudos etnográficos, o autor percebe que a troca fortalece as relações interpessoais e aumenta a questão da troca entre os atores sociais, no sentido o qual o “dar, receber e retribuir” implica não apenas em uma troca material, mas também trocas simbólicas, espirituais, fazendo assim com que os atores da troca se tornem mais próximos. Para o autor, a dívida é orientada por uma obrigação informal entre as pessoas, uma espécie de acordo institucionalizado, devido a existência de uma expectativa de retribuição.

Fazendo o contraponto da perspectiva de Mauss (1974), Caillé (1998) entende a dívida como uma ação sem expectativa imediata ou certeza de retribuição, a qual tem por objetivo de fortalecer, criar ou reproduzir determinado comportamento ou sociabilidade. Nessa perspectiva o “dar, receber e retribuir” se inseri em uma dimensão da gratuidade e da liberdade.

Sabourin (2001) ao relacionar a reciprocidade com as questões do campo, entende que a permanência da reciprocidade no cotidiano dos agricultores, é inclusive uma característica do campesinato brasileiro. As relações de reciprocidade, por meio da dívida são observadas pelo estudioso a nível familiar, entre as doações aos filhos e parentes mais próximos, a nível de relações afetivas privilegiadas, como é o caso do apadrinhamento de filhos entre famílias sem laços de parentesco, e a nível generalizado, onde a dívida é oferecida a todos, principalmente por meio de convites, pagamento de promessas, celebrações como matrimônio e aniversários e festejos religiosos. Para o autor:

“A lógica da reciprocidade motiva uma parte importante da produção, da sua transmissão, mas também, do manejo dos recursos e dos fatores de produção. O acesso gratuito à água dos açudes, às terras de vazante, às pastagens comuns do “fundo de pasto”, à mão-de-obra da comunidade ou do grupo local (por meio do convite de trabalho ou do mutirão), constitui uma redistribuição dos fatores de produção. A constituição dos dotes (animais, terras ou dinheiro), a realização das festas familiares e religiosas, a hospitalidade (estendida aos rebanhos dos vizinhos em caso de seca) representam tantas formas de dívida que levam ao crescimento da produção, na medida das possibilidades das famílias e das condições do clima.” (Sabourin, 2001, P.05).

Por meio da abordagem de Sabourin (2001) nota-se a importância particular desse tipo de relação na agricultura familiar, no sentido da mesma está inserida na dinâmica produtiva das famílias e na construção das relações sociais e dos laços de confiança entre agricultores de uma mesma comunidade.

Independente de se manifestar como acordo institucionalizado, norma formal ou de forma libertária, a dívida, enquanto ato de dar, receber e retribuir possui grande relevância no contexto da agricultura familiar, por vezes essa importância não é levada em consideração, principalmente quando se trata de análises econômicas ou diagnósticos clássicos.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

O estudo seguiu as orientações metodológicas a partir do método de Análise Diagnóstico de Sistemas Agrários - ADSA, sendo o objeto de estudo o município de Derrubadas, localizado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O município foi criado pela Lei Estadual nº 9576/92 de 20 de março de 1992, possui uma área total de 363,40 km², sendo que desse total, 174 km² é ocupado pelo Parque florestal do Turvo, ou seja, 47,88% da área total do município.

A proposta metodológica do ADSA permite demonstrar por meio de etapas progressivas no sentido do geral para o particular. A abordagem de Sistemas Agrários tem como objetivo principal de “identificar e classificar hierarquicamente os elementos de toda natureza (agroecológicos, técnicos, socioeconômicos...) que mais condicionam a evolução dos sistemas de produção e compreender como eles interferem concretamente nas transformações da agricultura” (Dufumier, 2007, p. 58).

Sendo assim a pesquisa se classifica como exploratória de caráter descritivo e abordagem qualitativa e quantitativa, a qual contou com a utilização de dados primários e secundários. Os dados secundários correspondem à revisão bibliográfica, análise documental e informações de sites de estatísticas oficiais, assim como, dados fornecidos pela secretaria da

agricultura do município. Por sua vez, os dados primários consistem em informações coletadas por meio de entrevistas com informantes chave e enquetes realizadas nas Unidades Produtivas Agropecuárias - UPA junto as famílias por meio de uma amostragem dirigida, a qual selecionou as UPAs mais representativas, o recorte utilizado na pesquisa foi o de Zona Homogênea. Por meio da sobreposição de um conjunto de informações da pesquisa, foi possível se ter uma visão geral do município e realizar uma estratificação da realidade em 04 zonas relativamente homogêneas, sendo que a confirmação dessa estratificação foi realizada em campo.

Nesse sentido, os dados apresentados são relativos ao estudo realizado na Zona Homogênea, localizada na parte leste do município, distante aproximadamente dez quilômetros da sede de Derrubadas, compostas pelas comunidades de Santa Fé, Belo Horizonte, Barra da Bonita e Cotovelo do Parizinho.

Para a análise da trajetória histórica e diagnóstico do sistema agrário da microrregião, foi elaborado um roteiro de campo, que foi composto por questões referentes à caracterização das condições naturais (solo, relevo, clima, hidrografia, recursos naturais, estrutura fundiária, infraestrutura, educação, saúde, serviços e instituições de apoio agropecuário e organização rural) e socioeconômicas (demografia, bases econômicas, mercado e comercialização).

Com o uso das entrevistas com informantes Qualificados e das enquetes foi possível categorizar os

diferentes sistemas produtivos existentes na zona homogênea, assim como estabelecer tipologias para os agricultores da região. Por fim, foi selecionado a UPA mais representativa para cada tipologia e realizada a análise econômica detalhada.

RESULTADOS

Caracterização do Município de Derrubadas – RS

O estado do Rio grande do Sul está dividido em 07 mesorregiões, que por sua vez se subdividem em 35 microrregiões, localizada na mesorregião do Noroeste, o município de Derrubadas, área de estudo da presente pesquisa, é um dos 20 municípios que compões a microrregião de Três Passos. Distante aproximadamente 500 km da capital Porto Alegre, Derrubadas limita-se ao norte com a Argentina e com o estado de Santa Catarina, ao sul com o município de Tenente Portela, ao leste com os municípios de Barra da Guarita e ao oeste com o município de Esperança do Sul.

A Figura 1 apresenta a localização do município levando em consideração o contexto nacional e estadual. Com exceção de Tenente Portela, a maioria dos municípios que fazem limite com Derrubadas apresentam configurações populacionais semelhantes a Derrubadas, que possui uma população estimada de 3.148 habitantes, distribuídos em um território de 361,199 km². (IBGE, 2016).

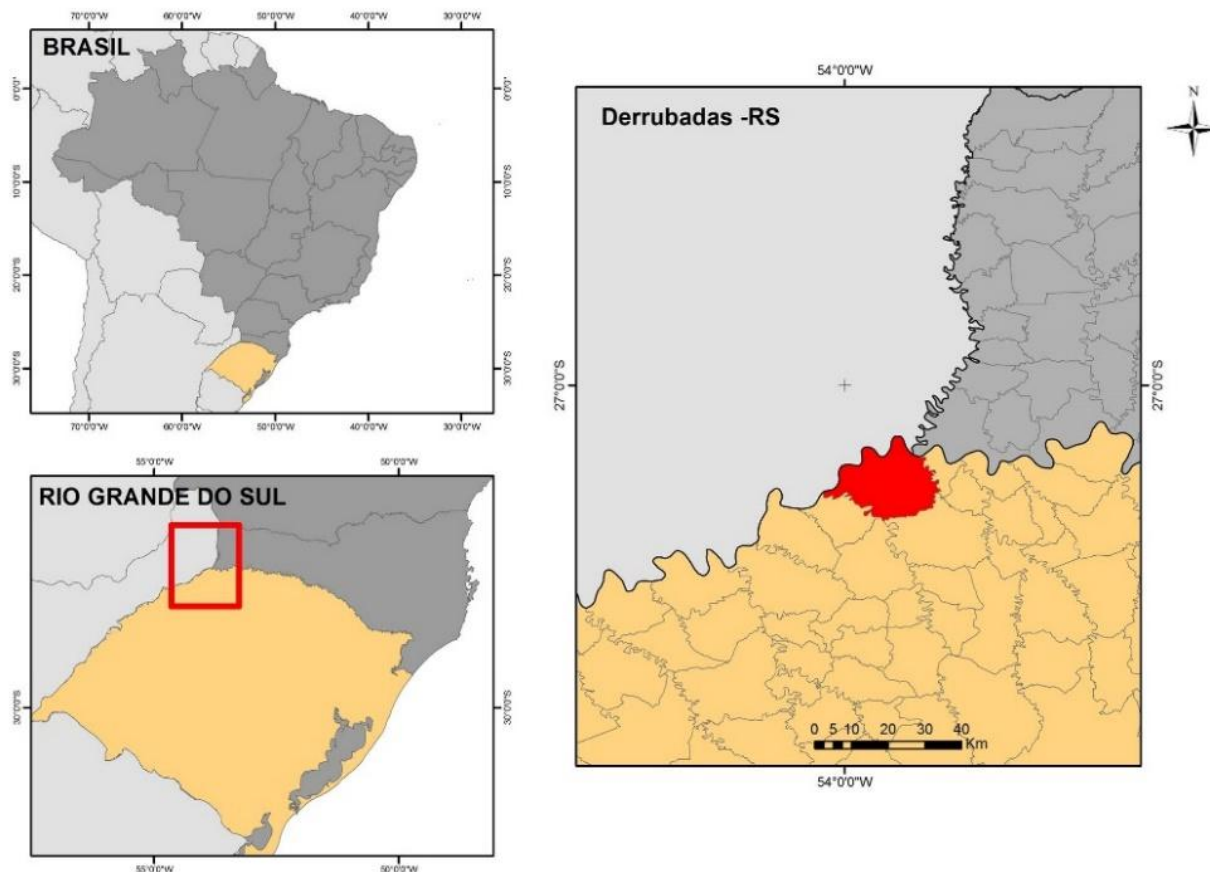


Figura 1. Localização do município de Derrubadas em relação ao Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

O Parque Estadual do Turvo, o qual apresenta uma área de aproximadamente 50% do território, se localiza na extremidade noroeste do município, como mostra a Figura 2. Correspondendo a uma área 17.491,40 hectares, o parque possui influência direta na dinâmica do município, principalmente no que corresponde ao turismo, visto que o parque é o último reduto da onça-pintada no Estado, e possui uma biodiversidade ímpar, no que corresponde às espécies vegetais e fauna, a qual é composta por outros animais ameaçados de extinção como a puma, a anta e o cateto. (Derrubadas, 2015).

Com um clima subtropical, derrubadas possui temperaturas anuais médias na faixa de 19° C, apresenta um regime pluviométrico regular, apesar disso, de forma esporádica, pode ocorrer deficiências hídricas entre os meses de dezembro e janeiro, a média anual de precipitação é de 1.800mm. A vegetação do município é classificada como mata latifoliada subtropical, principalmente nas áreas que permeiam o Parque do Turvo. De uma forma geral, sucessão de culturas regionais de inverno (trigo e aveia) e verão (soja, milho e poucos outros cultivos). (EMBRAPA, 2006).

Evolução do Sistema Agrário e Aspectos agroecológicos

Quanto a evolução do sistema agrário de Derrubadas, em termos de ciclos produtivos, o ciclo de ocupação regional pode ser caracterizado, segundo Rigo *et al* (2015), por 4 períodos diferenciais: o período da madeira (1931- 1940), período da cultura de subsistência (1950), período da suíno cultura (1960) e período da monocultura (1970 até hoje).

Segundo dados de Cunha, Silveira e Severo (2006), até onde há registros históricos, a região onde se insere o município de Derrubadas, teve ciclos distintos na economia, que iniciaram no século XVIII com a

exploração da erva mate entre índios Kaingang e Guaranis, que transportavam o produto por picadas na mata até o lado oposto do Rio Uruguai, na Argentina.

O período da madeira começa se caracterizar em 1931, quando o General Flores da Cunha, interventor do estado do Rio Grande do Sul, concede ao amigo Pedro Garcia a exploração e extração de madeira na área, com o desmatamento ocasional e gradativo de madeira de lei da Zona da Serra do Pari (primeiro nome de Tenente Portela). Com o avanço da extração, Pedro Garcia, fundou uma cantina/porto a margem esquerda do Rio Uruguai. Segundo a população local, Pedro Garcia chegou a ter 500 homens trabalhando no corte e transporte de madeira da sua empresa, a qual contava também com um trator esteira e 25 ternos de bois (cada terno é composto de 4-5 juntas) que levavam a madeira até a beira do rio, onde a qual era embalsada na espera da cheia do rio, para seguir a Argentina e Uruguai, onde era comercializada (Cunha et al., 2006, p 3).

De acordo com Rigo et al. (2015), com a reestruturação do estado novo, o general Flores da Cunha é deposto, causando posteriormente o embargo da empresa de Pedro Garcia, que se encontrava no auge de trabalho. Os prejuízos referentes ao fechamento da empresa foram altíssimos, o que levou a uma brusca queda financeira de Pedro Garcia, que se retirou da região, juntamente com seus homens.

A reocupação deste território se deu por volta de 1939, onde começaram a chegar na região os primeiros colonizadores caracterizando assim o período da cultura de subsistência. Estes colonizadores provinham de diversas regiões do Rio Grande do Sul, entre elas estão Bento Gonçalves, Palmeira das Missões, Ijuí, Carazinho, Caxias do Sul, Garibaldi, Colônias Velhas, Ibirubá, Santa Rosa, Campo Novo e Redentora, com origens étnicas de alemães, cablocos, poloneses e italianos.

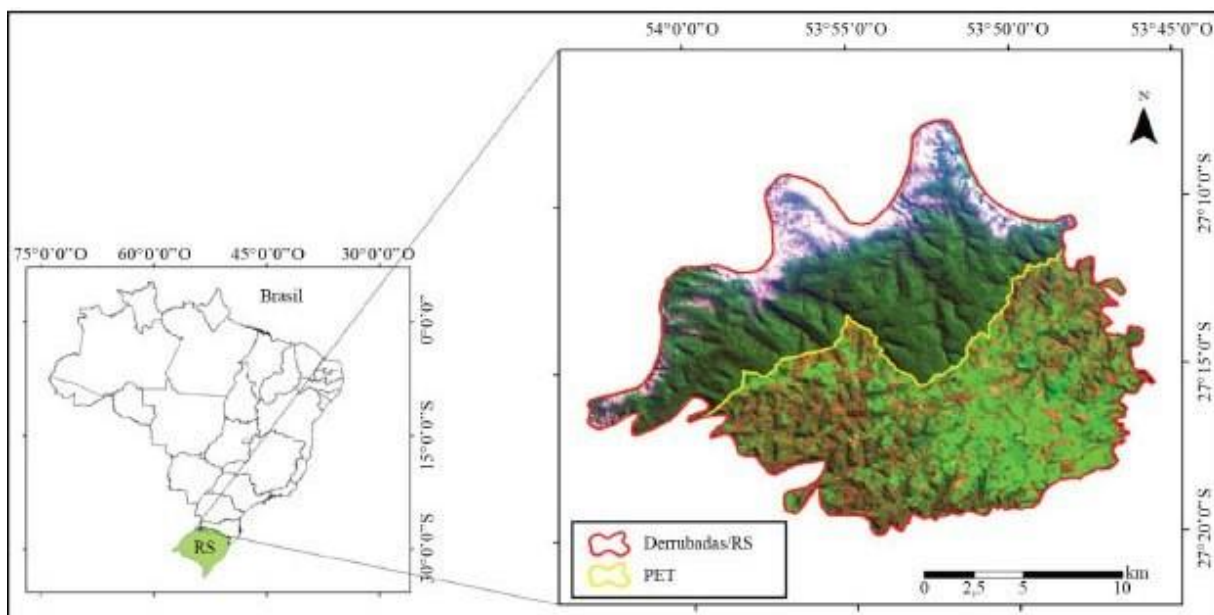


Figura 2. Localização do Parque Estadual do Turvo (PET), em relação à área total do município de Derrubadas -RS. Fonte: Rosa et al. (2013).

Estes na medida em que chegavam no local, se deparavam com uma grande quantidade de árvores derrubadas no meio da mata, nas proximidades de onde hoje é a sede do município, formando um grande descampado. Esta área de “derrubadas” tornou-se referência para a vinda de outros colonizadores e também se constituiu no endereço daqueles que ali já se encontravam, o que levou a origem do nome atual do município, segundo, Moresco & Rossi (2006, p.8).

A chegada destes imigrantes desencadeou no desenvolvimento da agricultura de subsistência, onde se estabeleceram principalmente os cultivos de trigo e milho, destinados à criação de aves, suínos e a produção de leite. Contudo, a princípio, a falta de estradas e de comércio, levou em 1943 a locação da estrada de Redentora, que passava por Tenente Portela e chegava a Derrubadas, contribuindo para o aumento do fluxo migratório da região. Assim foram surgindo pequenas comunidades que rapidamente se desenvolveram em vários pontos do município. Assim, foram edificadas as primeiras igrejas, escolas e estabelecimentos comerciais, juntamente com a expansão das áreas de lavoura em detrimento das de floresta, porém a agricultura ainda se caracterizava por ser de subsistência (Derrubadas, 2015).

Na década de 60 se percebe uma maior integração do mercado regional e estadual, o que levou a região a se especializar no setor produtivo, e a criação do distrito de Cedro Marcado (atualmente comunidade derrubadense). Na agricultura se inicia a utilização tração mecanizada para além da animal, porém neste período a criação de suínos é destacada como a principal atividade da região, por conta dos incentivos recebidos e da oferta barata de ração, por conta da produção regional do milho, caracterizando o *terceiro período*, o da suinocultura.

Já início da década de 70, a comunidade assistia um aumento populacional, chegando oito mil habitantes, porém no início da década de 80, este índice começa a diminuir, em função da migração para os estados do Paraná e Mato Grosso e para as grandes cidades do estado. Em paralelo a esta emigração percebe-se uma nova conformação agrícola, caracterizada pelas monoculturas mecanizadas do binômio milho-soja influenciadas pela “revolução-verde”.

Esta nova conformação marca o *quarto período*, o da monocultura, que inicialmente trouxe uma alteração positiva na renda das famílias que permaneceram no local, porém registram-se também nesta época, infestações de doenças, principalmente na cultura do trigo, o surgimento acentuado de processos erosivos e o abandono na policultura que contribuía fortemente na economia regional na época. A erosão, que chegou a níveis drásticos, foi atenuada no início pelos meios de controle usuais próprios da época, até ser controlada, de forma quase total, pelos métodos de plantio direto, no final da década de 80. Entretanto, como se tratam de áreas íngremes, o processo erosivo ainda está ativo. Atualmente, a matriz produtiva do município está continua centrada na produção de soja e de grãos para exportação, produzida por agricultores familiares de posse de pequenas áreas, o que leva a enquadrar a região em baixos níveis de desenvolvimento e o município entre os de menores índices de crescimento econômico do Estado do Rio Grande do Sul. Ainda há

uma grande parcela da população no campo, mas com reflexos evidentes e dinâmicos de êxodo rural e urbanização.

A migração ocorreu primeiro para as cidades da região e, na grande carência de empregos nestas, passa-se a migrar para centros maiores, o que vem causando uma diminuição da população rural e total dos municípios da região que embora tenham definido sua alta produtividade em cereais (milho, soja e trigo) como Região Ceileiro, também tem apresentado períodos de crises para algumas camadas sociais, que gradativamente deixam de ser contempladas com atividades ou com lucros próprios de uma economia que se ajusta em função de parâmetros globais (Rigo et al., 2015).

Para a compreensão de algumas características ambientais, bem como a sua relação com a estrutura social atual, Rigo et al. (2015) analisam com base na sobreposição de dados de alguns mapas temáticos de base cartográfica que se apresentam neste trabalho (Figura 3), a estrutura do município, que na imagem encontra-se delimitada pela linha amarela. Onde nota-se a presença de um relevo fortemente ondulado, subentendido pela proximidade entre as curvas de níveis. O Parque estadual do Turvo, localizado na área verde do mapa, compreende aproximadamente 18.000 ha, proibindo qualquer tipo de alienação, arrendamento ou ônus, assim como exploração agrícola ou industrial, o que garante a proteção e a manutenção de uma das maiores áreas de Mata Atlântica do estado do Rio Grande do Sul. O restante da vegetação atual que cobre o município é praticamente toda de sucessão de culturas anuais de inverno e verão. Ocasionalmente se visualizam fragmentos isolados de mata nativa, preservada apenas em pequenas áreas nos fundos dos vales íngremes.

O estudo apresenta também, os mapas temáticos (Figuras 4 e 5) que foram construídos sobre imagens de satélite Landsat e trabalhados no software SPRING. Observando a Figura 4, observa-se que a área de cobertura vegetal considerada como de mata e/ou floresta, representa 46,87% (19.080,60 ha) do total da área do município, no entanto ao subtrairmos a área do Parque Estadual, o montante da área “verde” diminui para 8,7% (3.538,71 ha) distribuídas em pontos isolados como mencionado anteriormente. A área em vermelho representa o território correspondente a agricultura mecanizada, totalizando um montante de 10.237, 97, compete em espaço com as áreas de alto grau de declividade e pedregosidade.

O estudo também demonstra através do mapa de declividade (Figura 5) que foi elaborado automaticamente, a partir de um modelo digital de elevação, gerado a partir de folhas com equidistância entre as curvas de nível de 50 metros, as distinções entre a praticabilidade de equipamentos agrícolas, normalmente mecanizados, em função das condicionantes de declividade. Uma vez que foram mapeadas as seguintes características por classe de declividade: Relevo Plano (declividade menos que 2%): Áreas de relevo plano ou quase plano onde o escoamento superficial é lento ou muito lento. O declive do terreno não oferece dificuldades ao uso de implementos e máquinas agrícolas; Relevo Suave Ondulado (2 a 5%): Áreas com interflúvios extensos e

aplainados, vertentes ravinadas de pequena expressão e vales abertos, onde o declive por si só não impede o uso de implementos e máquinas agrícolas, porém exigem práticas para a conservação dos solos; Relevo Medianamente Ondulado (5 a 10 %): Possui as mesmas características da categoria acima, porém esse tipo de declive pode oferecer restrições a algum tipo de implemento agrícola, além de exigir práticas agrícolas complexas de conservação. O escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos; Relevo Ondulado (10 a 15%): Áreas compostas de vales abertos a fechados. O escoamento superficial é rápido. Exigindo práticas agrícolas complexas uma vez que o rendimento dos implementos e máquinas agrícolas é baixo; e Relevo Fortemente Ondulado (maior que 15%): Área de topografia movimentada, formada por morros, com declives fortes, onde são consideradas impróprias para o uso agrícola. (Rigo et al., 2015).

Desta forma os autores analisam que a maior parte do município (71,39 % da área) apresenta características de declividade medianamente ondulada, e aproximadamente 40% da área possui declividade ondulada. O que permite diagnosticar a partir do cruzamento deste mapa com a estrutura fundiária do município, que a distribuição espacial das propriedades no território principalmente a das propriedades familiares de produção, que de acordo com o IBGE (2006) classifica em 85% das propriedades existentes (dos 887 estabelecimentos), encontram-se nas áreas marginais de maior declividade e com fortes restrições físicas para produção. Necessitando assim, de maior atenção para as práticas de conservação dos solos.

A partir dos aspectos apresentados, foi possível estabelecer uma divisão do município de Derrubadas em quatro zonas homogêneas. Nesse processo foram levados em consideração as condições de relevo, estrutura fundiária, formas de uso do território dentre outros aspectos. Sendo assim, foi desconsiderada a área referente ao Parque do Turvo e delimitado 04 zonas. O Foco do trabalho se destina a Zona Homogênea 04 (Z4), na Figura 6 se tem uma representação da distribuição do município em zonas.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do IBGE, 2018.

A Zona Homogênea 04 é composta por quatro comunidades, quais sejam, Santa Fé, Belo Horizonte, Barra da Bonita e Cotovelo do Parizinho. De acordo com Rigo et al. (2015), as quatro comunidades possuem 64 estabelecimentos rurais, os quais compreendem uma área de 1.189,5 ha, sendo que essas propriedades possuem dimensões que variam de menos de 1 até 96 há e uma média geral de 18,6 ha. Na Tabela 1 se tem informações sobre a configuração territorial das comunidades que compõem a Zona Homogênea 04.

A Z4 ocupada pela imigração basicamente alemã e italiana caracteriza-se como de agricultura familiar de pequeno e médio porte. Durante o percurso, observou-se que as comunidades quanto mais perto da sede do município, apresentam áreas planas e com pouca declividade, e quando se aproxima dos rios, do Parque do turvo e da divisa com o município de Barra da Guarita as áreas aumentam a declividade e a ondulação, com aparecimento de solos mais pedregosos.

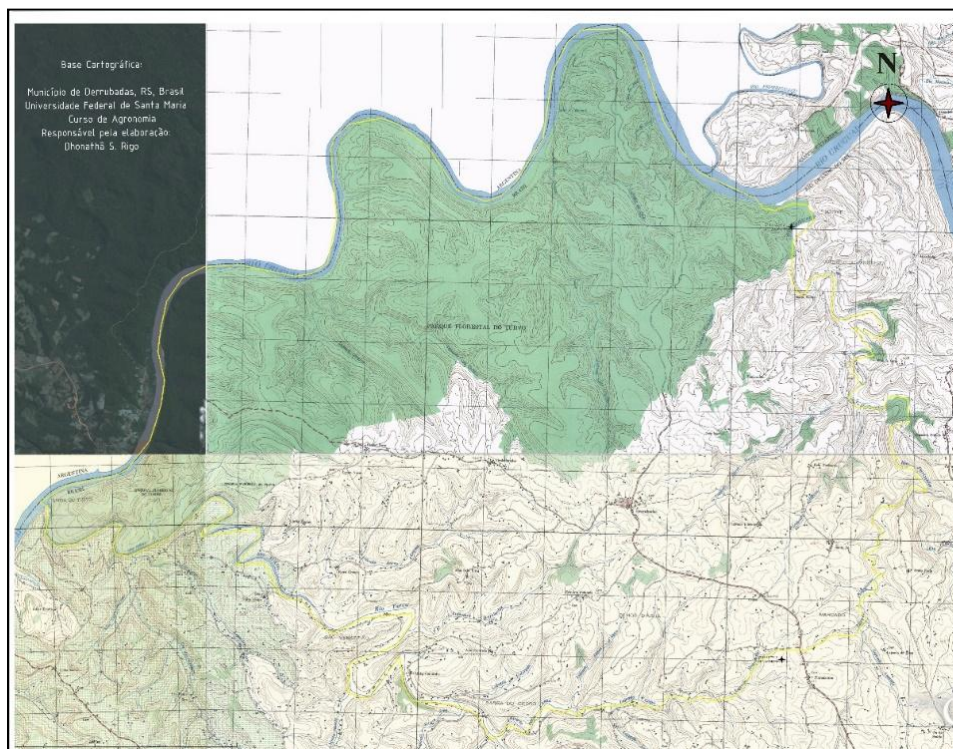


Figura 3. Base cartográfica do Município de Derrubadas - RS, delimitada pela linha amarela contínua. Fonte: Rigo et al. (2015).

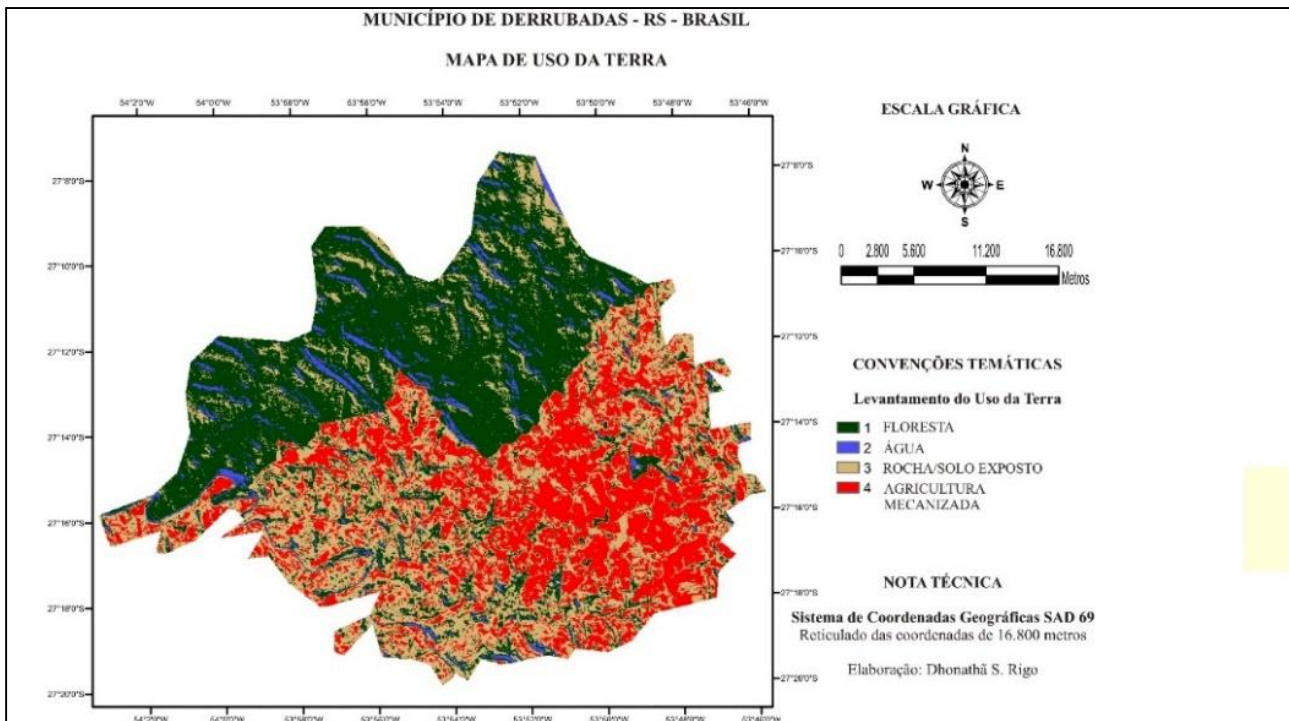


Figura 4. Mapa Temático do uso da Terra, Município de Derrubadas, RS, 2009. Fonte: Rigo et al. (2015).

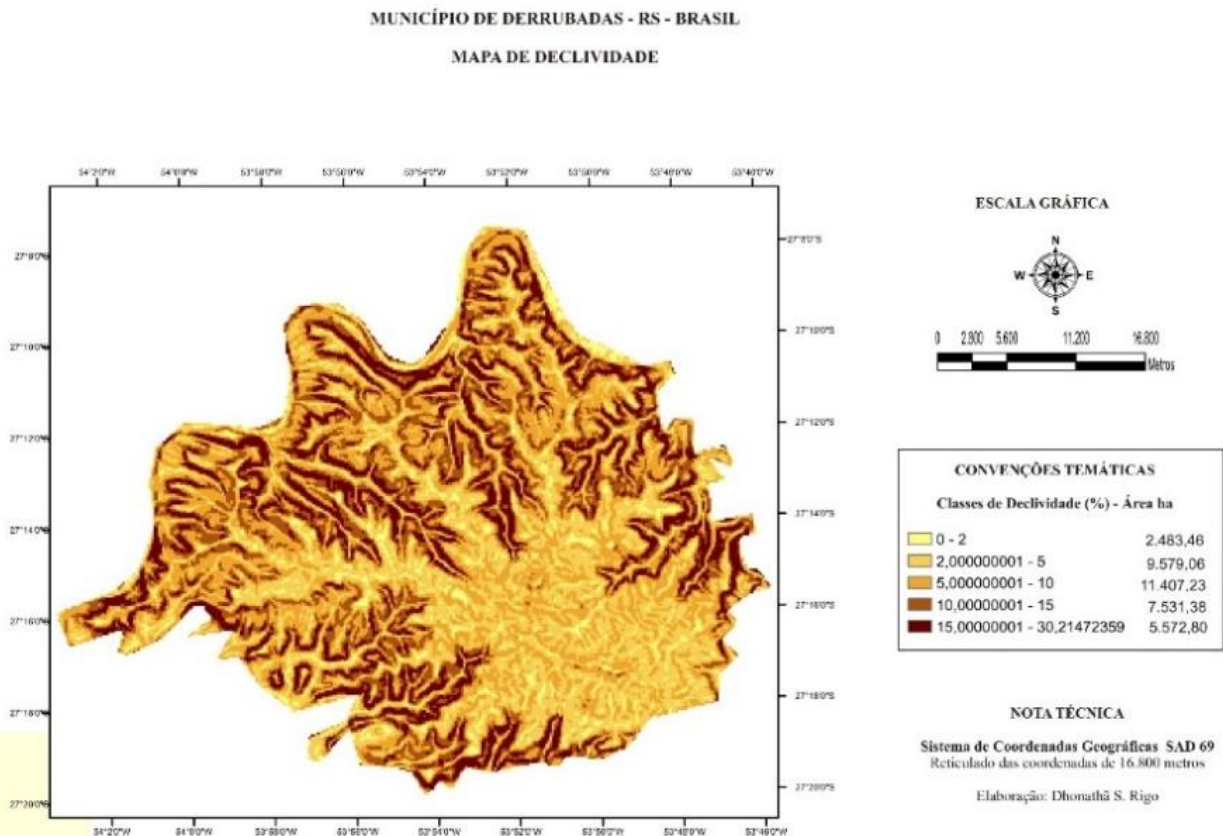


Figura 5. Mapa de declividade do município de Derrubadas, RS, 2009. Fonte: Rigo et al. (2015).

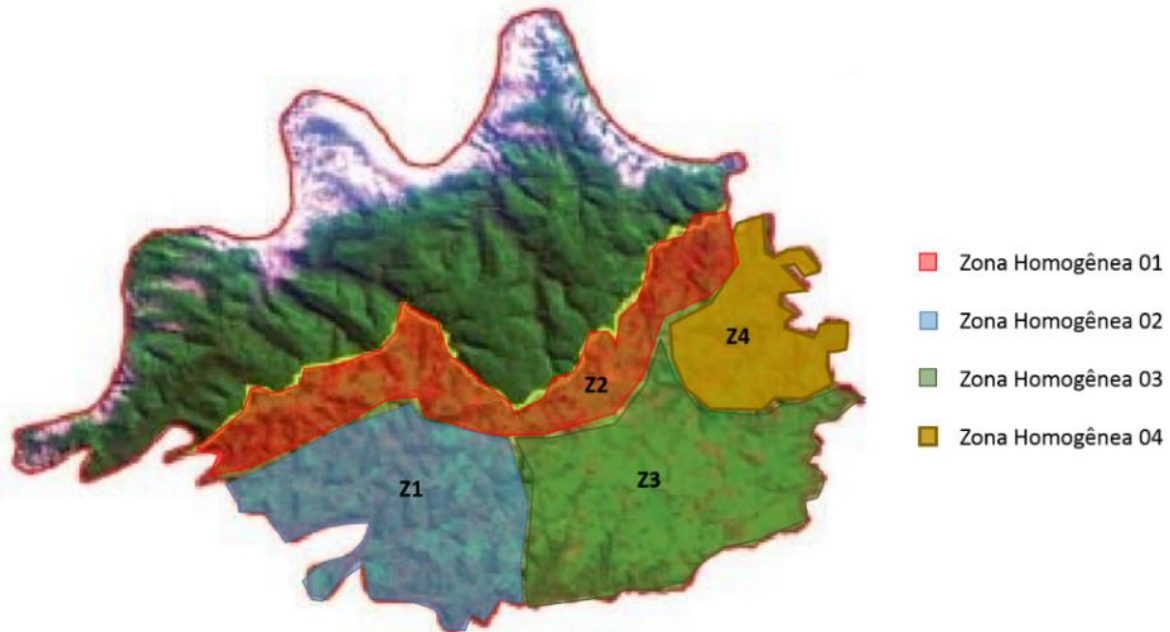


Figura 6. Representação das Zonas Homogêneas do município de Derrubadas delimitas na pesquisa.

Tabela 1. Percentuais dos estratos dos estabelecimentos rurais em relação a ocupação do território para os anos de 1995 e 2012 no município de Derrubadas – RS. Fonte: Rigo et al. (2015).

Comunidade	Número de Produtores	Varição de Área (ha)	Média/ha
Santa Fé	14	5 até 96	25
Belo Horizonte	28	0 até 96	17
Barra da Bonito	15	1 até 55	16
Cotovelo do Parizinho	6	2 até 43	16,5
Total	63	0 até 96	18,6

A agricultura nessa microrregião é bastante diversificada, predominando os sistemas de produção com base no leite, no milho (silagem e comercialização), soja e trigo. As unidades produtivas se desenvolvem através de baixa e média tecnificação, quando comparada com as demais zonas homogêneas do município.

No que tange à produção de autoconsumo, compreende pequenas áreas de produção ao redor das casas. Observa-se como um ponto positivo nas propriedades a diversificação produtiva de autoconsumo, com presença de várias culturas e criação de animais, principalmente de aves, suínos, peixes e bovinos, que são usados para a manutenção alimentar da família e para doações e reciprocidade entre vizinhos e amigos. Dentre os produtos mais produzidos de forma recorrente nas propriedades das comunidades encontraram-se: mandioca, feijão, amendoim, cana-de-açúcar, batata doce e produtos hortifrutigranjeiros.

Um fato que tem preocupado as comunidades é o aumento significativo da migração de jovens para o meio urbano, principalmente por falta de oportunidade de trabalho que venha a gerar renda e qualidade de vida no meio rural e por busca de estudo. Com isso observa-se através dos informantes qualificados que a distribuição demográfica está inclinada para a masculinização e o envelhecimento, visto que fundamentalmente são as mulheres que têm saído mais para buscar outras oportunidades fora das propriedades.

As condições das estradas nas comunidades estão relativamente boas, havendo reivindicações plausíveis em trechos onde as estradas são mais onduladas devido a sua formação, outro fato importante é que todas as propriedades possuem acesso a eletricidade. Quanto a telefonia rural (linha e celular), raros casos de propriedades que não possuem, no geral, os agricultores reclamam do sinal da telefonia móvel. No que se refere à saúde da população todos têm acesso ao Programa Saúde Família – PSF.

Caracterizações dos Sistemas Produtivos e Tipologia dos Agricultores

Entendendo a complexidade dos sistemas de produção e com a finalidade de identificar os sistemas e subsistemas mais representativos existente na Zona Homogênea 04, foram realizadas enquetes com as famílias da região, a amostragem utilizada para a pesquisa foi do tipo dirigida e estabelecida por meio das entrevistas com informantes qualificados, foram realizadas duas enquetes por comunidade. A Figura 7 mostra a localização das Unidades de Produção Agrícola onde foram realizadas as enquetes do sistema de produção.

Frente à diversidade encontrada na própria microrregião e o curto tempo para o desenvolvimento da pesquisa, descrevem-se os principais sistemas de produção identificados na zona homogênea e suas características fundamentais.

Sistema Produtivo 01: Agricultores Familiares com Ênfase na Produção de Leite

Pequenos agricultores familiares que se dedicam a comercialização da produção de leite, o sistema produtivo apresenta pequenas áreas de terras e mão de obra familiar. As propriedades apresentam uma

média de 12 hectares, na maioria, proprietários e alguns casos arrendatários de estabelecimentos rurais. Esse sistema contempla as atividades de cultivo e criação em pequena escala destinadas à subsistência, doação e reciprocidade. A cultura do milho é desenvolvida para a alimentação do rebanho leiteiro (silagem de grão úmido e da planta inteira), além da ração industrializada e de pastagens de inverno e verão. O rebanho é composto por uma média de 20 vacas em lactação, com produção média de 15 litros/vaca e predominância das raças Holandês e Jersey. A ordenha dos animais é realizada de forma mecânica, além de disporem de resfriador por imersão ou a granel para o acondicionamento do leite. A renda dos produtores é fortemente dependente da escala de produção e do preço recebido pela produção de leite e, raramente, ocorre à complementação da renda com atividades não agrícolas. Predomina contratação de serviços de terceiros para o preparo do solo, plantio e colheita, ou troca de mão de obra pelas máquinas e equipamentos e casos raros de tração animal. A assistência técnica recebida pelo sistema fica a cargo da Secretaria de Agricultura, Emater e Sindicato dos Trabalhadores Rurais.

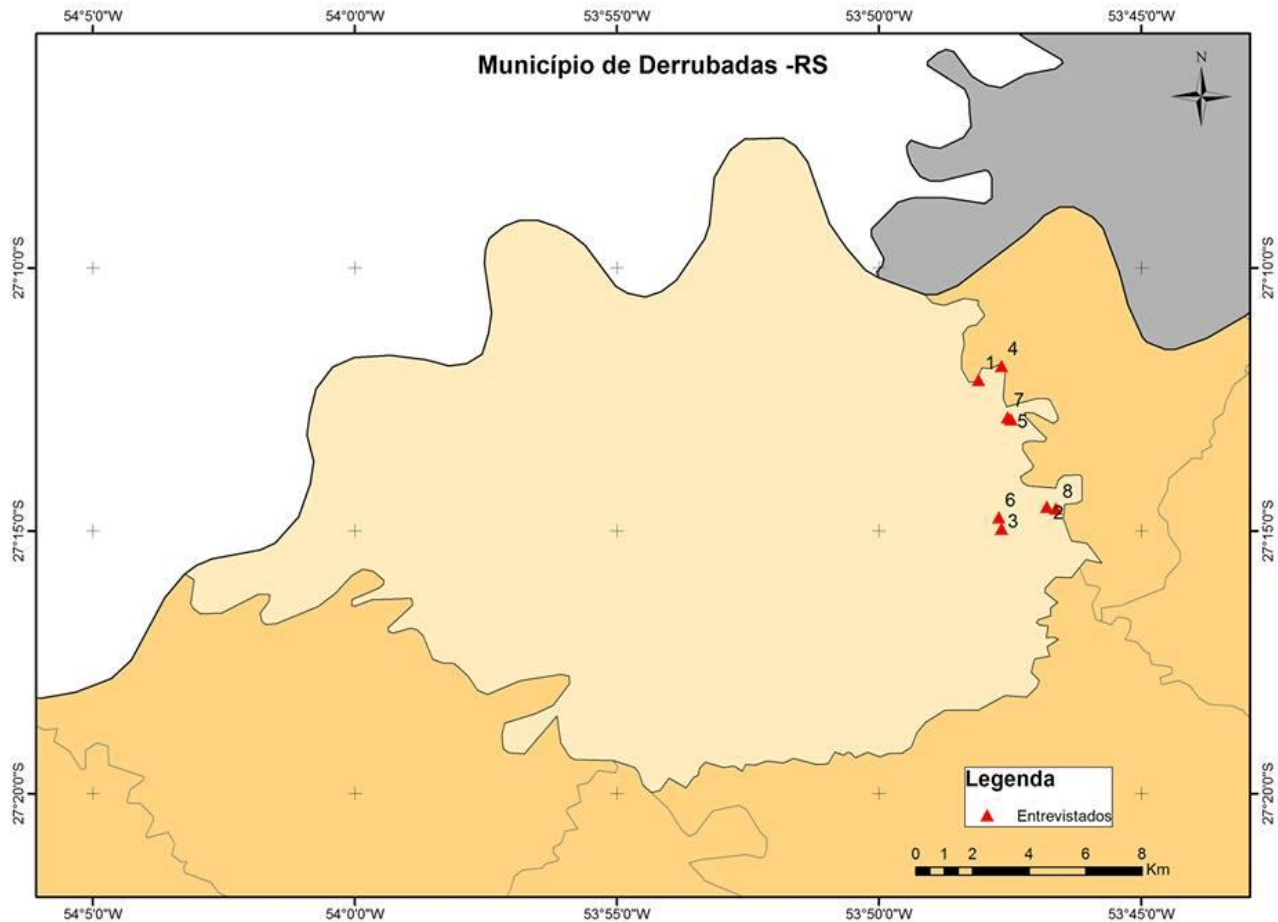


Figura 7. Localização das UPA onde foram realizadas as enquetes, Derrubadas – RS. Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Sistema Produtivo 02: Agricultores Familiares com Ênfase na Produção de Grãos

O sistema é concentrado por agricultores familiares, proprietários e alguns casos arrendatários de estabelecimentos rurais, as propriedades apresentam em média 40 hectares. Identificaram-se nestes estabelecimentos rurais o cultivo de soja e trigo, como principal atividade econômica, além de cultivo e criação em pequena escala destinadas à subsistência, doação e reciprocidade. A mão de obra empregada nestes estabelecimentos rurais é basicamente familiar, havendo a contratação de serviço de terceiros em épocas esporádicas do ano quando demandam maior utilização de mão de obra. A renda dos produtores é fortemente dependente da escala de produção e do preço recebido pela produção de grãos e, raramente, ocorre à complementação da renda com atividades não agrícolas. Constatou-se, também, nestes estabelecimentos rurais, um alto nível de mecanização comparado aos demais sistemas na microrregião, sendo que os produtores dispõem de todos os equipamentos necessários, e muitas vezes prestam serviços de colheita e plantio. A produção de grãos é desenvolvida com a técnica de plantio direto e na sua maioria praticantes do sistema “quimificado”, com alto grau de utilização de agrotóxicos. Destaca-se ainda que esses produtores são frequentemente sócios de cooperativas e sindicato dos trabalhadores rurais e contam com assistência técnica terceirizada.

Sistema Produtivo 03: Agricultores Familiares com Ênfase na Produção de Leite, Soja, Milho e Trigo.

Os estabelecimentos rurais que colocam em prática o sistema de produção tipo 3 são encontrados em maior escala na microrregião estudada no município de Derrubadas, são explorados por agricultores proprietários e em menor número produtores arrendatários, as propriedades apresentam uma média de 35 hectares. Além do leite, soja, milho e trigo, suas principais atividades econômicas, os agricultores implantam atividades de cultivo e criação em pequena escala destinadas à subsistência, doação e reciprocidade. Desse modo, o desenvolvimento das atividades concomitantes, evita as antigas sucessivas crises na economia e na propriedade, provenientes de uma atividade ou outra. Nesse sistema a mão de obra é basicamente familiar, e raramente, a contratação de serviços de terceiros por ocasião de maior demanda de trabalho. A atividade de leite se desenvolve com alto grau de tecnificação comparado ao *Sistema 1*, dispendo estrutura física específica e de boa qualidade com ordenhadeira mecanizada e resfriador agranel, sendo que o plantel médio é de 30 animais, com produção média de 17 litros/vaca e as raças predominantes são Holandês e Jersey. A cultura do milho é desenvolvida para fins comerciais e para alimentação dos animais (silagem de grão úmido), a alimentação do rebanho também é baseada em pastagens de inverno e verão, além da ração industrializada, farelos e concentrados. A produção de grãos é totalmente mecanizada, dispendo de máquinas e equipamentos para as atividades de soja, milho e trigo, na falta de algum equipamento, são comuns parcerias de compra entre os produtores, os agricultores na sua maioria utilizam elevado grau de agrotóxicos para a cultura de grãos. Nesse sistema a

assistência técnica recebida fica a cargo da Secretaria de Agricultura, Emater, Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Cooperativas e alguns casos assistência contratada.

Análise Econômica das UPAs

Por meio da análise dos sistemas produtivos, foi possível estabelecer e categorizar os agricultores das quatro comunidades da zona homogênea em:

- A) *Agricultores Familiares Produtores de Leite com Baixo Grau de Tecnificação;*
- B) *Agricultores Familiares sem Produção de Leite;*
- C) *Agricultores Familiares Produtores de Leite e Grãos com Alto Grau de Tecnificação.*

Agricultores Familiares Produtores de Leite com Baixo Grau de Tecnificação

A Unidade Produtiva Agrícola mais representativa dessa tipologia, dentre as enquetes analisadas, se localiza na comunidade de Santa fé, distante 13 km da sede do município. A propriedade possui na sua área terreno declivoso ondulado e com presença de pedras na sua superfície. A propriedade possui uma área total de 13,10 hectares e área útil de 11,30 hectares, onde se desenvolvem as atividades de inverno e verão.

A UPA foi adquirida no ano de 1996 dos herdeiros (irmãos), onde o pagamento foi realizado por um valor revertido em sacas de soja (hoje 200 sacas o hectare), e uma pequena parte de terra arrendada de seu pai. A propriedade possui vínculo de assistência técnica com a Emater, há também assistência técnica das empresas que fornecem insumos e o proprietário é associado ao Sindicato dos Trabalhadores Rurais.

A unidade de trabalho familiar - UTH corresponde a 2,05, a composição familiar é composta pelo proprietário com 38 anos, a esposa com idade de 34 anos e os filhos um de 13 e o outro de 12, ainda uma filha de 10 anos. As atividades da propriedade são desenvolvidas na grande maioria pela família, ainda troca de serviço quando demanda maior mão de obra (colheita do milho para a silagem) e serviços terceirizados, já que a UPA não conta com trator e equipamentos próprios para os tratos da terra, plantio e colheita, serviço esse realizado mediante agendamento na Secretaria de Agricultura do município e pago o valor correspondente de 80,00 a hora/trator.

A propriedade possui dentre suas construções principais: um galpão de madeira para guardar equipamentos e insumos (sementes, concentrado, sal mineral e medicamentos), outro galpão de madeira (casa antiga) utilizado para armazenamento dos insumos para a alimentação dos animais, uma sala de ordenha, um chiqueiro e um galinheiro. Para o desenvolvimento da atividade de leite, possui ordenhadeira mecanizada, resfriador a granel de 1.000 litros, transferidor de leite, motor a gasolina e trilhadeira. Vale ressaltar que a casa da família é de material e foi financiada por uma Cooperativa de Crédito, com prestações fixas de R\$ 400,00 ao mês durante 05 anos.

As atividades da propriedade estão concentradas na produção de leite (comercialização), milho e pastagens. Todo o milho produzido na propriedade é direcionado para o consumo dos animais (gado leiteiro, suínos e aves), de modo de silagem (grão úmido e planta), do

mesmo modo o cultivo das pastagens. A UPA também exerce atividades agrícolas de autoconsumo, bem como doações e reciprocidade entre amigos e vizinhos, sendo algumas: leite, mandioca, feijão, batata doce, pipoca, carnes (frango, porco, peixe e gado), além da horticultura e fruticultura.

Como já mencionado, a dinâmica econômica da UPA está na produção de leite, a propriedade conta com uma média de 21 vacas em lactação e produzindo 10 litros/dia/vaca. O leite está configurado no sistema de pastagem perene e pastagem de inverno com complementação da alimentação (ração) e silagem, sendo a área de pasto disponível de 06 hectares. A propriedade comercializa uma média de 5.880 litros/mês e com valor médio de R\$ 0,92 litro/leite. O produtor possui também despesas com medicamentos tanto para prevenção quanto para tratamento das doenças. O processo de ordenha das vacas sadias acontece diariamente, duas vezes ao dia, a primeira pela manhã (07:00 horas) e outra pela tarde (16:00 horas), aproximadamente durante 6 horas diárias.

As variáveis econômicas que resumem a dinâmica do sistema produtivo da UPA estão apresentadas na Tabela 2. O Produto Bruto da propriedade analisada, como já mencionado basicamente é o leite, para tanto, no ano agrícola de 2014-2015 apresenta um valor total de R\$ 71.611,40, sendo que o consumo intermediário para as atividades apresenta um valor de R\$ 41.034,00, esse valor representa o custo que o produtor gastou para desenvolver as atividades, esse valor se justifica alto, pelo fato de que a propriedade necessita serviços terceirizados para o plantio e colheita da silagem e também pelo alto custo da ração para a alimentação das vacas em lactação. Desse modo a UPA tem uma receita agregada bruta de R\$ 30.577,40.

Os equipamentos, instalações e maquinários da propriedade, estão em bom estado, conseguindo dar conta das atividades desenvolvidas durante o ano agrícola, o valor da depreciação representa um investimento que a maioria dos produtores não contabiliza, no entanto o custo inicial é alto o que justifica o cálculo da depreciação, a propriedade atualmente tem um custo de depreciação anual de R\$ 2.000,67 reais, esse valor também representa a depreciação dos animais. A distribuição do valor agregado representa um total de R\$ 1.500,77, esse valor é calculado a partir dos impostos e taxas incidem sobre a produção agrícola, o funrrural representa 2,3% sobre valor da produção vendida de produtos agrícolas. A renda agrícola total da propriedade fica em torno de R\$ 27.075,96.

Quanto aos planos da família, esses pretendem continuar com a produção de leite e aumentar significativamente a produção nos próximos anos, já que, possui pouca área de terra disponível para grandes culturas como a soja. A intensificação da

atividade de leite pode aumentar a renda da propriedade atingindo melhor remuneração do trabalho por unidade de trabalho familiar e rendimentos maiores do valor agregado por hectare.

Agricultores Familiares sem Produção de Leite

A segunda tipologia analisada está localizada na comunidade de Belo Horizonte, a 8 km da sede do município e caracteriza outro fenômeno observado no município: a manutenção de atividade agrícola especializada, em detrimento da produção leiteira, em paralelo com atividades remuneradas não agrícolas. Neste caso, a mão de obra disponível na UPA é composta por um casal que concentra suas atividades na produção de trigo e soja e complementa sua renda com a prestação de serviço de colheita aos vizinhos mais próximos, e por uma filha que trabalha em tempo integral como professora em uma escola infantil em uma das cidades vizinhas, auxiliando eventualmente nas atividades da propriedade. Desta maneira a mão de obra disponível é de 2,00 UTH.

A UPA conta com uma área total de 35 ha sendo 23,7 ha de área útil, o que representa 67,7% do total, a principal atividade financeira se concentra na produção de 20 ha de soja e trigo que são comercializados via cooperativa, porém, a produção de mandioca, feijão, horta, frutíferas e animais de criação são destinados ao autoconsumo. Para a produção de soja e trigo os insumos utilizados são adquiridos de empresas que vendem os produtos na própria residência, onde as mesmas também realizam o trabalho de assistência técnica, caracterizando o único serviço de assessoria que a UPA recebe.

Analisando-se as receitas da UPA, conforme Tabela 3, percebe-se a alta dependência da cultura da soja que totaliza uma produção anual de 3.840 kg, que vendida ao preço médio de R\$/kg 1,07, se torna responsável por 66% da renda agrícola da família. O trigo que também corresponde a uma das principais atividades chegando a uma produção de 62.400kg, sendo comercializado a R\$/Kg 0,66, o que contribui com 22,55% da renda. As duas culturas são plantadas na mesma área, em períodos diferenciados.

Como a família possui seus próprios implementos agrícolas, a prestação de serviços de colheita de soja e trigo realizada pelo agricultor gera uma renda de R\$ 3.420,00 representando a quarta atividade mais lucrativa da propriedade, uma vez que os demais itens que compõem o produto bruto (receita total) não geram receita externa, pois são utilizados no consumo da família, reciprocidade e doação, mas que representam um montante de R\$ 7.062,00 no PB. Neste sentido é importante ressaltar que a UPA também conta com uma contribuição de renda não agrícola advinda do trabalho remunerado da filha, onde recebe R\$720 mensais.

Tabela 2. Resumo da análise econômica da UPA que representa a tipologia "Agricultores familiares produtores de leite com baixo grau de tecnificação", Derrubadas – RS. Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Valores de Referência					
UTH	2,05	CI total	R\$ 41.034,00	VAL	R\$ 28.576,73
SAU (ha)	11,3	VAB total	R\$ 30.577,40	DVA	R\$ 1.500,77
PB total	R\$ 71.611,40	DEP	R\$ 2.000,67	Renda Agrícola	R\$ 27.075,96

Tabela 3. Detalhamento dos Resultados Econômicos por atividade da tipologia “Agricultores familiares sem a produção de leite”, Derrubadas – RS. Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Atividade	PB	CI	VAB	Renda Agrícola
Soja	R\$ 81.920,00	R\$ 16.703,00	R\$ 65.217,00	R\$ 60.479,51
Trigo	R\$ 41.184,00	R\$ 19.565,00	R\$ 21.619,00	R\$ 20.671,77
Cultivos de Autoconsumo	R\$ 6.610,00	R\$ 230,00	R\$ 6.380,00	R\$ 6.380,00
Prestação de Serviços	R\$ 3.960,00	R\$ 540,00	R\$ 3.420,00	R\$ 3.420,00
Criações de Autoconsumo	R\$ 7.082,00	R\$ 6.400,00	R\$ 682,00	R\$ 682,00
Total	R\$ 140.756,00	R\$ 43.438,00	R\$ 97.318,00	R\$ 91.633,28

As variáveis econômicas que resumem as dinâmicas dos sistemas produtivos da UPA estão apresentadas na Tabela 4.

A partir da análise econômica, percebe-se que o sistema de produção da UPA está garantindo a reprodução do grupo familiar, pois sua renda agrícola por UTH/mês foi de R\$ 3.524,35 considerando 13 meses. Esta renda equivale a pouco mais de 04 vezes o atual salário mínimo nacional (R\$ 880,00). Embora a análise econômica tenha sido bastante positiva, a ponto de a família não ter como objetivo a ampliação da área e tampouco a mudança de cultivos ou de atividade, é válido lembrar que esta já fora uma estratégia, que inclusive levou a grandes investimentos quando a UPA contava com 3,00 UTH.

Agricultores Familiares de Leite e Grãos com Alto Grau de Tecnificação.

A Unidade Produtiva Agrícola mais representativa dessa tipologia se localiza na comunidade Santa fé, a propriedade possui o planalto como relevo da maior parte da área com apenas uma pequena parcela do terreno declivoso. A UPA apresenta uma área total de 29,8 ha e uma área útil de 22,2 ha, isto é, possui suas dimensões bem próximas da média das demais propriedades da comunidade. No que corresponde a mão de obra disponibilizada para as atividades agropecuárias, a UPA utiliza apenas mão de obra familiar, a qual consiste no casal e na filha de 03 anos, o que por sua vez corresponde a 1,75 UTH.

Na propriedade a principal atividade é a bovinocultura de leite, seguido dos cultivos de verão de milho e soja e do cultivo de inverno do trigo e pastagem. As atividades destinadas ao autoconsumo, reciprocidade e doação correspondem as criações de suínos, aves, ovelhas, peixes e bovinos, a horta e os pomares, ao leite e queijo oriundos da produção leiteira.

A atividade leiteira é o carro chefe da propriedade, que dispõe de um rebanho de 77 cabeças, com a média mensal de cerca de 50 vacas em lactação e média de 11,499 litros/vaca/dia o que gera uma produção mensal média de cerca 17 mil litros de leite. Esse volume de produção é comercializado diretamente com grandes empresas de beneficiamento, apesar de existir cooperativa no município, o proprietário da UPA prefere atender a exigências das grandes empresas em relação à qualidade do produto, e assim receber um melhor preço pelo litro. A UPA dispõe de um galpão de ordenha, que possui resfriador, gerador (utilizado no caso de falta de energia) e sala de ordenha com quarto ordenhadeiras. A atividade leiteira representa mais de 80% da renda agrícola da UPA.

A segunda atividade que mais contribui com a renda agrícola da UPA é o cultivo da soja, o qual representa 12,8% da renda agrícola total. São cultivados 07 ha, onde a semeadura e a colheita são mecânicas a produtividade média anual para o cultivo da soja na UPA foi de 3000 kg/ha que gerou uma produção de 360 sacas de soja.

Percebe-se que a atividade leiteira, devido principalmente a grande quantidade de cabeças, demanda muita mão de obra. Essa atividade inclusive gerou divergência entre a família da UPA, no sentido de que a esposa reclamou da grande quantidade de serviços demandado e da necessidade diária de mão de obra, o que os impede de realizar atividades de lazer, viagens e afins. Apesar disso a perspectiva do casal é ampliar o sistema produtivo. As variáveis econômicas que resumem as dinâmicas dos sistemas produtivos da UPA estão apresentadas na Tabela 5.

De uma forma geral, a análise econômica da UPA se mostrou bastante positiva no sentido de se ter uma renda agrícola total de R\$ 9.346,25 reais mensais. Quanto à eficácia econômica da UPA em relação a sua superfície de área útil o valor corresponde a R\$ 5.710,27. Essa situação se explica através das expectativas da família da UPA, a qual já possui planos de ampliação das atividades, principalmente por meio de arrendamento e da melhoria e aumento de cabeças do sistema de produção leite.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da complexidade e heterogeneidade que o meio rural apresenta e para o alcance do objetivo proposto utilizou-se como metodologia a Análise Diagnóstica de Sistemas Agrários, o instrumento permitiu identificar os principais aspectos da agricultura familiar deste município, assim como, colocar em evidência a diversidade de situações produtivas dos agricultores familiares locais.

Seguindo os passos do ADSA o estudo identificou quatro zonas homogêneas no município, segundo diferentes critérios de análise. Frente a esse quadro a pesquisa desenvolvida teve o recorte de apenas uma zona homogênea. Identificou-se na microrregião estudada uma soma de três tipologias distintas nos sistemas de produção, tendo como critério de avaliação às atividades que retratam as dinâmicas das propriedades rurais e seus respectivos níveis de tecnificação.

Tabela 4. Detalhamento dos Resultados Econômicos da tipologia “Agricultores familiares sem produção de leite”, Derrubadas – RS. Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Valores de Referência					
UTH	2	CI total	R\$ 43.438,00	VAL	R\$ 94.464,67
SAU (ha)	23,7	VAB total	R\$ 97.318,00	DVA	R\$ 2.831,39
PB total	R\$ 140.756,00	DEP	R\$ 2.853,33	Renda Agrícola	R\$ 91.633,27

Tabela 5. Resumo da análise econômica da UPA que representa a tipologia “Agricultores familiares produtores de leite e grãos com alto grau de tecnificação”, Derrubadas – RS. Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Valores de Referência					
UTH	1,75	CI total	R\$ 116.762,69	VAL	R\$ 126.882,23
SAU (ha)	22,22	VAB total	R\$ 136.510,81	DVA	R\$ 5.831,01
PB total	R\$ 253.273,50	DEP	R\$ 9.628,58	Renda Agrícola	R\$ 121.501,21

Por meio dessa investigação ficou comprovado a importância da agricultura familiar, enquanto modelo produtivo, para reprodução social das famílias da zona homogênea estudada, no sentido o qual, tal lógica se mostrou satisfatória frente às adversidades agroecológicas da região, principalmente no que se refere a questão do relevo. Isto é, as famílias que se inserem nesta região, a partir da lógica de ocupação do território, não tiveram acesso as melhores áreas do município. Mesmo assim, estão tendo uma boa produtividade em solos declivosos e pedregosos, e conseguindo se reproduzir economicamente e socialmente.

Entre as principais atividades encontradas na zona homogênea, se destacam a produção de grãos (soja, milho e trigo) e a pecuária leiteira, sendo que todas as atividades são desenvolvidas concomitante com os cultivos de autoconsumo, doação e reciprocidade. A mão de obra utilizadas nestas propriedades é basicamente familiar. Foi identificado também que, o arranjo das atividades (nível tecnológico e escala produtiva) é m dos aspectos que contribuem para resultados produtivos variados dos mesmo sistemas de produção dentro de uma mesma região.

A atividade leiteira apresentou maior potencial de expansão entre as tipologias de agricultores identificadas, além de agregar valores consideráveis à renda mensal das famílias, sua atividade não exige a necessidade de aquisição de novas áreas e de maior grau tecnológico, fatores limitantes da região.

A partir da análise das UPAs foi possível constatar que, independentemente da tipologia dos agricultores, os cultivos de autoconsumo são fundamentais para reprodução social das famílias dessa região, visto que, grande parte da alimentação diária é oriundo dessas atividades como é cosa dos cultivos de feijão, dos pomares e da criação de gado para leite e carne, tais atividades contribuem diretamente para segurança alimentar e soberania dessas famílias.

Além da questão da produção para o autoconsumo, as relações de troca e doações se mostraram bastante presentes no cotidiano das famílias estudadas, sendo que os principais produtos que contemplam essas

atividades são os frutos dos pomares, as criações de pequenos animais e os produtos processados na própria UPA como queijos e doces. Dessa forma, é possível afirmar que as práticas de reciprocidade auxiliam na sociabilidade dos agricultores familiares estudados e se configura como elemento fundamental na realidade produtiva e alimentar da famílias da região. Destas relações, a partir da análise das unidade de produção agrícola nas distintas tipologias identificadas, ressalta-se as trocas de produtos das hortas já em seu estágio final (prontos para o consumo), assim como de insumos, principalmente sementes e adubos. No correspondente às trocas e doações de animais de pequeno porte, foi identificado doações de aves e suínos nas formas de ajudas ou presentes, especialmente em ocasiões festivas e comemorações religiosas.

Torna-se válido salientar que as relações de reciprocidade identificadas entre as tipologias de agricultores estudadas também se materializam por meio de formas distintas das doações de produtos agropecuários. Como exemplo disso, foi observado que, devido a estruturação da famílias, das UPAs e da disponibilidade de mão de obra, a troca de diárias de trabalho é bastante comum entre as famílias desta região, principalmente nas épocas de maiores demandas de trabalho (períodos de plantio e de colheita). Por fim, observou-se também que, as trocas de diárias de trabalho são, em algumas ocasiões, acompanhadas pelo o empréstimo de maquinários (implementos agrícolas e tratores de grande porte). Dessa forma, estas ações se tornam fundamentais para o bom desempenho das atividades agrícolas nesta região.

REFERENCIAS

Brasil. 2006. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20042006/2006/Lei/L11326.htm.

- Caillé, A.** 1988. Nem holismo nem individualismo metodológicos: Marcel Mauss e o paradigma da dádiva. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, 13(38): 5-38.
- CONAB.** 2015. Companhia Nacional de Abastecimento. Agricultura familiar. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=112&t=2>.
- Cunha, N. G., R. J. C. Silveira & C. R. S. Severo.** 2006. Estudo de solos do município de Derrubadas - RS. Brasil. Embrapa Clima Temperado.
- Dufumier, M.** 2007. Projetos de Desenvolvimento Agrícola: manual para especialistas. [Tradução de Vitor de Athayde Couto]. Salvador: EDU. FBA.
- EMBRAPA.** 2006. Estudo de solos do município de Derrubadas - RS. 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/clima-temperado/busca-de-publicacoes/-/publicacao/746010/estudo-de-solos-do-municipio-de-derrubadas---rs>.
- IBGE.** 2006. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades@. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>.
- Instituto CEPA-SC.** 2010. Perspectivas para a agricultura familiar – horizonte 2010. Disponível em: http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepas/publicacoes/Agricultura_familiar.pdf.
- Lamarque, H.** 1993. A agricultura familiar: comparação internacional. Tradução de Ângela Maria Naoko Tijiwa. Brasil. Editora da Unicamp.
- Mauss, M.** 1974. Ensaio sobre a dádiva: forma e a razão de trocas nas sociedades arcaicas. In: *Sociologia e Antropologia*. (pp. 183-294). Brasil. EPU.
- Moresco, F. D. & I. E. Rossi.** 2006. Plano Municipal De Educação - Secretaria Municipal de Educação Cultura e desporto. Prefeitura Municipal de Derrubadas. Disponível em: http://www.derrubadas-rs.com.br/legislacao/plano_educacao/PLANO%20MUN.%20EDUCA%C3%87%C3%83O.pdf.
- Polanyi, K.** 1980. A grande transformação. Brasil. Campus.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE DERRUBADAS.** 2015. Site oficial do município, Disponível em: www.derrubadas-rs.com.br.
- Rigo, D. S., P. S. Neumann & P. R. C. Silveira.** 2015. A Construção do Conhecimento Socioambiental na Gestão do Espaço Rural: O Caso de Derrubadas – Rs. *Redes* (St. Cruz Sul, Online), 20(2): 283-307.
- Rosa, P. A., F. M. Breunig, R. Balbinot & L. S. Galvão.** 2013. Dinâmica da floresta do Parque Estadual do Turvo com índices de vegetação. *Floresta Ambient. Seropédica*, 20(4): 487-499.
- Sabourin, E.** 2001. Práticas de reciprocidade e economia de Dádiva em comunidades rurais do Nordeste Brasileiro". *Campina Grande, Raízes*, 20: 41-49.
- Souza, V. F. & S. M. P. P. Bergamasco.** 2015. Políticas públicas para a agricultura familiar brasileira: um estudo sobre o PRONAF nos municípios do circuito das frutas – SP. *Revista Extensão Rural, Santa Maria, RS*, 22(1): 9-35.

Produtividade e qualidade dos grãos de cultivares de feijoeiro cultivado na safra das águas e de inverno

Terra, Filipe Silveira de Ávila¹; Anderson Prates Coelho^{1,2}; João Victor Trombeta Bettiol¹; Rogerio Farinelli¹; Leandro Borges Lemos¹

¹ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, São Paulo, Brasil; ² anderson_100ssp@hotmail.com

Terra, Filipe Silveira de Ávila; Anderson Prates Coelho; João Victor Trombeta Bettiol; Rogerio Farinelli; Leandro Borges Lemos (2019) Produtividade e qualidade dos grãos de cultivares de feijoeiro cultivado na safra das águas e de inverno. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 1-7. <https://doi.org/10.24215/16699513e026>

No Brasil, o feijoeiro é cultivado em três safras, com cada uma necessitando de diferentes níveis tecnológicos para a obtenção de elevadas produtividades. Entretanto, estudos para avaliar o efeito da safra na produtividade e qualidade dos grãos em cultivares de feijoeiro são escassos. Desta forma, objetivou-se avaliar e comparar o desempenho de cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca, quanto às características agrônomicas e tecnológicas dos grãos, cultivadas na safra das águas e de inverno, bem como indicar os melhores genótipos para serem cultivados em cada época. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, apresentando 20 tratamentos, com 10 cultivares de feijão e 2 safras de cultivo, em três repetições. Foram avaliados os atributos agrônomicos: número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de grãos, e os atributos tecnológicos dos grãos, sendo eles o tempo de cozimento, relação de hidratação e o tempo para a máxima hidratação dos grãos. A produtividade e a relação de hidratação dos grãos das cultivares de feijão foram superiores na safra de inverno. A safra de inverno apresentou maior tempo para a máxima hidratação dos grãos do que a safra das águas, entretanto o tempo para cozimento dos grãos não foi afetado. Nas condições de estudo, recomenda-se para a safra de inverno a cultivar BRS MG Requite e para a safra das águas a cultivar BRS MG Horizonte. A cultivar BRS MG Talismã é recomendada tanto para cultivo na safra das águas como na safra de inverno.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., genótipos, grupo comercial, componentes de produção, tecnologia dos grãos

Terra, Filipe Silveira de Ávila; Anderson Prates Coelho; João Victor Trombeta Bettiol; Rogerio Farinelli; Leandro Borges Lemos (2019) Grain yield and quality of common bean cultivars cultivated in the water and winter seasons. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 1-7. <https://doi.org/10.24215/16699513e026>

In Brazil, the common bean is growing in three seasons, with each one requiring different technological levels to obtain high yields. However, studies to evaluate the season effect on grain yield and quality in bean cultivars are scarce. The objective of this study was to evaluate the performance of common bean cultivars of the commercial group from 'carioca', regarding the agronomic and technological characteristics of the grains, cultivated in the waters and winter seasons, as well as indicate the best genotypes to be cultivated in each season. The experimental design was a randomized complete block design, with 20 treatments, with 10 cultivars of bean and 2 seasons, in three replications. The agronomic attributes were evaluated: number of pods per plant, number of grains per pod, mass of 100 grains and grain yield, and grain technological attributes, such as cooking time, hydration ratio and time to maximum hydration of the grains. The yield and hydration ratio of the bean cultivars were higher in the winter season. The winter season presented a longer time for the maximum hydration of the grains than waters season, however the time for cooking of the grains was not affected. In the experimental conditions, for the winter season it is recommended BRS MG Requite cultivar and for the waters season BRS MG Horizonte cultivar. The BRS MG Talismã cultivar is recommended for crop cultivation in the two seasons.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., genotypes, commercial group, production components, grain technological

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 01/03/2019

Aceptado: 15/05/2019

Disponibile on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina



INTRODUÇÃO

A obtenção de elevadas produtividades pelo feijoeiro depende da interação entre o genótipo e o ambiente (Farinelli & Lemos, 2010). O feijoeiro é cultivado no centro-sul brasileiro em três safras. A primeira, com semeadura de outubro a dezembro, é conhecida como safra das águas, a segunda, com semeadura de janeiro a março, é conhecida como safra das secas e a terceira, com semeadura de abril a junho, é conhecida como safra de inverno. Devido às distintas condições climáticas entre os períodos, a cultura apresenta diversos sistemas de produção e demanda diferentes níveis tecnológicos dos produtores. No geral, por necessidade de irrigação, o produtor de feijão da safra de inverno apresenta maior nível tecnológico do que quando a cultura é cultivada na safra de verão (Richetti & Ito, 2015).

Considerando as três safras realizadas no Brasil, na última safra (2017/18), o país apresentou uma área cultivada de 3,2 milhões de hectares, com uma produtividade média em torno de 1.000 kg ha⁻¹ (Conab, 2018). Para o centro-sul brasileiro, verifica-se que a produtividade média na safra das águas foi de 1.893 kg ha⁻¹, enquanto que para a safra de inverno a produtividade média foi de 2.156 kg ha⁻¹, valor 14% superior ao rendimento na safra das águas.

A disponibilidade hídrica e a temperatura são alguns fatores que causam estresse, podendo limitar a produtividade do feijoeiro (Torres et al., 2013). A menor produtividade média da cultura para a safra das águas no Brasil, em comparação com a safra de inverno, pode estar associada a maior incidência de doenças, ocorrência de veranicos e temperaturas elevadas durante o florescimento da cultura no verão brasileiro, podendo causar abortamento de flores e vagens (Simidu et al., 2010). Mesmo apresentando maiores custos de produção, a safra de inverno pode gerar maior lucratividade ao produtor (Richetti & Ito, 2015).

Entretanto, o genótipo apresenta papel fundamental para o sucesso de cada sistema de produção, uma vez que a adaptabilidade para determinada situação pode gerar incrementos de produtividade que chegam a mais de 50% (Torres et al., 2013).

Além de elevada produtividade, gradativamente as pesquisas procuram promover e desenvolver cultivares com características tecnológicas dos grãos de acordo com a preferência do mercado consumidor, como menor tempo para cozimento, além de tamanho, formato e coloração do tegumento desejáveis, capacidade de hidratação, menor presença de grãos de casca dura e melhor qualidade nutricional (Carbonell et al., 2003). Essas características são determinadas pelo genótipo e influenciadas pelas condições do ambiente durante o desenvolvimento da planta e dos grãos (Ribeiro et al., 2008). Assim como a produtividade, a qualidade tecnológica dos grãos do feijoeiro pode ser afetada pela safra que a cultura foi cultivada (Perina et al., 2014).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar e comparar o desempenho de dez cultivares de feijoeiro do grupo comercial carioca, quanto às características agrônomicas e tecnológicas dos grãos, cultivadas na safra das águas e de inverno, bem como indicar os melhores genótipos para serem cultivados em cada safra.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Os experimentos foram realizados no campo experimental da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Jaboticabal, São Paulo, Brasil (Figura 1) (21°14'50" S, 48°17'5" W), com altitude média de 595 m.

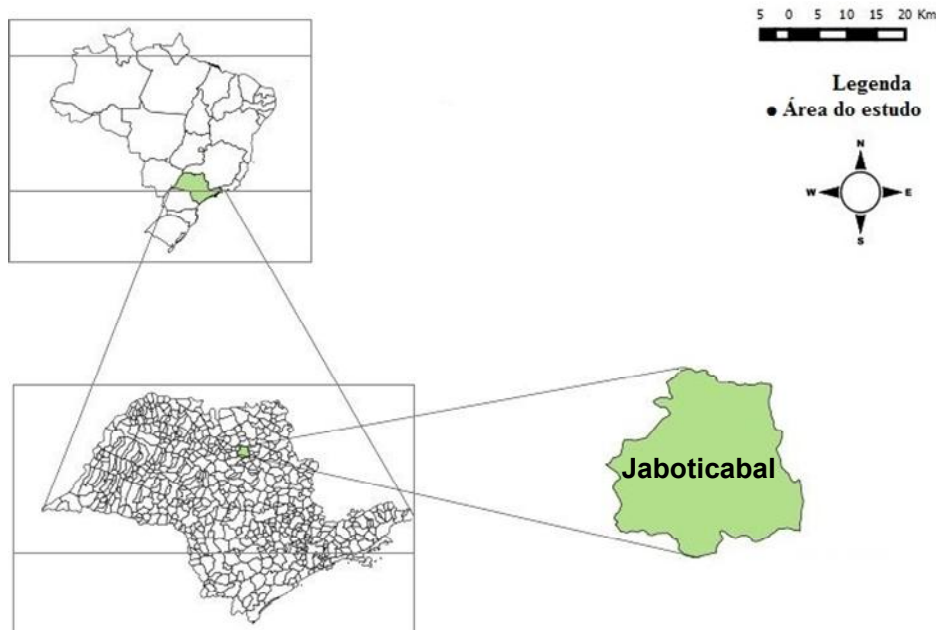


Figura 1. Área experimental em Jaboticabal, Estado de São Paulo, Brasil.

Segundo a classificação climática de Koppen (Alvares et al., 2013), o clima é do tipo Aw, caracterizado por uma precipitação média anual de 1.416 mm (1975-2015), com médias totais para os meses mais úmidos e secos de 255 mm (dezembro) e 25 mm (julho), respectivamente. O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho eutrófico de textura argilosa (Embrapa, 2013). As características químicas do solo foram: pH 5,6; Matéria orgânica 26 g dm⁻³; P_{resina} 39 mg dm⁻³; H+Al 16 mmol_c dm⁻³; K 4,1 mmol_c dm⁻³; Ca 24 mmol_c dm⁻³; Mg 13 mmol_c dm⁻³; SB 41,1 mmol_c dm⁻³; CTC 57,1 mmol_c dm⁻³ e V 72%.

Na safra das águas (Figura 2A), a umidade relativa média para o período foi de 81,7%, as temperaturas máximas e mínimas médias de 30,2 °C e 20,4 °C, respectivamente, e a precipitação total de 1.050 mm. Para a safra de inverno (Figura 2B), a umidade relativa média para o período foi de 61,5%, as temperaturas máximas e mínimas médias de 29,0 °C e 14,2 °C, respectivamente, e a precipitação total de 87,8 mm.

Instalação dos experimentos

A semeadura foi realizada de forma manual, em 15 de dezembro de 2006 (safra das águas) e em 15 de junho de 2007 (safra de inverno). Os sulcos de plantio foram abertos de forma mecanizada, distanciados entre si em 0,45 m, realizando simultaneamente a aplicação de 350 kg ha⁻¹ do formulado NPK 0-20-20. Foram utilizadas 12 sementes por metro de sulco, gerando densidade de semeadura de 266.666 plantas ha⁻¹.

Manejo hídrico e adubação de cobertura

A irrigação foi realizada somente na safra de inverno, uma vez que para tal safra, essa é uma técnica indispensável para o feijoeiro. As irrigações foram realizadas utilizando um sistema do tipo aspersão convencional, durante todo o ciclo do feijoeiro, com turnos de rega a cada cinco dias, utilizando uma lâmina de água de 30 mm em cada aplicação. A lâmina total de água aplicada durante o ciclo do feijoeiro cultivado na safra de inverno foi de 390 mm, suprimindo em 100% a necessidade hídrica do feijoeiro, que durante o ciclo chega a 400 mm (Fischer Filho et al., 2014).

Nas duas safras, a adubação de cobertura foi realizada no início do estágio fenológico V₄, caracterizado pela presença da terceira folha trifoliada completamente aberta em 50% das plantas (Fernandez et al., 1985),

utilizando 350 kg ha⁻¹ do formulado NPK 20-05-20. A aplicação do fertilizante foi efetuada em filete contínuo a 10 cm da linha da cultura sem incorporação de forma manual com o auxílio de um dosador.

Delineamento experimental e cultivares

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 20 tratamentos, constituídos por 10 cultivares de feijão do grupo comercial carioca e duas safras agrícolas (safra das águas e de inverno), com três repetições. Cada parcela experimental foi formada por quatro linhas de quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,45 m. A área útil foi constituída pelas duas linhas centrais, eliminando-se 0,50 m das extremidades de cada linha. As cultivares avaliadas nas duas safras foram a Pérola, IAC Carioca Eté, IAC Carioca Tybatã, BRS MG Magestoso, BRS MG Pioneiro, BRS MG Talismã, BRS Cometa, BRS Horizonte, BRS Pontal e BRS Requite.

Características agrônômicas

Por ocasião da colheita, para avaliação das características agrônômicas, na safra das águas 2006/2007 e de inverno 2007, foram coletadas 10 plantas por parcela e determinados o número de vagens planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹ e massa de 100 grãos.

A produtividade de grãos foi estimada em função da produção de grãos de cada parcela experimental, constituído das duas linhas centrais eliminando-se as bordadura, com umidade dos grãos padronizada em 0,13 g g⁻¹.

Características tecnológicas

Para as características tecnológicas as amostras de grãos foram previamente homogeneizadas, classificadas em peneira de furos oblongos 12/64 x ¼" (4,76 x 19,05 mm).

Para a determinação do tempo para cozimento (minutos), utilizou-se o cozedor de Mattson (Durigan, 1979), que consta basicamente de 25 estiletes verticais terminados em ponta de 1/16", mantidos submersos em água quente, em nível constante e a 96 °C. O tempo final para cozimento da amostra foi obtido quando 50% + 1, ou seja, 14 estiletes, estavam deslocados. Para essa determinação, os grãos foram previamente hidratados em água destilada, por 12 horas.

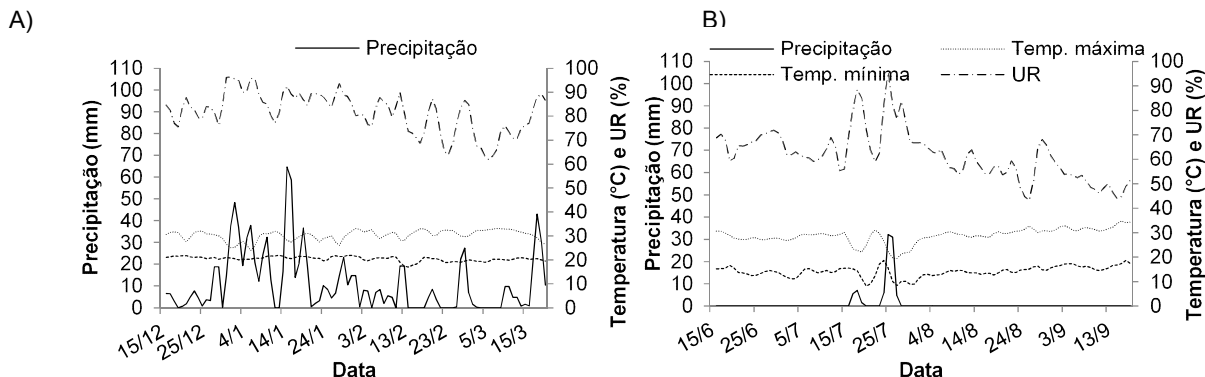


Figura 2. Temperatura máxima, mínima, umidade relativa média do ar e precipitação durante o período experimental nas safras de verão (15/12/2006 a 24/03/2007) (A) e de inverno (15/06/2007 a 22/09/2007) (B). Jaboticabal – SP, Brasil.

A capacidade de hidratação foi quantificada segundo método descrito por Durigan (1979), em amostras de 50 g colocadas em 200 mL de água destilada durante um período de 12 horas. Nas primeiras 4 horas, o volume da água absorvida foi determinado a cada 30 minutos e nas 8 horas restantes, a cada hora. No fim do tempo para hidratação, a água foi totalmente drenada e os grãos pesados. A relação de hidratação foi determinada como sendo a razão entre a massa após a hidratação e a massa inicial dos grãos. Durante a condução do teste a temperatura da água foi de 25 °C. Para cada tratamento foi realizada a média das três repetições do volume de água absorvida em cada tempo. Após isso, foram plotadas regressões do volume de água absorvido pelos grãos em função do tempo, em que através delas foram definidos os tempos para a máxima hidratação (TMH) em cada tratamento.

Analise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância individual (ANOVA) para cada safra agrícola. Posteriormente realizou-se a análise conjunta e quando a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual não ultrapassou o valor sete (Banzatto & Kronka, 2006), procedeu-se os desdobramentos necessários. Os valores das cultivares e o efeito das safras agrícolas foram comparados pelo teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade. A análise foi realizada utilizando o software SISVAR[®] (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se pela análise de variância (Tabela 2), que para o número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 100 grãos, a razão entre o

maior e o menor valor para os quadrados médios do resíduo ($QMRe_{maior}/QMRe_{menor}$) foi menor que sete. Isso indica que houve homogeneidade das variâncias residuais obtidas nas análises, possibilitando a realização da análise conjunta sem qualquer restrição das safras estudadas (Banzatto & Kronka, 2006).

Para número de vagens por planta (Tabela 2), ao se analisar cultivares dentro de safras, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos. Realizando a comparação entre as safras, houve diferença significativa entre algumas cultivares, sendo elas a Pérola, BRS MG Majestoso e BRS Cometa, em que esses genótipos apresentaram número de vagens por planta superior para a safra de inverno. O número de vagens por planta é o principal componente na determinação da produtividade do feijoeiro (Fageria et al., 2008), sendo de suma importância para que a cultivar alcance seu potencial produtivo. Tal componente não é somente controlado geneticamente, fatores ambientais também influenciam esta característica (Fageria et al., 2008).

Estudando genótipos de feijoeiro na época das águas, Santos et al. (2013), obtiveram valores inferiores ao observado no presente estudo para essa característica nas cultivares Pérola e BRS MG Majestoso, sendo 10,33 e 8,70 vagens por planta, confirmando a variabilidade desse componente de produção em função de diferentes condições.

Para o número de grãos por vagem na safra das águas, não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares. Na safra de inverno, as cultivares IAC Carioca Tybatã, BRS Horizonte, BRS Pontal e BRS Requite foram as que se destacaram, com 4,8; 5,02; 5,7 e 5,3 grãos por vagem, respectivamente. Para esse atributo, a maioria das cultivares obtiveram melhor desempenho na safra das águas, exceto as cultivares BRS Horizonte e BRS Pontal que apresentaram médias de grãos por vagens iguais entre as safras.

Tabela 2. Componentes de produção das cultivares de feijão comum do tipo carioca nas safras das águas e de inverno e resumo da análise de variância. M100 – massa de 100 grãos; QM – quadrado médio; C – Cultivares; S – Safras; C.V. – coeficiente de variação; *Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade. Letras maiúsculas iguais na linha e minúsculas na coluna não difere entre si ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Cultivares	Safras					
	Vagens por planta		Grãos por vagem		M100 (g)	
	Águas	Inverno	Águas	Inverno	Águas	Inverno
Pérola	10,23 aB	16,7 aA	4,80aA	4,13cB	21,83aB	26,27abA
IAC Carioca Eté	11,73 aA	11,43 aA	5,33aA	4,53bcB	21,0aA	23,0bcA
IAC Carioca Tybatã	14,27aA	17,27aA	4,67aA	4,80abcA	21,63aA	20,7cA
BRS MG Magestoso	11,53aB	17,23aA	4,30aA	4,03cA	21,47aB	28,2aA
BRS MG Pioneiro	11,50aA	16,07aA	5,0aA	4,63bcA	22,47aA	20,9cA
BRS MG Talismã	12,67aA	15,67aA	5,7aA	4,53bcB	23,37aA	25abcA
BRS Cometa	11,0aB	16,03aA	4,5aA	4,20cA	24,6aA	27,1abA
BRS Horizonte	14,4aA	15,2aA	4,54aB	5,02abcA	21,24aB	24,3abcA
BRS Pontal	13,0aA	18,0aA	4,73aB	5,7aA	20,0aA	22,73bcA
BRS Requite	11,0aA	14,4aA	4,30aA	5,3abA	22,0aA	23,1bcA
QM Cultivares (C)	6,84ns	9,77ns	0,36ns	0,79*	5,06ns	18,97**
QM Resíduo - QMRe	6,53	14,17	0,15	0,09	4,25	1,36
QMRe maior/QMRe menor	2,17		1,67		3,13	
QM Safras (S)	185,5**		0,11ns		78,89**	
QM C x S	7,91ns		0,58ns		8,71ns	
C.V. (%)	22,87		7,41		7,27	

Na safra de inverno as cultivares apresentaram melhor desempenho em relação a massa de cem grãos, não apresentando diferença entre si para a safra das águas. Pode-se destacar, na safra de inverno, os genótipos Pérola, BRS MG Majestoso, BRS MG Talismã, BRS Cometa e BRS Horizonte, com 26,27; 28,2; 25; 27,1 e 24,3 para a massa de cem grãos. Valores superiores aos encontrados por Santos et al. (2013) para as cultivares Pérola e BRS MG Majestoso.

Segundo Zimmermann et al. (1996) a produtividade de grãos do feijoeiro é o produto de três componentes denominados de componentes primários da produção, que são: número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de grãos. De acordo com Costa e Zimmermann (1988), alguns destes componentes podem aumentar ou diminuir, dependendo das condições de cultivo, facilitando assim a manutenção da estabilidade da produtividade de grãos. Castoldi (1991) comenta que ocorrem compensações entre os componentes da produtividade, de forma que, o aumento na massa de grãos pode acarretar redução no número de grãos por vagem, ou o aumento no número de vagens por planta pode redundar na redução de massa dos grãos, sendo que todos podem ser afetados pelas condições climáticas e pelos sistemas de produção utilizados (Torres et al., 2013).

Dentre os componentes de produção do feijoeiro, o número de grãos por vagem é o menos afetado pelo déficit hídrico, apresentando maior variação genotípica (Santos et al., 2013). Devido a possibilidade de veranicos na safra das águas, e como essa não apresenta e não requer sistemas de irrigação, o número de vagens por planta e a massa de 100 grãos pode ser afetada pelo déficit hídrico se os veranicos coincidirem com o florescimento e o enchimento de grãos do feijoeiro, respectivamente (Torres et al., 2013). Esse fato não é verificado quando se cultiva o feijão na safra

de inverno, uma vez que para essa época é necessário a utilização de irrigação.

Cunha et al. (2011), em estudo de fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto, observaram correlação significativa entre produtividade de grãos do feijoeiro com o número de vagens por planta, massa de cem grãos e com a altura de plantas, o que demonstra que plantas mais desenvolvidas, e que produzem maior número de estruturas reprodutivas, são capazes de propiciar maiores produtividades, como também verificado por Soratto et al. (2006).

Observa-se pela análise de variância (Tabela 3), que para a produtividade, tempo de cozimento e relação de hidratação, a razão entre o maior e o menor valor para os quadrados médios do resíduo ($QMRe_{maior}/QMRe_{menor}$) foi menor que sete. Isso indica que houve homogeneidade das variâncias residuais obtidas nas análises, possibilitando a realização da análise conjunta sem qualquer restrição das safras estudadas (Banzatto & Kronka, 2006).

Para a produtividade de grãos houve diferença apenas para a cultivar BRS Pontal para a safra das águas, com média inferior às demais. Para a safra de inverno, os genótipos mais produtivos foram a BRS MG Talismã, BRS MG Horizonte e BRS MG Requite. Comparando as safras, observa-se que todas as cultivares apresentaram maior produtividade de grãos na safra de inverno. Os maiores incrementos de produtividade para a safra de inverno ocorreram para os genótipos BRS MG Talismã e BRS MG Requite, com valores de 35% e 72% superiores à safra de verão, respectivamente.

A maior produtividade dos genótipos para a safra de inverno pode ser explicada com base nas condições climáticas. Na safra das águas, o feijoeiro é submetido a elevadas temperaturas no momento do florescimento e enchimento de grãos, podendo levar ao abortamento de flores e vagens (Simidu et al., 2010).

Tabela 3. Produtividade, tempo de cozimento e relação de hidratação dos grãos de cultivares de feijoeiro comum do tipo carioca nas safras das águas e de inverno e resumo da análise de variância. QM – quadrado médio; C – Cultivares; S – Safras; C.V. – coeficiente de variação; *Significativo a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade. Letras maiúsculas iguais na linha e minúsculas na coluna não difere entre si ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Cultivares	Safras					
	Produtividade		Tempo de cozimento		Relação de hidratação	
	Águas	Inverno	Águas	Inverno	Águas	Inverno
Pérola	2.183aB	2.745cdA	29,0abA	31,3abA	2,1aA	2,13abA
IAC Carioca Eté	2.237aB	2.759cdA	27,3abA	29,7abcA	2,03aB	2,13abA
IAC Carioca Tybatã	2.291aB	2.866cdA	30,7aA	32,7aA	2,03aA	2,10abA
BRS MG Magestoso	2.224aB	3.077bcA	27,7abA	27,7abcdA	2,06aA	2,03abA
BRS MG Pioneiro	2.268aB	2.657dA	27,abA	26,3bcdA	2,03aA	2,03abA
BRS MG Talismã	2.281aB	3.452aA	24,3bA	26,0cdA	2,0aA	2,07abA
BRS Cometa	2.235aB	2.922bcdA	27abA	26,0cdA	2,06aA	2,13abA
BRS Horizonte	2.420aB	3.257abA	26,4abA	28,4abcdA	2,06aB	2,2aA
BRS Pontal	1.784bB	2.868cdA	25,0bA	23,3dA	2,0aB	2,1abA
BRS Requite	2.095abB	3.608aA	26,0abA	25,0cdA	2,0aA	2,0bA
QM Cultivares (C)	91.657*	241.929*	10,0ns	23,8**	0,003ns	0,009ns
QM Resíduo - QMRe	14.755	16.6692	4,9	1,1	0,0024	0,0026
QMRe _{maior} /QMRe _{menor}	1,13		4,4		1,0	
QM Safras (S)	8.994.423,7**		9,6ns		0,05**	
QM C x S	125.370,6**		3,8ns		0,0039ns	
C.V. (%)	4,8		6,3		2,4	

Esse fato pode ser confirmado pelo menor número de vagens por planta para algumas cultivares na safra de verão quando se compara com a safra de inverno. Além disso, veranicos podem ocorrer nessa safra, conforme observado no presente estudo ao final do ciclo do feijoeiro (Figura 2A). O déficit hídrico causado pelos veranicos podem afetar a massa de grãos do feijoeiro, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Soratto et al. (2005), avaliando aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto, obtiveram para a cultivar Pérola produtividade de 3.137 kg ha⁻¹, com 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio em estágio fenológico V4, valor este inferior ao obtido na cultivar mais produtiva neste trabalho para a safra das águas, entretanto é próximo ao observado para o mesmo genótipo na safra de inverno.

Ramos Junior et al. (2005) em estudo sobre cultivares de feijão, obtiveram maiores produtividades nas cultivares Aporé, Carioca Precoce e Rudá, com valores superiores a 3.500 kg ha⁻¹. Fornasieri Filho et al. (2007), avaliando a eficiência da adubação nitrogenada em duas cultivares de feijoeiro, IAC Una e Pérola, em sistema de plantio direto, observaram na cultivar Pérola, maior eficiência no uso da adubação nitrogenada em cobertura, obtendo produtividade acima de 2.420 kg ha⁻¹.

O tempo para cozimento das cultivares foi relativamente alto, independente da safra, com valores acima de 25 minutos para a maioria dos tratamentos (Proctor e Watts, 1987). O principal motivo pode ser ao fato de elevadas temperaturas no período de colheita. Os menores tempos foram obtidos pelas cultivares BRS MG Talismã e BRS Pontal, com 24,3 e 25 minutos, respectivamente, para a safra das águas, o restante das cultivares não apresentaram diferença entre si. Para a safra de inverno, a cultivar BRS Pontal manteve-se com o menor tempo para cozimento: 23,3 minutos, sendo um tempo consideravelmente bom, devido a economia energia e rapidez no preparo dos grãos. Não houve diferença para o tempo de cozimento de grãos entre as safras.

Farinelli e Lemos (2010), avaliando o comportamento de genótipos de feijoeiro em três épocas de anos distintos, observaram para a cultivar Pérola, tempo de cozimento de 27 minutos para a época das águas. No presente trabalho observa-se valor próximo ao dos

autores, para a safra das águas, sendo o tempo de cozimento de 29 minutos. Quanto à relação de hidratação, verificou-se que a maioria das cultivares foram melhores na safra de inverno, a cultivar de maior destaque foi a BRS Horizonte, com 2,2, valor igual a cultivar IAC Una, utilizada por Farinelli e Lemos (2010) em estudos do desempenho de genótipos de grupos comerciais carioca e preto.

O tempo de máxima hidratação das cultivares de feijão cultivado nas duas safras variou entre 8 horas e 25 minutos a 10 horas e 17 minutos (Figura 3). Esses tempos de hidratação obtidos são importantes para o cozimento, pois na culinária nacional, os grãos de feijão são deixados em maceração em água, à temperatura ambiente, por um período de aproximadamente 12 a 14 horas antes do preparo, e esta prática faz com que se reduza o tempo gasto para o cozimento dos grãos. Segundo Carbonell et al. (2003) e Ribeiro et al. (2008), a presença de grãos duros é promovida por situações de estresse hídrico e altas temperaturas, próximas à época de colheita dos grãos.

De modo geral, observou-se menores tempos na safra das águas, devido a temperatura no momento da colheita de grãos estar ideal, sendo a cultivar IAC Carioca Eté a de menor tempo. Embora cultivado na safra de inverno, a colheita do feijoeiro para o presente estudo nessa safra ocorreu no final de setembro, período de elevadas temperaturas para a região onde foi cultivado. No cultivo na safra de verão, a colheita ocorreu no final de março, período em que as temperaturas na região estão diminuindo, sendo o início do outono brasileiro. Para a safra de inverno houve maiores tempos para a máxima hidratação, ficando a cultivar BRS Requite com o maior tempo para máxima hidratação.

CONCLUSÕES

O desempenho agrônomico das cultivares de feijoeiro foi superior na safra de inverno. A safra de inverno apresentou maior tempo para a máxima hidratação dos grãos do feijoeiro do que a safra das águas, entretanto o tempo de cozimento dos grãos não foi afetado pela safra.

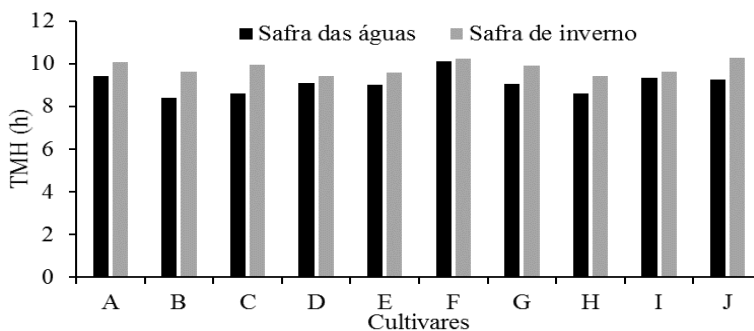


Figura 3. Resultados do tempo para a máxima hidratação (TMH) de grãos de cultivares de feijoeiro comum para a safra das águas e de inverno. A - Pérola; B - IAC Carioca Eté; C - IAC Carioca Tybatã; D - BRS MG Magestoso; E - BRS MG Pioneiro; F - BRS MG Talismã; G - BRS Cometa; H - BRS Horizonte; I - BRS Pontal e J - BRS Requite. TMH – Tempo para máxima hidratação.

Para a safra de inverno recomenda-se a cultivar BRS MG Requite e para a safra das águas a cultivar BRS MG Horizonte. A cultivar BRS MG Talismã é recomendada tanto para cultivo na safra das águas como na safra de inverno.

REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. M. Gonçalves & G. Sparovek.** 2013. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22:711-728.
- Banzatto, D.A. & S. Kronka.** 2006. Experimentação agrícola. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 237p.
- Carbonell, S.A.M., C.R.L. Carvalho & V.R. Pereira.** 2003. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. *Bragantia*, 62:369-379.
- Castoldi, F. L.** 1991. Análises das interpretações entre rendimentos e diversas características agrônômicas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). 1991. 73p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento.** 2018. Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Décimo Levantamento, v.5, n.10. Julho. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf> Acesso em 10 set. 2018.
- Costa, J. C. G. & M. J. O. Zimmermann.** 1988. Melhoramento genético. In: Zimmermann, M. J. O., M. Rocha, T. Yamada. (Ed.). A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós. 1988. p.229-245.
- Cunha, P. C. R., P. M. Silveira, P. A. Ximenes, R. F. Souza, J. A. Junior & J. L. Nascimento.** 2011. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41:80-86.
- Durigan, J.F.** 1979. Influência do tempo e das condições de estocagem sobre as propriedades químicas, físico-mecânicas e nutricionais do feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.). 81 f. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas.
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.** 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3 ed. Brasília, 353 p.
- Fageria, N. K. F., A. B. Santos & L. F. Stone.** 2008. Índices adequados de pH e de saturação por bases na produtividade do feijoeiro em solo de cerrado no Sistema Plantio Direto. *Embrapa Arroz e Feijão*.
- Farinelli, R. & L. B. Lemos.** 2010. Qualidade nutricional e tecnológica de genótipos de feijão cultivados em diferentes safras agrícolas. *Bragantia*, 69:759-764.
- Fernández, F., P. Gepts & M. López.** 1985. Etapas de desarrollo en la planta del frijol. In: López, M., F. Fernández & A. V. Schoonhoven. *Frijol: investigación y producción*. Cali: CIAT, p.61-78.
- Ferreira, D. F.** 2014. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38:109-112.
- Fischer Filho, J. A., J. L. Zocoler, N. M. Poloni & E. Furlani Júnior.** 2014. Evapotranspiração e disponibilidade hídrica em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) sob estresse hídrico. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 8:366-374.
- Fornasieri Filho, D., M. A. Xavier, L. B. Lemos & R. Farinelli.** 2007. Resposta de cultivares de feijoeiro comum à adubação nitrogenada em sistema de plantio direto. *Científica*, 35:115-121.
- Perina, E. F., C. R. L. Carvalho, A. F. Chiorato, R. L. T. Lopes, J. G. R. Gonçalves & S. A. M. Carbonell.** 2014. Technological quality of common bean grains obtained in different growing seasons. *Bragantia*, 73:14-22.
- Proctor, J. R. & B. M. Watts.** 1987. Development of a modified Mattson Bean Cooker procedure based on sensory panel cookability evaluation. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 20:9-14.
- Ramos Júnior, E. U., L. B. Lemos & T. R. B. Silva.** 2005. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. *Bragantia*, 64:75-82.
- Ribeiro, N. D., N. L. Poersch & S. S. Rosa.** 2008. Períodos de semeadura e condições de armazenamento na qualidade de cozimento de grãos de feijão. *Ciência Rural*, 38:936-941.
- Richetti, A. & M. A. Ito.** 2015. Viabilidade econômica da cultura do feijão-comum, safra da seca 2015, em Mato Grosso do Sul. *Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.
- Santos, C. M., M. A. C. Carvalho, M. Rodrigues, N. N. Filho & E. D. R. Mendes.** 2013. Comportamento de genótipos de feijão na época “das águas” no norte de Mato Grosso. *Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta-MT*, 11:17-26.
- Simidu, H.M., M. E. Sá, L. C. D. Souza, F. L. Abrantes, F., M. P. Silva, M. & O. Arf.** 2010. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32:309-315.
- Soratto, R. P., C. A. C. Crusciol, L. M. Silva & L. B. Lemos.** 2005. Aplicação tardia de nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto. *Bragantia*, 64:211-218.
- Soratto, R. P., M. A. C. Carvalho & O. Arf.** 2006. Nitrogênio em cobertura no feijoeiro cultivado em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:259-265.
- Torres, J. L. R., M. J. Santana, A. Pizolato Neto, M. G. Pereira & D. M. S. Pereira.** 2013. Produtividade de feijão sobre lâminas de irrigação e coberturas de solo. *Bioscience Journal*, 29:833-841.
- Zimmermann, M. J. O., J. E. S. Carneiro, M. J. Del Peloso, J. G. C. Costa, C. A. Rava, A. Sartorato & P. A. A. Pereira.** 1996. Melhoramento genético e cultivares. In: Araújo, R. S. C. A. Rava, L. F. Stone & M. J. O. Zimmermann. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, p. 223-273.

Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de la pella y el rendimiento en dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea var. Italica* Plenck) en el Valle de Lerma (Salta)

Lozano, Lelia^{1,3}; Andrés Tálamo²; Ana Laura Artinian¹

¹Escuela de Agronomía, Cátedra de Horticultura, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina; ²Instituto de Bio y Geociencias, Universidad Nacional de Salta-CONICET (IBEGEO), Salta, Argentina; ³llozano@unsa.edu.ar

Lozano, Lelia; Andrés Tálamo; Ana Laura Artinian (2019) Efecto de la distancia de plantación sobre la calidad de la pella y el rendimiento en dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea var. Italica* Plenck) en el Valle de Lerma, Salta. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 277-283. <https://doi.org/10.24215/16699513e027>

El brócoli es una hortaliza cuya producción y consumo deberían incentivarse por sus propiedades funcionales. Existen híbridos en Salta, y si bien para algunos se conocen aspectos de su calidad y rendimiento, no existe información sobre los efectos de distintos manejos culturales, tales como la distancia de plantación. El objetivo del trabajo fue evaluar si la distancia de plantación (15 y 30 cm) afecta la calidad de la cabeza y el rendimiento de los híbridos Formoso y Legacy. Éstos fueron sembrados el 14 de abril de 2016 en bandejas y trasplantados el 18 de mayo de 2016 en un diseño de parcelas divididas, registrándose distintas variables relacionadas con el crecimiento, calidad de las cabezas y rendimiento. El tiempo transcurrido hasta la formación de pella fue menor para Formoso (siendo más precoz que Legacy) y resultó independiente de la distancia de siembra. El número de floretes/pella no dependió de los híbridos ni de las distancias. La altura a pella fue mayor a 15 cm de distancia de trasplante solo para Formoso. El peso de las cabezas cosechadas fue mayor cuando se trasplantó a 30 cm, independientemente del híbrido. Finalmente, no se detectaron diferencias en rendimiento a las distancias comparadas. Debido a que una plantación a 15 cm insume más recursos y esfuerzos, y teniendo en cuenta que no mostró ser conveniente en cuanto al rendimiento, se recomienda plantar ambas variedades a 30 cm para maximizar el peso de las cabezas y satisfacer el deseo de los consumidores.

Palabras clave: brécol, propiedades funcionales, espacio de plantación, inflorescencia, productividad

Lozano, Lelia; Andrés Tálamo; Ana Laura Artinian (2019) Effect of plantation distance on of the head and the yield in two hybrids of broccoli (*Brassica oleracea var. Italica* Plenck) in the Lerma Valley, Salta. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 277-283. <https://doi.org/10.24215/16699513e027>

Broccoli is a vegetable whose production and consumption should be encouraged due to its functional properties. There are hybrids in Salta, and although some aspects of their quality and performance are known, there is no information about the effects of different cultural management, such as the distance of plantation. The objective of this work was to evaluate if the distance of plantation (15 and 30 cm) affects the head quality and the performance of Formoso and Legacy hybrids. These were planted on April 4th, 2016 on trays, and later transplanted, on May 18th, 2016, in a split plot design. Different variables related to growth, head quality and yield were recorded. The time necessary for the formation of pella was less for Formoso (being more precocious than Legacy) and was independent of the distance of transplant. The number of florets/pella did not depend on the hybrids or the plantation distances. The height to pella was greater for Formoso when transplanted 15 cm apart. The weight of the harvested heads was greater when transplanted 30 cm apart, independently of the hybrid. Finally, no differences in yield were detected at the distances compared. Because a 15 cm plantation requires more resources and effort, and considering that this distance did not prove to be convenient in terms of yield, it is recommendable to plant both varieties at a distance of 30 cm so as to maximize the weight of the heads and to satisfy the consumer's desire.

Key words: broccoli, functional properties, plantation space, inflorescence, productivity

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 19/12/2018

Aceptado: 21/10/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

El brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica*) pertenece a la familia Brassicaceae, la cual incluye a los repollos, coliflores, repollitos de Bruselas, col rábanos, entre otros. Los brócolis son ricos en proteínas, minerales (Ca, P, Fe), compuestos azufrados y vitaminas tales como la provitamina A (β caroteno), vitamina C (ácido ascórbico) y vitamina E (tocoferol), con propiedades antioxidantes las que reducen el riesgo de enfermedades crónicas (cáncer, enfermedades cardio y cerebro vasculares, enfermedades neurológicas y oculares) (Rozpadek et al.,2015;Dominguez-Perless et al., 2012; Bhandari & Kwak, 2014; Campas-Baypoli et al., 2009; Teixeira dos Santos, 2006, Arteaga Naranjo,2011). Las inflorescencias y los brotes de brócoli, son la principal fuente dietética de glucorafanina, ampliamente estudiada por sus beneficios para diferentes cuadros patológicos. Recientemente, la Agencia Federal del Medicamento en EEUU (US FDA), ha aprobado la seguridad de su uso, por lo que su inclusión en formulaciones de alimentos y nuevos productos funcionales va a ir en aumento en los próximos años. (López-Chillón et al., 2016). A pesar de sus beneficios, no es una hortaliza muy difundida en el noroeste argentino, aunque su consumo en Argentina y a nivel mundial está en crecimiento.

El área cosechada en hectáreas y la producción mundial en toneladas de brócolis y coliflores aumentó desde el año 1994 al 2014, observándose en este último año un área cosechada de 1382463 ha, una producción de 24175040 t y un rendimiento promedio mundial de 17800 kg ha⁻¹. En este periodo, Asia participó con un 74,9 % en la producción mundial, seguida por Europa 13,1%, América (9,5%), África (1,6%) y Oceanía (0,8%). En Asia se destacan China e India; en Europa España, Italia y Francia y en América Estados Unidos y México (FAO, 2014).

En Argentina, el cultivo del brócoli presenta un desarrollo económico creciente; tal es así, que en la década de los '80 se consumían 0,5 kg/habitante/año, pero durante el periodo 1990 a 1995 los volúmenes ingresados al Mercado Central de Buenos Aires habían crecido un 265%(lo cual implica un aumento de la demanda y por lo tanto del consumo), los cuales representaron 2285,4 t llegando para el periodo 2004 a 2005 con 15155 t distribuidas en 1084 ha considerando

la provincia de Bs.As. (Censo Agrícola 2005). La zona del conurbano bonaerense es donde se concentra el 60 % de la producción, seguida por Santa Fe y Córdoba con una participación aproximada de 15% cada una (Aprea, 2008). En la región Sudeste de Buenos Aires se estimó una superficie de 180 ha de brócoli, con un rendimiento de 10000 kg ha⁻¹ para el año 2015 y una importación de esta especie en fresco de 51 t para el año 2016 (Castro, 2017). En el año 2016, se importaron 863 kg de semilla de brócoli de Chile y Japón, habiendo bajado drásticamente la exportación de semillas de esta especie desde el año 2014 por el tipo de cambio desfavorable y la inseguridad jurídica (UCAR, 2017). M. Peralta, 2016, com. pers., reporta los volúmenes de brócoli ingresados al Mercado Central de Buenos Aires en el periodo 2001 a 2016 observándose un aumento de la oferta desde el año 2013 (Figura 1).Se comercializa en el mercado, fresco y en bandejas como pella cortada (cuarta gama) y comienza a exportarse congelado En Salta, se cultivan a campo 11,8 ha con una producción de 141,6 t en los municipios de Capital, Cerrillos, Gral. Güemes y la Caldera (Dimeagro, 2016). Como en todo el mundo, la difusión en los medios locales de las cualidades nutritivas y de las propiedades anticancerígenas del brócoli ha servido de disparador para atraer un segmento de consumidores que manifiestan una preocupación creciente por la salud. Se prevé que el consumo de las Brassicas se incrementará en países emergentes en rápido desarrollo como China, que ha tenido un incremento en el consumo per cápita superior a 300 kg, muy por encima del promedio mundial de 105 kg. Se supone que el repollo es una parte significativa de esta cantidad.

En el cultivo del brócoli el material vegetal juega un papel primordial existiendo una amplia oferta de híbridos catalogados por diferentes empresas productoras de semilla. Una correcta elección de las cultivares permite diseñar calendarios de producción, que pueden dar lugar a recolecciones durante todo el año (Maroto & Baixauli Soria, 2017). Los híbridos se caracterizan tanto por su gran uniformidad morfológica como en la duración de sus diferentes etapas de su desarrollo. Se busca producir pellas o panes compactos, de buen tamaño, de color adecuado a las exigencias del mercado, tolerante a enfermedades, plagas y desórdenes fisiológicos, así como también su respuesta al calor y la sequía.

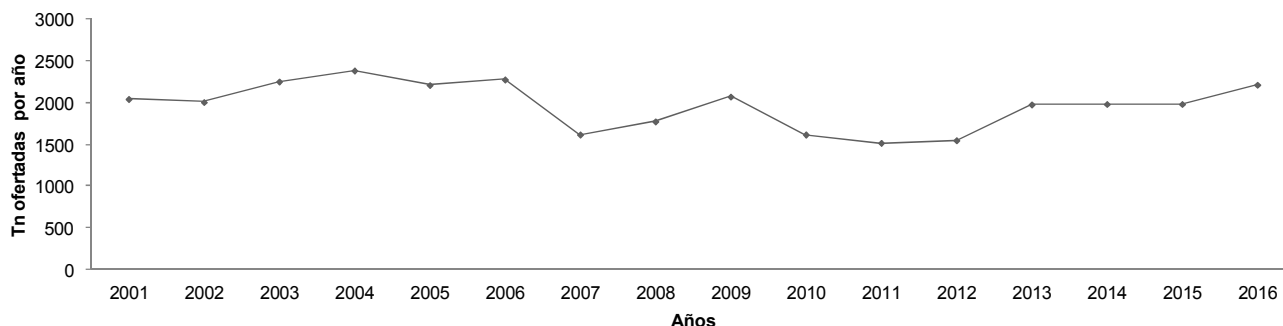


Figura 1. Toneladas de brócoli ofertadas en el Mercado Central de Buenos Aires desde 2001 a 2016 (Fuente: elaboración propia con datos aportados por Ing. M. Peralta).

Algunos trabajos se refieren al comportamiento de variedades de brócoli como respuesta a la variación de las distancias de plantación o trasplante (Checa et al., 2012; Fraire Cordero et al., 2010; Limachi Choque, 2011; Dev, 2012; Perez Olvera et al., 2014; Mamaní Rojas, 2014; Maroto & Baixauli Soria, 2017) y otros a diferentes manejos culturales relacionados al espaciamiento de las plantas y su incidencia sobre el rendimiento y calidad de la pella de esta especie (Farnham & Björkman, 2011; Ngullie & Biswas, 2014; Kumar et al.; 2017 Gonzalez García, J. et al., 2016, Lozano et al., 2017) la fertilización (Puenayan et al., 2010), la producción bajo cubierta (Thapa et al., 2013; Casasierra-Posada & Rojas, 2009), el manejo de los almácigos o semilleros (Paniagua-Pardo et al., 2015; Rizzardí & Bouzo, 2014), la producción estival del brécol y su comportamiento ecológico (Farnham & Björkman, 2011; Rosero-Bustos, 2015; Vega, 2010; Grabowska et al., 2014).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar si la distancia de plantación (15 y 30 cm) afecta la calidad de la cabeza y el rendimiento de dos híbridos de brócoli [Formoso (Alliance) y Legacy (Seminis)] en las condiciones agroclimáticas del Valle de Lerma (Salta).

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizó en una parcela del campo experimental de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta (24° 45' S; 65° 29' O) ubicada en el Valle de Lerma, Provincia de Salta. El lugar del emplazamiento de este ensayo está caracterizado por una temperatura máxima media de 27,0 ° C durante los meses de diciembre y enero, en tanto que las temperaturas medias mínimas varían entre 3,8 y 2,9 ° C en los meses de junio y julio. La fecha media de primera helada es el 5 de junio y la de última helada es el 28 de agosto, registrándose como fecha extrema de última helada el 24 de septiembre.

Las lluvias se concentran en verano con una precipitación media anual de 815,1 mm entre los meses de noviembre a marzo (Arias & Bianchi, 1996). Durante el período del ensayo (14 de abril de 2016 al 8 de septiembre de 2016) la temperatura media promedio fue de 12,9 ° C (se registraron heladas los días 26 de abril y 22 de junio) y la precipitación media entre los meses de abril a setiembre fue de 32,76 mm (Figuras 2 y 3). El suelo de esta zona corresponde a la Serie Mojotoro y se caracteriza por tener un incipiente desarrollo con perfil A y C, de textura media en superficie y gruesa en profundidad con abundantes gravas finas, medias y gruesas, con matriz franco arenosa, poco profundo, excesivamente drenado, pH neutro, contenido medio de materia orgánica, moderada capacidad de intercambio catiónico, alto porcentaje de saturación de bases y pendientes medias (1 a 2 %) (Nadir & Chafatinos, 1990).

Descripción de la especie

El brócoli es una planta anual, de hábito de crecimiento erecto, con una altura entre 60 a 90 cm que termina en una masa densa y compacta de yemas florales denominada pella o cabeza que es la parte comestible de la planta. Su color es verde grisáceo o morado y puede alcanzar 20 a 35 cm de diámetro de acuerdo a la cultivar. Luego de unos pocos días el pan verde pierde compacidad ya que las yemas florales se separan y se inicia la aparición de las puntas amarillas de los pétalos con lo que deja de tener valor comercial (Jaramillo & Díaz, 2006).

Diseño del estudio y análisis de datos

Se trabajó con un Diseño Completamente Aleatorio con Parcelas Divididas, donde cada nivel del factor principal (Híbridos: Legacy y Formoso) fue asignado aleatoriamente a la parcela mayor (un surco, cubriendo 4,2 m²). Luego, el surco fue dividido en 2 subparcelas (medio surco, abarcando 2,1 m²), a las cuales fueron asignadas al azar las dos distancias de plantación (15 cm y 30 cm).

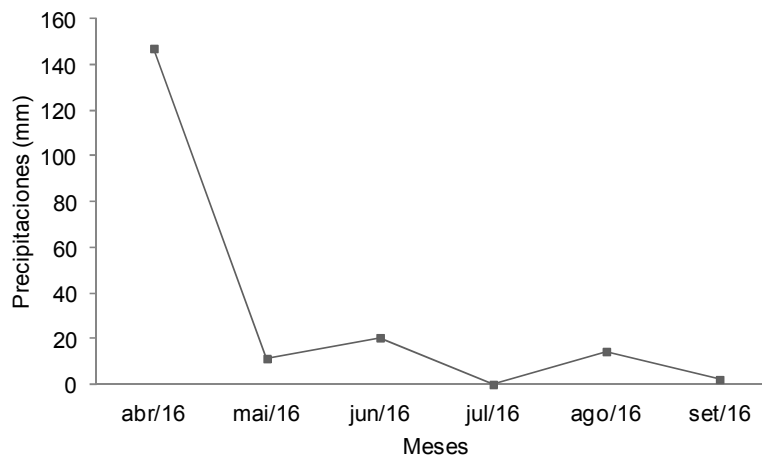


Figura 2. Precipitaciones registradas en el valle de Lerma, año 2016. Fuente: Elaboración propia en base a Clima en Salta, 2016.

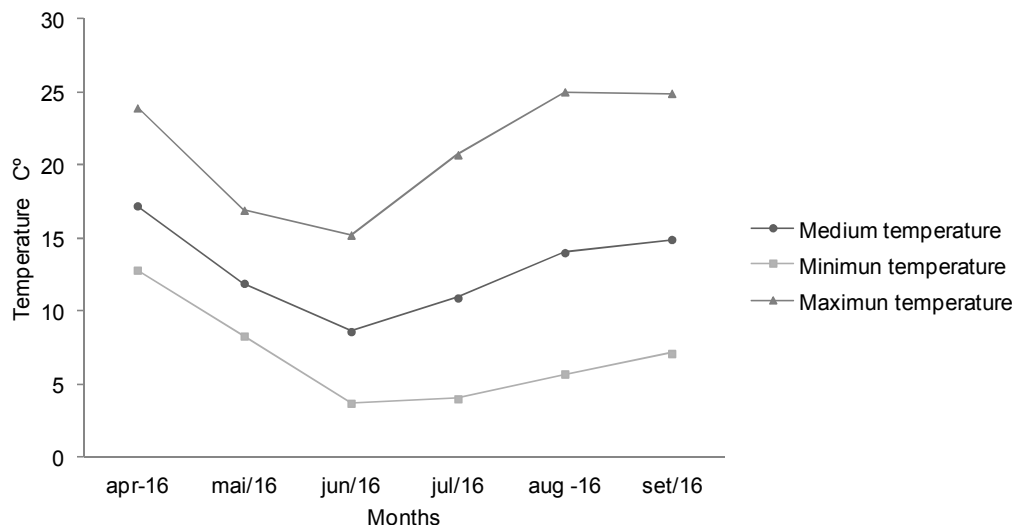


Figura 3. Temperaturas registradas en el valle de Lerma, año 2016. Fuente: Elaboración propia en base a Clima en Salta, 2016.

Cada nivel del factor Híbrido estuvo replicado en 3 parcelas mayores (surcos) y cada nivel del factor Distancia estuvo replicado en 6 sub-parcelas (medio surco). Las variables analizadas fueron: número de días a formación de pella, altura de pella, peso y diámetro de la pella al momento de cosecha, número de floretes por pella y rendimiento (kg/ha). El 14/04/2016, los híbridos fueron sembrados en bandejas y trasplantados a las distancias mencionadas en las unidades experimentales el 18/05/2016. El manejo del cultivo consistió en riegos semanales, carpidas, fertilizaciones con Triple Quince y control de pulgones con un Piretroide. Las pellas se cosecharon desde el 08/08/2016 hasta el 08/09/2016 siendo el criterio de cosecha que el diámetro de la pella fuera de 15 cm. El análisis de los datos se realizó con un ANOVA factorial, con interacción, siguiendo la estructura jerárquica del experimento en parcelas divididas. El nivel de significación fijado fue del 5% y los análisis se realizaron con el programa libre R (R Core Team 2018).

RESULTADOS

El número de días a formación de pella varió entre los híbridos independientemente de las densidades de plantación ($F_{1,4}=15,15$; $p=0,02$). El híbrido Legacy requirió mayor número de días (68) que Formoso (58) para la formación de la pella (Figura 4A), significando una mayor precocidad reproductiva del híbrido Formoso. La altura de inserción de las pellas manifestó diferencias entre híbridos ($F_{1,4}=58,32$; $p=0,002$) y entre distancias de siembra ($F_{1,4}=8,89$; $p=0,04$) y además hubo interacción entre ambos factores ($F_{1,4}=7,01$; $p=0,025$), lo que indica que el efecto de la densidad de plantación dependió del híbrido considerado. En este caso, para el híbrido Legacy no se observaron diferencias al trasplantar a 15 o 30 cm, pero para Formoso el trasplante a 15 cm implicó una mayor altura

de pella (15 cm=9,62 cm; 30 cm= 8,1 cm) (Figura 4B). Para la variable número de floretes por pella no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre híbridos ($F_{1,4}=0,22$; $p=0,66$), entre distancias de trasplante ($F_{1,4}=2,07$; $p=0,22$) ni hubo interacción entre estos factores ($F_{1,4}=1,61$; $p=0,27$) (Figura 4C). El peso de las pellas cosechadas varió significativamente en función de las distancias de plantación ($F_{1,4}=5,7$; $p=0,02$) con un peso mayor para un trasplante a 30 cm. No hubo diferencia entre híbridos ($F_{1,4}=0,30$; $p=0,61$) ni interacción entre factores ($F_{1,4}=1,48$; $p=0,29$) (Figura 4D). En cuanto al diámetro de la pella no se observaron diferencias entre híbridos ($F_{1,4}=0,92$; $p=0,39$), entre distancias de siembra ($F_{1,4}=0,15$; $p=0,72$), ni hubo interacción ($F_{1,4}=0,79$; $p=0,42$) (Figura 4E). El rendimiento no se vio afectado ni por los híbridos ($F_{1,4}=0,06$; $p=0,82$), ni por las distancias de plantación ($F_{1,4}=1,43$; $p=0,30$), y tampoco existió interacción entre ambos factores ($F_{1,4}=0,16$; $p=0,71$) (Figura 4F).

DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en nuestro trabajo los días a formación de pella dependen de la variedad y no de la distancia de plantación, en coincidencia con las conclusiones de Dev (2012) y de Lozano et al. (2017), reforzando la idea de la precocidad del híbrido Formoso. El número de floretes por pella no fue afectado por tratamientos propuestos y coincide con los resultados obtenidos por Fraire Cordero et al. (2010) en 2005. Sin embargo al año siguiente el híbrido Avenger, presentó un mayor número de floretes, fenómeno que fue atribuido a una mayor precipitación durante ese año ya que según este autor la luz, la temperatura y las precipitaciones juegan un papel importante en el crecimiento y rendimiento del brócoli.

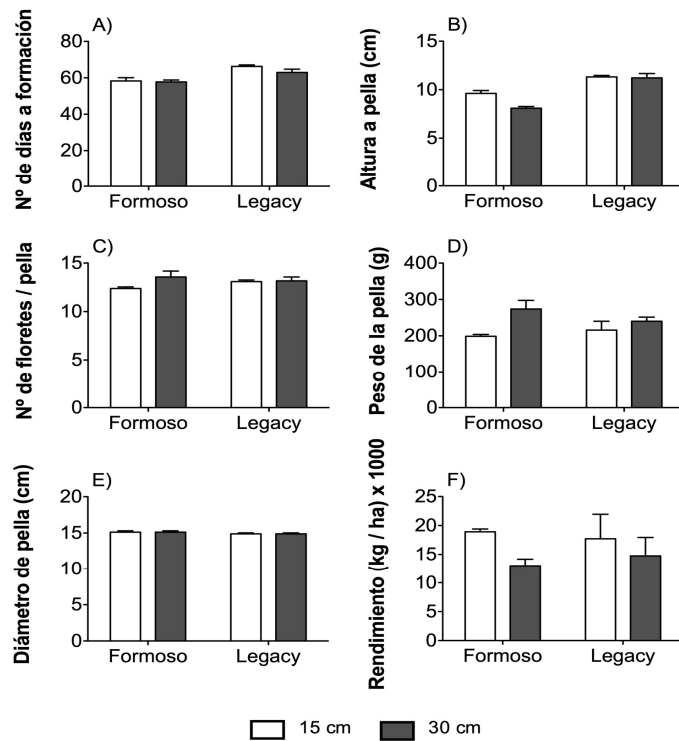


Figura 4. Comportamiento de dos híbridos de brócoli a dos distancias de plantación A) Número de días hasta la formación de la pella .B) Altura de inserción de la pella (cm) C) Número de floretes por pella D) Peso de la pella (g) E) Diámetro de la pella (cm) y F) Rendimiento (kg / ha⁻¹). Se muestran valores promedios +1 EE.

Una menor distancia de trasplante, que implica una mayor densidad de plantas, puede causar una mayor competencia por espacio, recursos y luz, repercutiendo negativamente en algunas variables relacionadas con el crecimiento de la planta (Gliessman 2002). En nuestro estudio, una mayor distancia de trasplante (una menor densidad) provocó un aumento del peso de las pellas cosechadas (30 cm: 257,0 g ± 34,3 g; 15 cm: 207,3 g ± 28.8 g), coincidiendo con los resultados obtenidos por Dev (2012). Sin embargo, una menor distancia de trasplante no modificó los diámetros promedios de las pellas cosechadas, a diferencia de lo encontrado en otros ensayos realizados en México (Fraire Cordero et al. 2010) y en Bolivia (Limachi Choque 2011). En estos trabajos, el menor diámetro encontrado a una mayor densidad de plantas fue explicado por el efecto negativo de la competencia intraespecífica.

En nuestro país, las Normas de Tipificación (1983) no hacen mención al diámetro de la inflorescencia ni a su peso, pero la presentación de los brócolis para su comercialización se establece en manojos chicos (hasta 0,5 kg, medianos (0,5 - 2 kg) y grandes (más de 2 kg) lo cual está relacionado con el diámetro y el peso individual de la cabeza o pella, y manifiestan la importancia de estos atributos a la hora de la comercialización. Al respecto, ambos híbridos evaluados, presentaron cabezas de escaso tamaño al momento de la cosecha presentando buena compacidad, característica que define la calidad del órgano de consumo (pella).

En nuestro trabajo los rendimientos obtenidos por unidad de área no fueron afectados por los tratamientos, observándose una tendencia a un menor rendimiento al aumentar la distancia entre plantas, no significativa estadísticamente. Al respecto, la mayoría de los autores coincide con que la alta densidad de plantación en este cultivo se ha relacionado con una reducción del tamaño y peso de la pella y con el aumento del rendimiento por unidad de área (Fraire Cordero et al., 2010; Limachi Choque, 2011; Dev, 2012; Perez Olvera et al., 2014; Mamaní Rojas, 2014; Maroto & Baixauli Soria, 2017).

CONCLUSIONES

Sugerimos para el Valle de Lerma, recurrir al híbrido Formoso por ser más precoz y realizar el trasplante a 30 cm entre plantas lo que asegura un mayor peso de la pella por cuanto en Salta el brócoli se vende en manojos en ferias y mercados y a mayor peso menor número de estas plantas por unidad de venta.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al CIUNSA., fuente de financiación. Al Magíster Lic. Gustavo Zaplana por sus sugerencias en la traducción al inglés.

BIBLIOGRAFÍA

- Aprea, A. M.** 2008. Cultivo de las Crucíferas: Brócoli y Coliflor. Boletín Hortícola 39:29-32.
- Arias, M. & A.R. Bianchi.** 1996. Estadísticas climatológicas de la provincia de Salta. INTA EE Salta y Gobierno de la Provincia de Salta. 189 pag.
- Arteaga Naranjo, M.** 2011. Aclimatación de 12 híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) en el Cantón Riobamba Provincia de Chimborazo. Tesis presentada para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica Riobamba, Ecuador.
- Bhandari, S.R. & J.H. Kwak.** 2014. Seasonal variation in phytochemicals and antioxidant activities in different tissues in various Broccoli cultivars. African Journal of Biotechnology 4:604-615.
- Campas-Baypoli, O., C. Bueno Solano & D. Martinez Ibarra.** 2009. Contenido de sulforafano (1-isotiocianato- 4- (metilsulfenil)-butano) en vegetales crucíferos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición México 59:95-100.
- Casasierra-Posada, F. & B. J. Rojas.** 2009. Efecto de la exposición del semillero a coberturas de colores sobre el desarrollo y productividad del brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*). Agronomía Colombiana 27: 49-55.
- Castro, A.** 2017. Curso de Horticultura y Floricultura 2017. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de la Plata. 27p.
- Censo Agrícola.** 2005. Recuperado el 04/06/2016 de www.indec.com.ar
- Checa, O.E., H.S. Ortega & V.A. Mora.** 2012. Comportamiento agronómico de genotipos mejorados de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) según distancia de siembra. Revista de Ciencias Agrícolas 29:113-122.
- Clima en Salta.** 2016. www.tutiempo.net/clima/Salta_Aerodrome Recuperado entre abril a setiembre de 2016.
- Dev, H.** 2012 Standardization of planning time and spacing in brócoli cv Green Head for lower hills of Northern India. International Journal of Farm Sciences 2:36-42.
- Dirección de Mercados Agrícolas (DIMEAGRO)** recuperada el 31/01/2016 de www.minagri.gob.ar/dimeagro/index.php
- Dominguez-Perless, R., N. Baenas, C. García Viguera, M. Carvajal & D.A. Moreno,** 2012. Alimentación y sostenibilidad: Aprovechamiento de los subproductos del brócoli para uso industrial. CEBAS-SCIS. Murcia.
- FAO.** 2014. Producción de productos alimentarios y agrícolas www.fao.org
- Farnham, M. W. & T. Björkman.** 2011. Evaluation of Experimental Broccoli Hybrids Developed for Summer production in the Eastern United States. HortScience 46: 858-863.
- Fraire Cordero, M., D. Nieto Angel, E. Cárdenas Soriano, G. Gutierrez Alonso, R. Bujanos Muñiz & H. Vaquera Huerta.** 2010. Efecto de variedades y densidad de plantación en la calidad física del florete de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) Revista Fitotécnica Mexicana 2: 141-147.
- Gliessman, S. R.** 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, CR. CATIE. 359 pag.
- González García, J., C. Daza Delgado & M.C. Ayuso Yuste.** 2016 Evaluación Agronómica y ciclos de producción de cultivares de brócoli en Extremadura. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX). Gobierno de Extremadura. 22 pag.
- Grabowska, A., E. Kunicki, R. Kaliszi, M. Wojciechowska, M. Leja & A. Sekara.** 2014. Chilling stress applied to broccoli transplants of different age affects yield of the plants cultivated in summer. Horticultural Science (Prague) 41: 71-79
- Jaramillo, J. & C. Díaz.** 2006. El cultivo de las Crucíferas. Brócoli, Coliflor, Repollo, Col China. Manual técnico 20. CORPOICA. Colombia. 176 pag.
- Kumar, P., M.L. Bhardwaj, D. Kumar, R. Kumar, D. Tripathi, K.S. Thakur, N. Bharat, N. Gautam, S. Kumjar & B. Dogra.** 2017. Comparative performance of organic and inorganic fertilizers on plant growth, head yield, soil health and severity of black rot in sprouting brócoli cv Green Head, International Journal of Farm Sciences 1:69-76.
- Limachi Choque, F.** 2011. Evaluación de dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) bajo tres densidades de plantación en sustrato sólido (hidropónico) en ambiente atemperado en el municipio de El Alto. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz- Bolivia.
- López Chillón, M., D. Vilaño, C. García Viguera & D. Moreno.** 2016. Brócoli: alimento natural con grandes beneficios en salud. CEBAS-SCIS. Dpto. Ciencias de la Salud. Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM).
- Lozano, L., A. Tálamo, A.L. Artinian, J. Fernández, & C. Arroyo.** 2017 Evaluación de dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*). Valle de Lerma, Salta, Argentina. Horticultura Argentina. 36 (90): 37-48.
- Mamani Rojas, V.** 2014. Evaluación de tres densidades de siembra en dos variedades de brócoli (*Brassica oleracea*) en ambiente atemperado en el centro Experimental de Cota. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz- Bolivia.
- Maroto, J.V. & C. Baixauli Soria.** 2017. Cultivos Hortícolas al Aire Libre. Serie Agricultura 13. Editorial Cajamar Caja Rural. España. 786 pag.
- Nadir, A. & T. Chafatinos.** 1990. Los suelos del N.O.A. Tomo 2. Salta. Argentina.
- NGullie, R. & P. Biswas.** 2014. Performance of different varieties of broccoli under rainfed mid-hill conditions of Mokokchung district of Nagaland. International Journal of Farm Sciences 2:76-79.
- Paniagua-Pardo, G., C. Hernández-Aguilar, F. Rico-Martinez, F. Domínguez-Pacheco, E. Martínez-Ortiz, & C. Martínez-Gonzalez.** 2015. Efecto de la luz LED de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*). Polibotánica 40:199-212 México.
- Pérez-Olivera, M.A., R. García-Mateos, M. Pérez Grajales & H. Navarro-Garza.** 2014. Sistema de producción y parámetros de calidad agronómica de

brócoli en Mixquic, D. F. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5:1459-1468.

Puenayan, A., F. Córdoba & A. Unigarro. 2010. Respuesta del brócoli *Brassica oleracea* var. *Italica*. Híbrido Legacy a la fertilización con N-P-K en el municipio de Pasto, Nariño. Revista de Agronomía 27:49-57.

R Core Team 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rizzardi, M.V. & C.A. Bouzo. 2014. Efecto de sustratos y volumen de celdas sobre el desarrollo inicial de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*). Horticultura Argentina 33:12-18.

Rosero-Bustos, A.M. 2015. "Evaluación de la adaptabilidad de cuatro variedades de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) en el Centro Experimental San Francisco Cantón Huaca – Carchi - Ecuador" Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario. Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales. Universidad Estatal del Carchi. Ecuador. 73 pag.

Rozpadek, P., M. Nosek, I. Slesak, E. Kunicki, M. Dziurka & Z. Miszalsk. 2015. Ozone fumigation

increases the abundance of nutrients in *Brassica* vegetables: broccoli (*Brassica oleracea* var. *italic*) and Chinese cabbage (*Brassica pekinensis*) European Food Research and Technology 240: 459-462.

Secretaría De Agricultura y Ganadería. 1983. Normas de Tipificación, empaque y fiscalización de las hortalizas frescas con destino a los mercados de interés nacional. Resolución 297/83 <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/95000->

Teixeira Dos Santos, M.A. 2006. Effect of boiling on contents of antinutritional factors in leaves of broccoli, cauliflower and cabbage Ciencia e Agrotecnología, Lavras 25: 601-604.

Thapa, U., R. Rai, I. Lyngdoh, S. Chattopadhyay & P. Prasad. 2013. Assessment of producing quality sprouting broccoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) under cover and open condition. African Journal of Agricultural Research 8: 1315-1318.

Ucar (Unidad Para El Cambio Rural). 2017. Cluster de semillas hortícolas de San Juan. 99 pag.

Vega, C. 2010. Evaluaciones Ecológicas de dos híbridos de brócoli (*Brassica oleracea*) en el municipio de Sibaté, Cundinamarca. Inventum 8:32-37

Sustentabilidad de agroecosistemas de maíz de la planicie costera del Istmo, Oaxaca, México

Rasgado Cabrera, Víctor Ernesto^{1,3}; Ernesto Castañeda Hidalgo²; Salvador Lozano Trejo²; María Isabel Pérez León²; Gisela Margarita Santiago Martínez²

¹MCPA Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), México; ²DEPI-ITVO. Ex-Hacienda de Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México; ³agrovic.vr@gmail.com

Rasgado Cabrera, Víctor Ernesto; Ernesto Castañeda Hidalgo; Salvador Lozano Trejo; María Isabel Pérez León; Gisela Margarita Santiago Martínez (2019) Sustentabilidad de agroecosistemas de maíz de la planicie costera del Istmo, Oaxaca, México. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 285-296. <https://doi.org/10.24215/16699513e028>

Los agroecosistemas tradicionales poseen diferentes características productivas, económicas, culturales y sociales; que provocan variabilidad del estado de sustentabilidad de cada uno de ellos. El objetivo fue evaluar niveles de sustentabilidad de los principales agroecosistemas de maíz en la planicie costera del Istmo de Tehuantepec; para diseñar futuras acciones de mejora. El estudio se realizó en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México en 2017. Se utilizó la metodología del MESMIS. Las técnicas de investigación fueron el cuestionario, recorridos de campo y diálogo con productores. Se diferenciaron tres agroecosistemas acorde al manejo y características propias. Se evaluaron 18 indicadores distribuidos en los atributos: productividad, confiabilidad, estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autogestión; que a su vez son trasversales a las dimensiones ambiental, social y económica. Al integrar los resultados por atributos, sobresale el AE1 con un avance alto a la sustentabilidad (70%), por mayor producción anual, eficiencia económica y más agricultores organizados. El AE2 alcanza un nivel bajo (47%) debido al reducido ingreso mensual, actividades económicas limitadas, reducida superficie cultivable y nula capacitación y organización. El AE3 logra un nivel bajo (56%), alcanzado por una baja diversidad de actividades económicas y mayor número de agricultores que reciben asesoría técnica. Al evaluar las dimensiones de la sustentabilidad, el AE1 y AE3 sobresalen con valores medios de avance hacia la sustentabilidad (74 y 63%) y el AE2 muestra debilidad (53%). Para mejorar estos niveles, se requieren diseñar y promover programas de desarrollo agrícola mediante procesos participativos que contemplen la innovación tecnológica con enfoque agroecológico.

Palabras clave: adaptabilidad, agricultura campesina, MESMIS, productividad, resiliencia

Rasgado Cabrera, Víctor Ernesto; Ernesto Castañeda Hidalgo; Salvador Lozano Trejo; María Isabel Pérez León; Gisela Margarita Santiago Martínez (2019) Maize agroecosystems sustainability in the coastal plain of Istmo, Oaxaca, Mexico. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 285-296. <https://doi.org/10.24215/16699513e028>

Traditional agroecosystems have different productive, economic, cultural and social characteristics; that cause variability of the sustainability status of each one of them. The objective was to evaluate sustainability levels of the main maize agroecosystems in the coastal plain of the Isthmus of Tehuantepec; to design future improvement actions. The study was carried out in the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico in 2017. The MESMIS methodology was used. The research techniques were the questionnaire, field trips and dialogue with producers. Three agroecosystems were differentiated according to their own management and characteristics. 18 indicators distributed in the attributes were evaluated: productivity, reliability, stability, resilience, adaptability, equity and self-management; which in turn are transverse to the environmental, social and economic dimensions. By integrating the results by attributes, AE1 stands out with a high advance to sustainability (70%), due to higher annual production, economic efficiency and more organized farmers. AE2 reaches a low level (47%) due to reduced monthly income, limited economic activities, reduced arable land and no training and organization. AE3 achieves a low level (56%), achieved by a low diversity of economic activities and a greater number of farmers who receive technical assistance. When evaluating the dimensions of sustainability, AE1 and AE3 stand out with medium values of progress towards sustainability (74 and 63%) and AE2 shows debility (53%). To improve these levels, it is necessary to design and promote agricultural development programs through participatory processes that contemplate technological innovation with an agroecological approach.

Keywords: adaptability, peasant agriculture, MESMIS, productivity, resilience

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 14/03/2019

Aceptado: 13/09/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

Desde el planteamiento del desarrollo sustentable en el Informe Brundtland en 1987, el concepto de sustentabilidad adquirió un papel relevante en las ciencias ambientales y cobró interés en las agencias nacionales debido a la importancia que representa para la humanidad (Kumar *et al.*, 2009; Gómez *et al.*, 2015). En el informe se puntualizó el concepto del desarrollo sustentable, entendido como aquel que puede satisfacer las necesidades de la generación actual, sin comprometer la capacidad de las generaciones venideras, para también se puedan satisfacer sus propias necesidades (WCED, 1987; Mazabel-Domínguez *et al.*, 2010; Soflaei *et al.*, 2016). Es decir, sin comprometer los sistemas de soporte vital del planeta y el bienestar de las generaciones futuras. Bajo este principio, el sector agrícola debe satisfacer las necesidades alimentarias de la población y simultáneamente, preservar los sistemas naturales que sustentan la vida (Valdez-Velazquez, 2017).

Para satisfacer las necesidades esenciales, el ser humano transforma los ecosistemas de su forma natural, haciéndolos interactuar con factores, principalmente tecnológicos, que los artificializan, lo que afecta las diferentes dimensiones de la sustentabilidad (Zagoya, 2015). Ante esto, Sarandón y Flores (2009) y Flores y Sarandón (2015) plantean la necesidad de un cambio hacia un modelo agrícola sustentable. Es decir, ecológicamente apropiado (ambientalmente sostenible), socialmente más justo y económicamente viable (Sánchez, 2003). En el contexto de la agricultura campesina, la sustentabilidad significa desarrollar y operar sistemas de manejo de los recursos naturales que sean productivos, estables, adaptables, confiables y resilientes, que distribuyan sus costos y beneficios de manera equitativa y generen procesos autogestivos y autónomos entre los beneficiarios (Astier, 2006).

Algunas de las estrategias comúnmente planteadas para mejorar la sustentabilidad de los AE, en especial la productividad y resiliencia se encuentran la diversificación de especies vegetales en el tiempo y espacio, la sustitución de fertilizantes sintéticos por el reciclaje de biomasa y enmiendas orgánicas para mejorar fertilidad del suelo, etc., las cuales inciden de manera positiva en la dimensión ambiental y económica (Altieri y Toledo, 2011; Altieri y Nicholls, 2012, 2013). Asimismo, con el propósito de subsanar ciertas carencias, es preciso diversificar las actividades en la unidad de producción familiar para aprovechar al máximo los bienes y servicios del capital natural (Pretty, 2008; Magdaleno-Hernández *et al.*, 2014).

Para México, el maíz es un cultivo de gran importancia, pues garantiza la seguridad alimentaria de millones de familias rurales (Ortiz *et al.*, 2010). Aproximadamente 92% de la superficie sembrada se localiza en zonas de agricultura de secano, dependientes de las lluvias de primavera y verano (Astier *et al.*, 2003). Estos agroecosistemas (AE) son característicos de la agricultura campesina y han surgido a través de siglos de evolución biológica y cultural, se presume que tienden a ser sostenibles en materia ambiental, social y económica, ya que se aplican los principios agroecológicos. Sin embargo, no se sabe exactamente qué tan lejos o cerca se encuentran del objetivo de la

sustentabilidad y cuáles son las razones de ésta (Astier, 2006). Por ello, los AE tradicionales se consideran escenarios óptimos para evaluar propiedades de sustentabilidad y para obtener criterios sobre el diseño y manejo de AE alternativos (Ruiz y Silva, 2006; Sarandón *et al.*, 2008). Por lo tanto, es necesario analizar si realmente estos AE cumplen con el objetivo de la sustentabilidad, de tal manera que se puedan predecir problemas futuros y se brinden recomendaciones tendientes a su solución (Sarandón *et al.*, 2008).

La medición o evaluación de la sustentabilidad, es una tarea desafiante debido a la complejidad y multidimensión del concepto, por lo que para reflejar el estado general o grado de sustentabilidad de los AE se requiere un abordaje sistémico que integre las distintas dimensiones (Sarandón *et al.*, 2008; y Flores y Sarandón, 2015). En contraste con lo que sucede con los enfoques convencionales que se basan únicamente en la dimensión económica, lo que no basta para evaluar el funcionamiento a largo plazo de los AE campesinos, los cuales son subvaluados cuando se utilizan únicamente criterios monetarios de corto plazo (Masera y López-Ridaura, 2000; Albicette *et al.*, 2009). Por ello, es necesario el uso de enfoques metodológicos interdisciplinarios que empleen métodos prácticos para mostrar y explicar cómo interactúan las dimensiones social, económica y ambiental, que permitan la operación y desarrollo del sistema de producción (Castillo *et al.*, 2012; Valdez-Vazquez *et al.*, 2017).

El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) propuesto por Masera *et al.* (1999), permite operacionalizar el concepto de sustentabilidad de una manera multidimensional (Valdez-Velázquez, 2017). Debido a que no existe un conjunto de indicadores universales que puedan ser utilizados para diagnosticar el estado de un AE, es necesario construir indicadores acorde a la situación en estudio y los objetivos del mismo, que permitan conocer de manera particular sus cualidades (Altieri 1999; Sarandón *et al.*, 2008). Los indicadores son variables que describen el estado de los AE, generalmente a través de datos observados o estimados y advierten sobre la posición del AE en cuestión, en relación con los límites u objetivos de la sustentabilidad propuestos (Astier y González, 2008). Estos indicadores deben mostrar valores claros, objetivos y generales, de carácter cualitativo y cuantitativo para favorecer un abordaje sistémico del tema y comprender perfectamente, sin ambigüedades, el estado de la sustentabilidad del AE; y como consecuencia, tomar decisiones para su mejora (Sarandón, 2002; Flores y Sarandón, 2015).

De acuerdo con Ramírez *et al.* (2015), la estrategia de reproducción social de las familias campesinas de Juchitán, Oaxaca se encuentra vinculada a la producción, comercialización y transformación de productos agrícolas, especialmente el maíz. En ese sentido, es importante el fomento de proyectos productivos orientados al fortalecimiento de la organización social campesina. Es fundamental fomentar el capital social a través del reconocimiento de la identidad cultural, los métodos participativos y las

redes de agricultores para el desarrollo e intercambio de innovaciones en la solución de problemas (Altieri y Nicholls, 2007; 2010). Es importante considerar el uso de variedades locales mejoradas mediante el fitomejoramiento participativo y aumentar la agrobiodiversidad para lograr una mejor adaptación a las condiciones cambiantes del ambiente y exigencias del mercado (Martínez *et al.*, 2006).

En la planicie costera del Istmo de Tehuantepec persisten AE o sistemas agrícolas campesinos, cuya variabilidad económica, social, productiva y cultural, hacen de estos territorios escenarios idóneos para realizar estudios de sustentabilidad, con el fin de preservar y mejorar las formas de manejo tradicionales y se contribuya a la sustentabilidad. Tal es el caso de las zonas de Juchitán-Chicapa de Castro, Álvaro Obregón-Emiliano Zapata y La Venta-La Ventosa. En cada una de estas zonas existen AE donde se produce maíz bajo diferentes procesos productivos; la evaluación de la sustentabilidad bajo estas condiciones, sustentan la presente investigación, que responde a uno de los problemas más acuciantes de la agricultura moderna, ya que trata la sustentabilidad como eje fundamental de la investigación.

Para estas zonas no existen estudios que demuestren el grado de sustentabilidad en el que se encuentran dichos AE, que de cierta manera, puedan servir de referencia para generar alternativas de manejo bajo principios agroecológicos. En este sentido, es necesario realizar un análisis integral de la dinámica actual de la agricultura local, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar la sustentabilidad de tres AE de maíz en la planicie costera del Istmo de Tehuantepec para el diseño de acciones de mejora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Juchitán de Zaragoza, el cual se ubica en la planicie costera del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. Este municipio cuenta con la mayor parte de las tierras irrigadas por el Distrito de Riego 19. Geográficamente se sitúa entre los paralelos 16° 12' y 16° 38' LN y 94° 44' y 95° 08' LO, con una altitud media de 30 m (INEGI, 2010a; 2010b; UABJO, 2014). Comprende, además de la cabecera municipal, cinco agencias municipales y dos agencias de policía. El clima es un Aw_0 (w) ig, catalogado como un clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos con régimen de lluvias en verano; temperatura media de 26 °C y precipitación media anual de 978 mm. En la zona de estudio predominan los suelos Vertisol, Phaeozem, Arenosol, Luvisol, Fluvisol, Cambisol, Solonchak y Gleysol (INEGI, 2010a; 2010b).

Metodología de investigación

La información de campo se generó a partir de un cuestionario, recorridos de campo y el diálogo directo y abierto con los productores. El cuestionario se estructuró en aspectos sociales, económicos, productivos y de organización de las unidades de producción campesinas. Para su aplicación se seleccionaron informantes claves o conocedores

locales en cada una de las comunidades, consideradas como estratos, que fueron las localidades, bajo el criterio de que éstos fueran agricultores dedicados al cultivo de maíz. Para su selección se usó la técnica de la "bola de nieve"; la cual consiste en hacer el primer acercamiento con un informante clave o conocedor local, a quien se le aplica el cuestionario, posteriormente se le pide mencionar quién o quiénes podrían ser los próximos informantes clave. El tamaño de muestra se calculó usando el 5% de agricultores registrados en el padrón del Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) No. 4 en las localidades en estudio. La muestra consistió en 60 agricultores de un total de 1,200.

Para la evaluación de la sustentabilidad se empleó el proceso metodológico MESMIS propuesto por Masera *et al.* (1999). La evaluación fue de carácter comparativo transversal y se basó en el análisis simultáneo de tres AE de maíz previamente identificados. Esta metodología propone seis pasos cíclicos:

1- Determinación del objeto de estudio. De acuerdo con la metodología, la sustentabilidad debe evaluarse en términos relativos; es decir, comparando dos o más situaciones. Por lo que el primer paso es definir y describir a los AE. Para el caso, se identificaron y caracterizaron tres AE a partir de los aspectos biofísicos, tecnológicos, sociales y económicos: 1. Agroecosistema de maíz en Juchitán-Chicapa de Castro, 2. Agroecosistema de maíz en Álvaro Obregón-Emiliano Zapata y 3. Agroecosistema de maíz en La Venta-La Ventosa.

2-Determinación de los puntos críticos del sistema (fortalezas y debilidades). Estos reflejan aspectos importantes que debilitan o fortalecen la sostenibilidad del sistema, deben relacionarse con los atributos adecuados.

3-Selección de los indicadores de sustentabilidad. Consiste en establecer criterios de diagnóstico vinculados a los atributos y puntos críticos. Posteriormente se construye una lista de indicadores potenciales, los cuales tienen unidades específicas para su evaluación.

4-Medición de los indicadores. Medición de los indicadores seleccionados previamente mediante el uso de técnicas como encuestas, cuestionarios, entrevista, mediciones en campo, entre otras.

5-Presentación e integración de resultados. Los resultados de la medición de los indicadores son sintetizados e integrados en diagramas tipo AMOEBA, los cuales muestran de manera instantánea el grado en que los valores de los sistemas de referencia y alternativo se encuentran con respecto a los valores óptimos de los indicadores.

6-Conclusiones y recomendaciones. Partiendo del diagrama de AMOEBA, se discuten las diferentes características del sistema en términos de sostenibilidad y se hacen conclusiones y recomendaciones. A partir de las recomendaciones, comienza el primer paso de un nuevo ciclo de evaluación.

El MESMIS se basa en la evaluación de siete atributos relevantes para la sustentabilidad: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autodependencia (Masera *et al.* 2000; Speelman, 2007). Por tal razón, en los AE antes

mencionados se identificaron la estructura, componentes, insumos, flujos internos y productos generados. Se evaluaron 18 indicadores cualitativos y cuantitativos distribuidos en los diferentes atributos de sustentabilidad propuestos por el MESMIS. Finalmente se sistematizó una base de datos para su análisis. El valor óptimo se basó principalmente en el máximo registrado para cada indicador, así como valores óptimos consultados en la literatura disponible. La ponderación de los valores fue con base en lo expuesto por Nahed (2008), quien indica que el valor óptimo es la cifra máxima.

Finalmente, se estableció la regla de decisión para conocer el nivel de sustentabilidad del AE, basada a partir del cálculo del porcentaje de sustentabilidad de cada atributo, el cual resultó del promedio de los porcentajes de cada indicador con respecto al valor óptimo para cada uno. Posteriormente, el porcentaje de sustentabilidad de cada AE se obtuvo a partir del porcentaje promedio de cada atributo. Finalmente el dato obtenido se comparó con el valor cualitativo dado a la sustentabilidad, valoración basada en las escala relativa de sustentabilidad (Marini, 2012) (Tabla 1).

Tabla 1. Escala relativa de sustentabilidad.

Escala relativa	Nivel de sustentabilidad
81-100	Alto
61-80	Medio
41-60	Bajo
21-40	Potencialmente insustentable
0-20	Insustentable

RESULTADOS

Determinación del objeto de estudio

1- Características de los agroecosistemas

Se identificaron y caracterizaron tres AE a partir de los aspectos biofísicos, tecnológicos, sociales y económicos: AE1. Agroecosistema de maíz en Juchitán-Chicapa de Castro, AE2. Agroecosistema de maíz en Álvaro Obregón-Emiliano Zapata y AE3. Agroecosistema de maíz en La Venta-La Ventosa (Tabla 2).

Se puede apreciar que las características biofísicas de los AE estudiados presentan similitudes en cuanto a temperaturas máximas y medias; sin embargo, las temperaturas mínimas son variables, lo que trae consigo variaciones importantes en la respuesta del cultivo en épocas de frío. De la misma manera, se aprecia que en el AE de Álvaro Obregón-Emiliano Zapata (AE2), persisten los suelos Phaeozem, que si bien son suelos ricos en materia orgánica producto de la descomposición y sedimentación de material vegetal, también presentan altos niveles de acumulación de carbonatos y otras sales propias de la altitud donde se ubica el AE. Por clima se cataloga como seco y árido; lo que limita el rendimiento del maíz. Es importante destacar que este tipo de suelos también se presenta en los AE1 y AE3. Sin embargo, en dichos AE se encuentran otros agrupamientos de suelos, lo que

permite diversificar el manejo y mejorar el rendimiento del maíz, en especial en el AE1, lo cual justifica una mejor respuesta productiva.

En los ámbitos social, económico y tecnológico, se destaca el grado de asociación en que solo se encuentran los productores del AE1, los cuales presentan la mayor edad promedio por productor. Los integrantes de la familia que más participan en las actividades relacionadas con la producción del maíz son los del AE2; sin embargo, son los que menos ingresos reportan debido a los bajos niveles tecnológicos y la falta de asesoría técnica; factores que evidentemente limitan el rendimiento. Las pruebas multivariadas de aproximación de F muestran la diferenciación de los AE con una significancia menor de 0.001 y las máximas distancias cuadradas de Mahalanobis (Tabla 3).

Por otro lado, los agricultores de los tres AE pertenecen a la cultura zapoteca y tienen amplia preferencia por el cultivo de maíz nativo Zapalote Chico debido a su precocidad, adaptabilidad a las condiciones locales, resistencia a plagas y enfermedades y hábitos de consumo. Se observan similitudes en ciertas prácticas de conservación de suelos, como la incorporación de residuos de cosecha y de estiércol para mejorar la fertilidad y calidad del suelo. De igual manera, los agricultores reciben incentivos del programa PROAGRO Productivo del gobierno mexicano.

2- Determinación de los puntos críticos

Los puntos críticos seleccionados para la evaluación de los AE muestran una gran influencia sobre la eficiencia y la sostenibilidad de forma general, por tal razón impactan los ámbitos productivos, económicos y sociales (Tabla 4).

Posteriormente, en cada punto crítico se derivaron indicadores de respuesta mediante la participación y consenso con las comunidades operadoras de los AE, lo cual hace pertinente, medible y socialmente justificado cada uno de ellos.

3- Selección de los indicadores

Si bien es cierto que se realizó una amplia propuesta de indicadores (103) para atender los diferentes puntos críticos como resultado del diagnóstico; también hay que reconocer que no todos podían resultar evaluados con eficacia y ser de relevancia para las comunidades campesinas involucradas en el estudio, por lo que para reducir la dimensionalidad se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) (SAS). Con este análisis fue posible seleccionar los indicadores de mayor peso relativo; en este caso 10, que permitieran evaluar las dimensiones económica, social y ambiental. El segundo criterio para seleccionar otra serie de indicadores fue el "juicio de valor" de acuerdo a Masera *et al.* (2000). Con el cual se incorporaron 8 indicadores más, catalogados como importantes para la caracterización de los AE, para un total de 18 indicadores. Se realizó un Análisis de Discriminantes Canónicos (ADC) con el procedimiento CANDISC (SAS) para detectar discrepancias entre localidades, de ahí que los resultados de la Tabla 4 sean de importancia en el análisis, ya que las soluciones adaptadas o propuestas estarán acorde a las necesidades más imperantes de los AE evaluados.

Tabla 2. Caracterización de los agroecosistemas en estudio. AE1: Agroecosistema de maíz en Juchitán-Chicapa de Castro, AE2: Agroecosistema de maíz en Álvaro Obregón-Emiliano Zapata, AE3 Agroecosistema de maíz en La Venta-La Ventosa.

	Característica	AE1	AE2	AE3
Biofísico	Temp. máxima (°C)	31,8	29,8	32,8
	Temp. mínima (°C)	17,6	13,3	22,3
	Temp. media anual (°C)	27	26	27,5
	Precipitación (mm)	980	942	1000,7
	Altitud (msnm)	22	6	38,8
	Suelos	Luvisoles y Phaeozem	Phaeozem	Phaeozem y Vertisoles
Social	Edad del productor	64	58,5	58,4
	Integrantes de la familia	5,2	8,3	5,4
	Integrantes de la familia que participan en la UP	1,7	3,37	2,4
	Organización para la producción	Grupo de trabajo 'Xhuba'huini'	No están asociados a algún grupo de trabajo	
Económico	Ingreso mensual	\$6,750	\$3,675	\$6,000
	Fuentes de ingreso	2	1,75	2,4
	Objetivo de la producción	Autoconsumo, venta total y venta de excedentes	Autoabasto y venta de excedentes	
	Monto de mano de obra (\$)	\$170,00	\$127,00	\$150,00
	Precio de venta del maíz(\$ l)	\$7,00 l	\$6,80 l	\$7,80 l
Tecnológico	Método de labranza	Mixto	Mecanizada	
	Método de siembra	Mixto	Mecanizada	
	Mano de obra empleada (jornales ha ⁻¹ año ⁻¹)	10	15	24
	Control de plagas	Químico	Ninguno	
	Control de malezas	Solo en canales. Se aprovecha la biomasa como alimento para el ganado		
	Superficie de siembra	4,6 ha	3,75 ha	4,5 ha
	No. de parcelas	1,5	1,25	1,2
Asesoría técnica	Si (13,6%)	No	Si (27,7%)	
Rendimiento acumulado (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	3,665	3,312	3,244	

Este tipo de trabajo permite la adopción y aceptación de las posibles soluciones que deriven es este análisis consensuado, ya que pocas veces se toman medidas o alternativas de solución frente a diversos problemas en las comunidades y no resultan efectivas, no son adaptadas por los campesinos y agricultores y lleva consigo el gasto de materiales, la ineficiencia económica y productiva. De hecho, este tipo de situaciones es tan frecuente que los gobiernos en todo mundo gastan millones de dólares en realizar cambios positivos en el campo y no se logran los resultados esperados, o no se sostienen en el tiempo, México no escapa de esta realidad.

4- Medición de los indicadores

La información para medir los indicadores se obtuvo a partir de información primaria generada en los cuestionarios y en la observación. Asimismo, se empleó información secundaria para la medición de ciertos indicadores. Se utilizó la evaluación mediante la estadística no paramétrica, a través de medidas de tenencia central.

5- Presentación e integración de resultados

Para una mejor visualización y comprensión de los resultados se utilizaron gráficas tipo AMOEBA y se segregó la integración de los resultados en indicadores, atributos y dimensiones (representados por cada eje en la gráfica). Los valores que se muestran en la figura 1 representan las mediciones obtenidas en el paso 4. En este evaluación los indicadores óptimos se construyeron a partir de trabajos anteriores realizados en el área de estudio, así como el criterio del grupo evaluador.

Tabla 3. Distancia cuadrada de Mahalanobis

Grupos	AE1	AE2	AE3
AE1	0	1138192214	101243517
AE2	1138192214	0	1810314796
AE3	101243517	1810314796	0

Tabla 4. Criterios de diagnóstico, puntos críticos e indicadores por atributo de evaluación. A: Ambiental, S: Social, E: Económica.

Atributo	Criterio de diagnóstico	Punto crítico	Indicador	Área de evaluación
Productividad	Eficiencia	Bajo rendimiento de grano	Producción anual acumulada ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	A
		Ingresos diversificados	Número de actividades de las que depende la UPF	E
		Ingreso económico aceptable	Ingreso económico mensual (\$)	E
Estabilidad, resiliencia y confiabilidad	Fuerza de trabajo	Baja dependencia de mano de obra contratada	Número de jornales contratados ($\text{jornales ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) Monto de mano de obra ($\text{\$ jornal}^{-1}$)	S, E E
		Alta intensidad de uso de suelo	Ciclos productivos por año	A
		Disponibilidad de superficie de cultivable	Superficie cultivables (ha)	A, E
	Conservación de los recursos	Pérdida de fertilidad en el suelo	Percepción de la fertilidad actual el suelo según los agricultores (buena, regular, mala)	A
		Disponibilidad de agua de riego	Percepción de la disponibilidad de agua de riego según los agricultores (buena, regular o mala)	A
		Buenas prácticas de conservación	Incorporación residuos de cosecha y de estiércol	A
Adaptabilidad	Diversidad de especies	Tendencia al monocultivo	Número de especies y variedades agrícolas cultivadas	A
		Deficiencia en la asistencia técnica	Número de agricultores que han recibido asesoría técnica	S
		Baja participación campesina en organizaciones	Número de agricultores que pertenecen a organizaciones relacionadas con el cultivo de maíz	S
Equidad	Distribución del poder de decisión, riesgos, costos y beneficios	Poder de decisión unilateral	Número de personas que participan en la toma de decisiones	S
		Limitada distribución riesgos y costos	Número de personas que absorben los riesgos y costos	S
		Limitada distribución de beneficiarios	Número de personas beneficiarias	S
Autogestión	Control del sistema de producción	Suficiencia alimentaria	Disponibilidad de grano en meses (meses)	S, E
		Alta dependencia de insumos externos	Dependencia externa (Cantidad de tecnología o Insumos externos empleados)	S, E

Visiblemente el AE2 obtuvo los peores resultados de forma general, solo la percepción de la fertilidad del suelo por parte de los productores fue evaluada con mucha mejor respuesta que los AE1 y AE3. Lo cual llama grandemente la atención, ya que la repercusión de la asistencia técnica en este AE tiene el peor comportamiento. Esto indica que el conocimiento local que se tiene sobre el nivel de la fertilidad del suelo es transmitido de generación en generación y forma parte de la cultura de trabajo dentro de este AE. Sin embargo, este conocimiento no se revierte en resultados productivos, obviamente porque existen otros factores, económicos y sociales, que influyen en la actividad y que resultaron con respuestas muy

desfavorables para el AE2, que de manera general presenta las peores condiciones económicas, productivas y sociales.

Evaluación por atributos

Los resultados fueron homogenizados para su gráfica radial tipo AMOEBA (Figura 2).

1-Productividad. El AE1 sobresale al alcanzar un valor de 76%, explicado por un mayor volumen de producción anual acumulada ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), por tener mayor ingreso económico mensual, número de jornales contratados anualmente y el monto de mano de obra ($\text{\$ jor}^{-1}$).

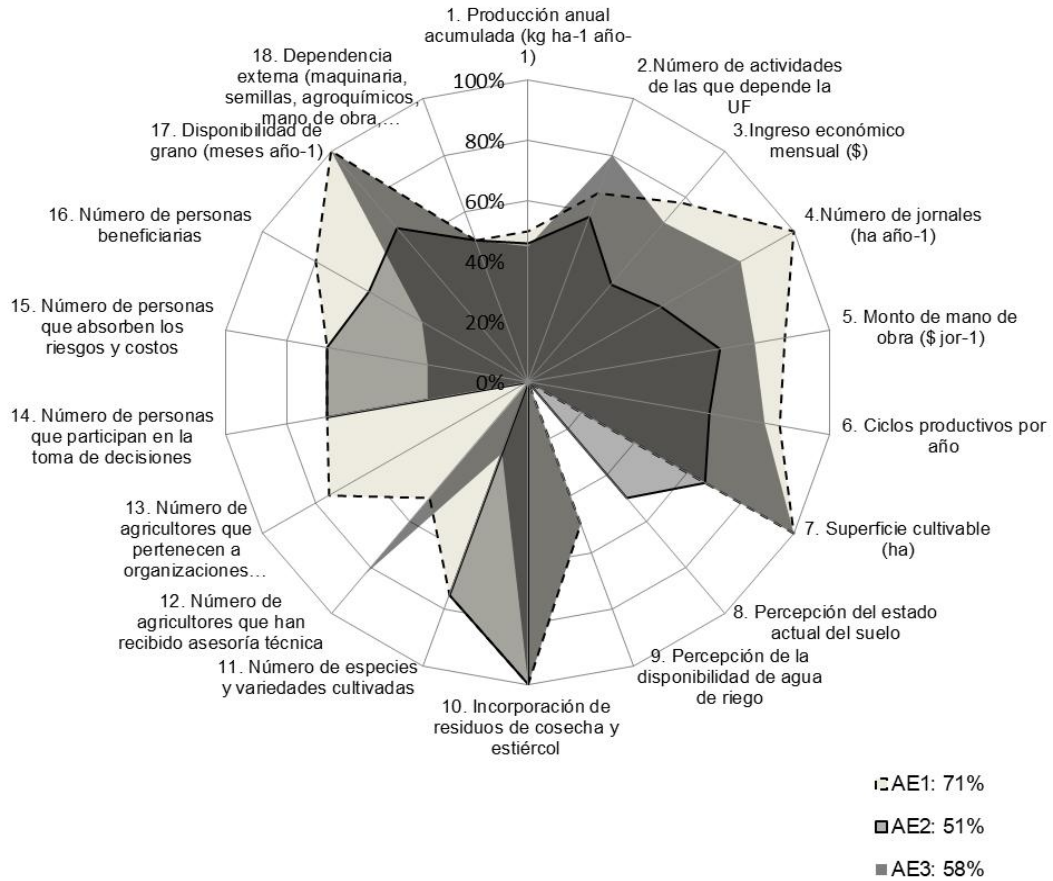


Figura 1. Integración de resultados por indicadores.

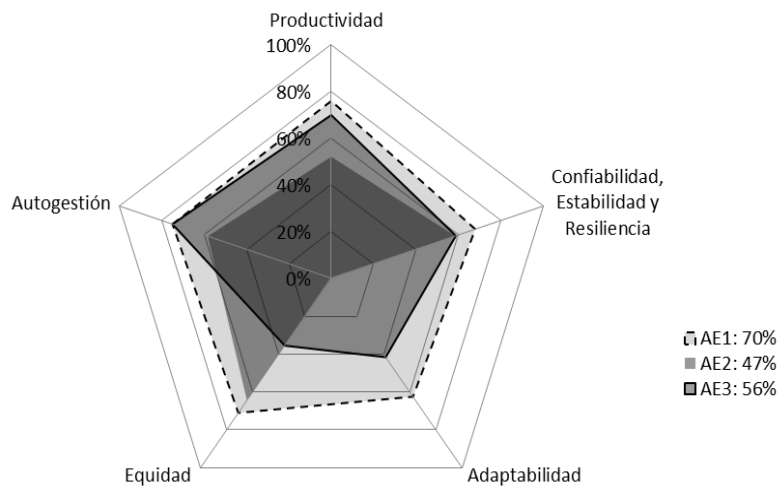


Figura 2. Integración de resultados por atributos de sustentabilidad.

En contraste, el AE3 obtuvo un 70%, caracterizado por una mayor diversidad de actividades económicas, aunque sus ingresos económicos son medios.

2-Confiable, estabilidad y resiliencia. Sobresale el AE1 con un valor de 68,05%, debido a una mayor superficie de tierra cultivable (ha) y más ciclos productivos por año; también por incorporar residuos de cosecha y estiércol y por conservar una mayor diversidad de especies cultivadas. El AE2 alcanza un valor de 59% y se destaca por la calidad del suelo, que de acuerdo a la percepción de los agricultores no se ha deteriorado.

3-Adaptabilidad. Resalta el AE1 con un 63%, explicado porque concentra el mayor número de agricultores que pertenecen a organizaciones o grupos de trabajo relacionados con el cultivo del maíz y asistencia técnica recibida. Por otra parte, el AE3 alcanza un 41,65%, por un mayor número de agricultores que han recibido asesoría técnica. En contraste, el AE2 carece de asistencia técnica.

4-Equidad. El AE1 y AE2 presentan los mayores valores de equidad con 71,07 y 64,4%, respectivamente, ya que integran el mayor número de personas que participan en la toma de decisiones, que absorben los riesgos y costos y que son beneficiarias. En contraste, el AE3 alcanza un promedio de 50% al concentrar menores valores para estos tres indicadores.

5-Autogestión. Sobresalen el AE1 y AE3 con un valor de 75%, debido principalmente a la disposición de granos para la alimentación durante todo el año. En contraste, el AE2 alcanza un valor de 58,3%, ya que los granos solo alcanzan para satisfacer las necesidades de las familias por ocho meses. En general, los tres AE tienen una dependencia media de insumos externos.

De manera integral, al realizar la unificación de los resultados por atributos de acuerdo a la superficie coloreada y que representa a cada AE, sobresale el AE1 con un nivel medio de avance hacia la

sustentabilidad (70%); y los AE3 y AE2 con un nivel bajo de contribución hacia la sustentabilidad (56 y 47%, respectivamente).

Evaluación por dimensiones

Se realizó el análisis de acuerdo a las áreas o dimensiones de la sustentabilidad (ambiental, social y económica) (Figura 3).

En la dimensión ambiental se integraron siete indicadores; ocho en la social y siete en la económica.

Sobresale el AE1 al presentar el mayor valor (82,74%), seguido del A3 y del AE2 de menores valores (79 y 56,74%, respectivamente). En cuanto a la dimensión social, destaca el AE1 (74%) seguido del AE3 y del AE2 (52 y 45%, respectivamente). Finalmente, en la dimensión económica sobresale el AE1 con el mayor valor (65%), seguido del AE3 y del AE2 (ambos con 57%). En un contexto integral, el AE1 tiene un nivel medio de avance hacia la sustentabilidad (74%); sin embargo, se presenta débil en la dimensión económica. A pesar de tener ingresos contrastantes, el valor es bajo con respecto al promedio municipal reportado por el CONEVAL (2017), el cual es de \$8,692 para hogares con cuatro integrantes en promedio.

El AE2 posee un nivel bajo de avance hacia la sustentabilidad (53%), expresado en sus tres dimensiones; refleja menos actividades económicas y, como consecuencia, menor ingreso económico mensual; la superficie cultivable disponible es reducida, la producción anual de granos es mínima, por lo que el abasto de granos es insuficiente, además, se detecta la falta de asistencia técnica y la nula organización.

Finalmente, el AE3 alcanza un nivel medio de avance hacia la sustentabilidad (63%). En su dimensión económica presenta como fortaleza el mayor número de actividades económicas realizadas, aunque el ingreso mensual no es el mayor. Además en este AE, los agricultores tienen mayor superficie cultivable y disponibilidad de grano durante todo el año.

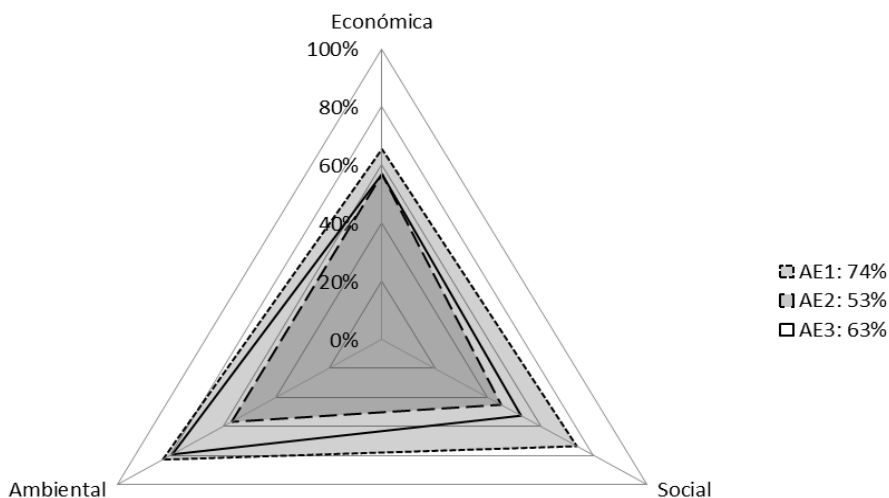


Figura 3. Sustentabilidad relativa integrando las dimensiones de evaluación.

DISCUSIÓN

La sustentabilidad en agroecosistemas

La sustentabilidad y sus mecanismos de evaluación se han convertido en un proceso de gran utilidad que proporciona las herramientas básicas para evaluar a los AE con propósitos de superar las afectaciones a los aspectos ecológico-ambientales de la crisis de la agricultura moderna que implica aspectos económicos, productivos, sociales y culturales (Altieri, 1999). Por tal razón, este tipo de estudio se ha convertido en una nueva forma de hacer una ciencia más enfocada a las diversas problemáticas que pueden encontrarse en AE concretos, donde se evalúan indicadores pertinentes a cada situación y en estrecha relación con el factor humano, que a fin de cuentas es quien adoptará las medidas derivadas de su análisis (Gliessman, 2000). En este sentido, los indicadores propuestos partieron de la situación concreta en términos productivos, sociales y económicos que existían en las comunidades, también en correspondencia con acciones afines al manejo agronómico del maíz, para orientar hacia la sustentabilidad a los AE evaluados, para de esta manera contribuir con la calidad de vida de los habitantes y productores. Según Harold *et al.* (2006) se considera la construcción, utilidad y uso de indicadores concretos para evaluar la sostenibilidad de los sistemas productivos, es un avance metodológico y un instrumento de vital importancia de los cuales hace referencia el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), por la estrecha relación que tienen los mismos con la evaluación del desarrollo sostenible de la agricultura y del medio rural; sin embargo, hay que destacar que cada AE presenta sus propios indicadores de mayor impacto y depende de trabajo mancomunado entre los diferentes actores del proceso elegir los más adecuados (Sepúlveda *et al.*, 2002). Tal y como se realizó en el presente estudio.

Evaluación por atributos

La evaluación de la sustentabilidad por atributos es de vital importancia, dado que estos atributos caracterizan el estado de los AE, por tal razón, la evaluación de la productividad, la confiabilidad, la estabilidad, la resiliencia, la adaptabilidad, la equidad y la autogestión, conforman el grupo de atributos establecidos para el estudio detallado de la sustentabilidad. En este sentido, Giraldo-Díaz *et al.* (2000) realizaron la evaluación de atributos de sustentabilidad de sistemas de producción campesinos en La Vereda El Mesón, municipio de Palmira, Valle del Cauca (Colombia), donde encontraron resultados similares a los obtenidos en este estudio. Los atributos evaluados mantuvieron resultados diferentes en cada uno de los AE evaluados; sin embargo, la productividad y la autogestión resultaron puntos claves a tratar en el proceso de sustentabilidad.

Por otra parte, en este estudio, la respuesta obtenida en cada uno de los atributos es el reflejo de la poca aplicación de técnicas agroecológicas por parte de los campesinos para mantener la sustentabilidad, todo ello provocado pero el auge de la agricultura moderna y la promoción del uso de agroquímicos, mecanización, alta energía, etc., promovida por las políticas agrarias internacionales e implementadas a escala local, que en

el causar de los años fuera cuestionada por los desequilibrios ecológicos que la misma ha provocado, con especial énfasis a las plantaciones o siembras especializadas, ajenas a las lógicas reproductivas propias de comunidades tradicionales, como el caso del maíz (Delgado *et al.*, 2007).

También es importante destacar que la diversidad de resultados obtenidos en cada uno de los AE en los diferentes atributos es lógica; autores como Rodríguez y Rodríguez (2010), han señalado que las comunidades, productores y AE nunca constituyen un conjunto homogéneo, porque que las diferencias edafoclimáticas, culturales, disponibilidad de recursos, organización, entre otros factores; no se comportan de la misma manera en todos los escenarios, de ahí la importancia de caracterizar los AE con este tipo de herramientas para que contribuya a una mejor toma de decisiones.

Evaluación por dimensiones

La evaluación por dimensiones también presentó diversidad debido a las características propias de cada AE y engloba de una manera muy rápida los principales problemas que pueden encontrarse y que afectan la sustentabilidad (Castañeda, 2005). Los resultados obtenidos muestran que los AE presentan su principal debilidad en la dimensión económica, influenciada por diversos factores que intervienen este proceso, y que sin lugar a dudas es fundamental para lograr la sustentabilidad.

La dimensión económica demanda un desarrollo económicamente eficiente y equitativo dentro los AE, para lograrlo se hace necesaria la utilización de recursos financieros, técnicos y humanos para desarrollar tecnologías amigables y con menor impacto en la dimensión ambiental y que permitan conservar y mejorar los rendimientos, muchas de ellas reconocidas como agroecológicas y que están centradas en el uso de abonos orgánicos, biofertilizantes, bajo uso de energía, etc. Esto debido a que el desarrollo económico desde la perspectiva de la sustentabilidad no puede basarse en la viabilidad de un proyecto, como ha sido el modo de actuación que se ha implementado en los últimos años, por lo que hay que considerar el impacto social y ambiental, para de una forma integral abordar las problemáticas que enfrentan los AE (Kammerbauer, 2001).

De igual manera, la dimensión social está dominada por la falta de asistencia técnica y capacitación, los cuales se consideran importantes (Damián *et al.*, 2008; Ayala-Garay *et al.*, 2013); ya que refuerzan las habilidades y capacidades de los agricultores para enfrentar retos de mayor productividad, estabilidad y resiliencia ante los cambios locales provocados por el cambio climático y variaciones del mercado. Se deben diseñar y promover programas de desarrollo agrícola pero no bajo el esquema paternalista o asistencial. Lo apropiado es una combinación de elementos participativos entre los agricultores (Casas-Cázeres *et al.*, 2009).

Asimismo, se debe fomentar la diversificación de los sistemas agrícolas. Mediante el mantenimiento de la diversidad del AE, se fortalece la productividad, adaptabilidad y resiliencia. Con estas prácticas es posible aumentar los rendimientos de maíz e

incrementar la cantidad destinada a la venta, lo que se reflejaría en el aumento del nivel de ingreso económico.

CONCLUSIONES

La evaluación de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas es de gran importancia para conocer el estado en que se encuentran los AE y el impacto de las formas de manejo en los atributos y dimensiones. Mediante la aplicación de la metodología del MESMIS es posible identificar, de manera sistémica, aquellos aspectos que brindan fortaleza o debilitan a los AE, por lo que estudios de este tipo resultan de importancia para mejorar de toma de decisiones por parte de los productores, caso de maíz en Juchitán, Oaxaca.

En cuanto a la evaluación de los AE por dimensiones, el AE1 obtuvo los mejores valores en las dimensiones ambiental, social y económico; 82,74, 74 y 65%, respectivamente; con un valor promedio total de 74%. El AE2 obtuvo los valores más bajos respecto a los otros dos AE en las dimensiones ambiental, social y económica, con 56,74, 45 y 57%, respectivamente; y un valor total promedio de 53%. Por último, el AE3 obtuvo valores intermedios de 79, 52 y 57% en las dimensiones ambiental, social y económica, y un valor total promedio de 63% de orientación hacia la sustentabilidad. Al comparar los valores totales y por dimensión entre los AE, las diferencias encontradas entre cada uno de ellos es de aproximadamente de un 10%, con un orden de importancia AE1, AE3 y AE2. Aunque el AE1 obtiene sus menores valores en el eje económico y los AE2 y AE3 en el eje social y con similitud de valores en la dimensión económico.

Respecto al valor total de los atributos, el AE1 alcanzó los mayores valores para un total de 70% de orientación hacia la sustentabilidad; alcanzando el valor más bajo de 63% para la adaptabilidad y el más alto, 76%, para la productividad. El AE2 obtuvo el valor más bajo, 47% de orientación hacia la sustentabilidad, con el menor valor en el atributo de adaptabilidad (0%) y el más alto en el atributo de equidad (64,4%). Mientras que el AE3 obtuvo un valor total de orientación hacia la sustentabilidad de 56% con el valor más bajo en el atributo de equidad (35,53%) y el valor más alto en el atributo de autogestión (75%).

Esto indica que el proceso para lograr la sustentabilidad requiere esfuerzos diferenciados para la mejora de cada uno de los indicadores en cada AE. En conjunto, el eje social es el de menor valor total general (57%) y el que mayor diferencia establece entre el mejor y peor AE: AE1 y AE2, respectivamente; con valores de 74 y 45%, lo que marca una diferencia de 29%. Por lo que se requeriría atender de manera sustantiva este eje, en especial en los AE2 y AE3. El eje económico también tiene un valor bajo; sin embargo, no existen discrepancias tan marcadas entre los AE; pero que en general, requieren de atención para mejorar la sustentabilidad. Por su parte, el eje ambiental es el mejor evaluado en los AE; existiendo mucha similitud entre el AE1 y AE3; y muy superiores al AE2.

A manera de recomendación se sugiere orientar el uso de recursos económicos a la implementación de prácticas agroecológicas, las cuales son de bajo costo y sin impacto en el medio ambiente, reforzar la

capacitación para el desarrollo de habilidades y capacidades y diversificar los sistemas agrícolas locales.

BIBLIOGRAFÍA

- Albicette, M., R. Brasco & M. Chiappe.** 2009. Propuesta de indicadores para evaluar la sustentabilidad predial en agroecosistemas agrícolas ganaderos del litoral del Uruguay. *Agrociencia*. 8 (1): 48-68.
- Altieri, M.A.** 1999. *Agroecología. Bases agroecológicas para una agricultura sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay. 325 p
- Altieri, M.A. & C.I. Nicholls.** 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción, teoría, estrategias y valuación. *Ecosistemas*. 16 (1): 3-12.
- Altieri, M.A. & C.I. Nicholls.** 2010. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. *Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología*. Medellín Colombia. 83 p.
- Altieri, M.A. & C.I. Nicholls.** 2012. *Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica*. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. 21 p.
- Altieri, M.A. & C.I. Nicholls.** 2013. *Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas*. *Agroecología* 8 (1): 7-20.
- Altieri, M. & V.M. Toledo.** 2011. The agroecological revolution: Rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*. 38 (3): 587-612.
- Astier, M.** 2006. Medición de la sustentabilidad en sistemas agroecológicos. Memoria del VII Congreso de la Sociedad Española de Agroecología. Ponencia 3. México, D.F.: MundiPrensa-GIRA-ILEIA-ICCO. pp. 1-7.
- Astier, M. & C. González.** 2008. Formulación de indicadores socioambientales para evaluaciones de sustentabilidad de sistemas de manejo complejos. Capítulo 5. In: M. Astier, O. R. Masera & Y. Galván-Myoshi (Cords). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. SEAE, CIGA, ECOSUR, CIECO, UNAM. MundiPrensa. España. pp. 73-94.
- Astier, M., E. Pérez-Agis, T. Ortiz & F. Mota.** 2003. Sustentabilidad de sistemas campesinos de maíz después de cinco años: el segundo ciclo de evaluación MESMIS. *LEISA Revista de Agroecología*.
- Ayala-Garay, A.V., R. Schwentesius-Rindermann, P. Preciado-Rangel, G. Almaguer-Vargas & P. Rivas-Valencia.** 2013. Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*. 10 (4): 381-395.
- Cabrera, T.J.M., C.A. Carballo & F. C. Aragón.** 2015. Evaluación agronómica de maíces raza Zapalote Chico en la región istmeña de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Pub. Esp. Núm. 11: 2075-2082.
- Casas-Cázares, R., F.V. González-Cossío, T. Martínez-Saldaña, E. García-Moya & B.V. Peña-Olvera.** 2009. *Sostenibilidad y estrategia en*

agroecosistemas campesinos de los Valles Centrales de Oaxaca. *Agrociencia*. 43 (3): 319-331.

Castañeda, H. E. 2005. Metodología para el diagnóstico de agroecosistemas y evaluación de la sustentabilidad en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Puebla, México.

Castillo R.D., M. Tapia R., L. Brunett P., O. Márquez M., O. Terán V. & E. Espinosa A. 2012. Evaluación de la sustentabilidad social, económica y productiva de dos agroecosistemas de producción de leche a pequeña escala en el municipio de Amecameca, México. *Revista Científica UDO Agrícola*. 12 (3): 690-704.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (CONEVAL). 2017. Pobreza a nivel municipio 2010. <http://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Medicion-de-la-pobreza-municipal-2010.aspx> (Consultado: 20/06/2017)

Damián, H.M.Á., J.F. López O., B. Ramírez V., F. Parra I., J.A. Paredes S., A. Gil M. & A. Cruz L. 2008. Hombres y mujeres en la producción de maíz: un estudio comparativo en Tlaxcala. *Región y sociedad*. 20 (42): 63-94.

Delgado, S.J., M.A. Fernández, G.E.M. Armenteros, L.O. Hernández & P. Gavilanes. 2007. Análisis cualitativo y cuantitativo de la agricultura ecológica en Cuba. En: V.M.S. Garrido. *Recomendaciones y estrategias para desarrollar la agricultura ecológica en Iberoamérica*. Ed. CYTED. pp. 163-173.

Flores, C.C. & S.J. Sarandón. 2015. Evaluación de la sustentabilidad de un proceso de transición agroecológica en sistemas de producción hortícolas familiares del Partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Revista Facultad de Agronomía*. 114 (1): 52-66.

Giraldo-Díaz, R.; L.E. Nieto-Gómez & A. Quiceno-Martínez. 2000. Evaluación de atributos de sustentabilidad de sistemas de producción campesinos en la vereda El Mesón, municipio de Palmira, Valle del Cauca (Colombia). *Revista Libre Empresa*. 12(1), 111-135. En: <http://dx.doi.org/10.18041/libemp.v23n1.23106>. 2015.

Gliessman, S. R. 2000. *Agroecology: ecological process in sustainable agriculture*. Ann Arbor Press Chelsea.

Gómez, L.F., L.A. Ríos-Orsorio & M.L. Eschenhagen D. 2015. El concepto de sostenibilidad en Agroecología. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 18(2): 329-337

Harold, A. M., G. X. Pedraza & A.J. Solarte. 2006. Construcción y uso de indicadores de Sostenibilidad para la Planeación Participativa de Predios. Consultado [11-2006]. Disponible en: <http://desarrollo.ecoportel.net/content/view/full/63022>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010a. Anuario estadístico de Oaxaca edición 2010. En: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/ae10/info/oax/mapas.pdf>. (Consultado: 01/02/2017).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010b. Compendio de información geográfica municipal 2010. Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza. 9 p.

Kammerbauer, J. 2001. Las dimensiones de la sustentabilidad: fundamentos ecológicos, modelos

paradigmáticos y senderos Interciencia. *Asociación Interciencia*. Caracas, Venezuela. 26(8): 353-359.

Kumar, S.R., H.R. Murty, S.K. Gupta, & A.K. Dikshit. 2009. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological indicators*. 9: 189-212.

Magdaleno-Hernández, E., M.A. Jiménez-Velásquez, T. Martínez-Saldaña & B. Cruz-Galindo. 2014. Estrategias de las familias campesinas en Pueblo Nuevo, Municipio de Acambay, Estado de México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*. 11 (2): 167-179.

Marini, M.G. 2012. Evaluación de sustentabilidad en agroecosistemas de producción bovina en el Istmo, Oaxaca. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. 200 p.

Martínez, M., H. Ríos, S. Miranda, I. Moreno, R. Acosta, A. Farrera, & J. Velasco. 2006. Caracterización de la diversidad y selección participativa de proyecciones de maíz en Chiapas, México. *Cultivos Tropicales*. 27 (1): 55-62.

Masera, O. & S. López-Ridaura. 2000. Introducción. Cap. 1. In: Masera, O. & López-Ridaura, S. (Eds.). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias en el México rural*. Mundiprensa, Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A.C. UNAM. pp. 1-12

Masera, O., M. Astier & S. López-Ridaura. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A.C. Mundiprensa. 103 p.

Masera, O., M. Astier y S. López-Ridaura. 2000. El marco de evaluación MESMIS. Cap. 2. En: Masera, O. y López-Ridaura, S. (Eds.). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias en el México rural*. Mundiprensa, Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A.C. UNAM. pp. 13-41.

Masera, O., M. Astier, S. López-Ridaura, Y. Galván-Miyoshi, T. Ortiz-Ávila, L.E. García-Barrios, R. García-Barrios, C. González & E. Speelman. 2008. El proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS. En: *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. M. Astier, O.R. Masera & Y. Galván-Miyoshi (coordinadores). SEAE, CIGA, ECOSUR, CIECO, UNAM. Ed. Mundiprensa. España. pp: 13-24.

Mazabel-Domínguez, D.G., M. Romero-Jacuinde & M.A. Hurtado-Cardoso. 2010 La evaluación social de la sustentabilidad en la agricultura de riego. *Ra Ximhai* 6 (2): 199-219.

Nahed, T.J. 2008. Aspectos metodológicos en la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agrosilvopastoriles. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 12 (3): 3-19

Nahmad S.S. 2011. El impacto social del uso del recurso eólico. Informe final para el Consejo Oaxaqueño de Ciencia y Tecnología (COCyT) del CONACYT. Proyecto 123396. 117 pp.

Negreros-Castillo, P., J.C. González N. & L. Merino P. 2000. Evaluación de la sustentabilidad del sistema de manejo forestal de la Organización de Ejidos productores Forestales de la Zona Maya de Quintana Roo. En: *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural*. O. Masera, & S. López-Ridaura (coordinadores). Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA A. C.). Mundi-Prensa. México. 83-142 p.

- Ortiz, R., S. Taba, V.H. Chávez T., M. Mezzalama, Y. Xu, J. Yan & J.H. Crouch.** 2010. Conserving and Enhancing Maize Genetic Resources as Global Public Goods—A Perspective from CIMMYT. *Crop Science* 50 (1): 13-28.
- Pretty, J.** 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Phil. Trans. R. Soc. B.* (363): 447-465.
- Ramírez, M.C.A., L. Cruz A. & V. Marcial C.** 2015. Luchas por el territorio y la soberanía alimentaria en el Istmo oaxaqueño, México. *Eutopía.* (8): 29-44.
- Rodríguez-Manzano, A. y Rodríguez-Rivera, A.** 2010. Un guajiro científico. La Habana: Editorial Científico-Técnica. ISBN: 978-958-05-0596-6.
- Ruiz-Vega, J. & M.E. Silva-Rivera.** 2006. Caracterización de dos agroecosistemas presentes en suelos de ladera de la subcuenca Sur Oeste del Río Atoyac, Oaxaca. *Naturaleza y Desarrollo* 4 (2): 5-12.
- Sánchez, C.M.C.** 2003. Biotecnología: ventajas y desventajas para la agricultura. *Revista Científica UDO Agrícola* 3 (1): 1-11.
- Sarandón, S.** 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En: *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable* S. Sarandón (Ed.). Ediciones Científicas Americanas. La Plata, Argentina. pp. 393-414.
- Sarandón, S.J. & C.C. Flores.** 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología.* (4): 19-28.
- Sarandón, S.J., M.S. Zuluaga, R. Cieza, L. Janjetic & E. Negrete.** 2008. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología.* (1): 19-28.
- Sepúlveda, S., H. Cavaría, A. Castro, P. Rojas, E. Picado & D. Bolaños.** 2002. Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales. IICA. 47 p.
- Soflaei, F., M. Shokouhian & W. Zhu.** 2016. Socio-environmental sustainability in traditional courtyard houses of Iran and China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 19: 1147-1169.
- Speelman, E.N., S. López-Ridaura, N.A. Colomer, M. Astier & O.R. Maser.** 2007. Ten years of sustainability evaluations using the MESMIS framework: Lessons learned from its application in 28 Latin America case studies. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology.* 14 (4): 345-361.
- Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca (UABJO).** 2014. Plan municipal de desarrollo de la Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza 2014-2016.
- Valdez-Vazquez, I., C. del R. Sánchez G. & A.E. Escalante.** 2017. Proposal for a sustainability evaluation framework for bioenergy production systems using the MESMIS methodology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 68 (2017): 360-369.
- World Commission on Environment and Development (WCED).** 1987. *Our common future.* Oxford Univ. Press, Oxford.
- Zagoya, M.J.** 2015. Sistema tradicional utilizado en la producción de maíz en La Sierra Nevada de Puebla, México. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* 2015 (01):1-6

Estudo higroscópico da polpa em pó do fruto da pitaya (*Hylocereus costaricensis*) em diferentes concentrações de maltodextrina

de Sousa, Erika Milene Pinto^{1,4}; Lênio José Guerreiro de Faria²; Walber José Pereira Costa³; Carlos Augusto de Sousa Araújo Neto¹; Renan Rocha Pereira¹; Carla Larissa Fonseca da Silva¹

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema, Para, Brasil; ² Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará, Belém, Para, Brasil; ³ Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Pará, Belém, Para, Brasil; ⁴erika_milene@yahoo.com.br

de Sousa, Erika Milene Pinto; Lênio José Guerreiro de Faria; Walber José Pereira Costa; Carlos Augusto de Sousa Araújo Neto; Renan Rocha Pereira; Carla Larissa Fonseca da Silva (2019) Estudo higroscópico da polpa em pó do fruto da pitaya (*Hylocereus costaricensis*) em diferentes concentrações de maltodextrina. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 297-305. <https://doi.org/10.24215/16699513e029>

Neste trabalho estudou-se o corante da polpa de pitaya em pó e seu comportamento higroscópico. A pitaya é um fruto nutritivo com baixo valor calórico e alto poder antioxidante devido à presença de betalainas, pigmentos nitrogenados e hidrossolúveis semelhantes ao grupo das antocianinas e flavonóides, com estruturas químicas diferentes. Os experimentos foram realizados adicionando maltodextrina no corante de pitaya nas proporções de 10, 20, 30, 40, 50 e 100%, visando aumentar a quantidade de sólidos no corante e analisando-se também o corante em pó puro. Em todas as amostras foi realizado o processo de branqueamento e, em seguida, a liofilização por 48 horas, aumentando, assim, a estabilidade por meio da redução da atividade de água, de modo a minimizar reações químicas enzimáticas que ocorrem durante a armazenagem do material, contribuindo para o acréscimo da vida útil do produto. Portanto, por meio da construção de isotermas de adsorção e dessorção de umidade a 25 °C em diferentes concentrações de maltodextrina analisou-se a higroscopicidade do corante de pitaya, assim como, a aplicabilidade de modelos matemáticos na predição das isotermas do produto. As isotermas obtidas foram sigmoidais, classificadas como do tipo II e o modelo de GAB mostrou-se mais adequado para ser utilizado na predição das isotermas de sorção do corante.

Palavras-chave: higroscopicidade, isotermas, adsorção, produtos naturais, secagem

de Sousa, Erika Milene Pinto; Lênio José Guerreiro de Faria; Walber José Pereira Costa; Carlos Augusto de Sousa Araújo Neto; Renan Rocha Pereira; Carla Larissa Fonseca da Silva (2019) A Pitaya (*hylocereus costaricensis*) pulp powder hygroscopic study in different maltodextrin concentrations. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 297-305. <https://doi.org/10.24215/16699513e029>

Pitaya is a nutritious fruit with low caloric value and high antioxidant power due to the presence of betalains, nitrogenous and water-soluble pigments similar to anthocyanins and flavonoids, with different chemical structures. This article presents a systematic Pitaya pulp powder dye study regarding its hygroscopic behavior. The experiments were conducted by adding maltodextrin in the proportions of 10, 20, 30, 40, 50 and 100%. The different percentages allowed a progressive incremental number of solids in Pitaya dye and a more thorough pure powder dye analysis. The bleaching process was carried out in all samples and, subsequently, the samples were lyophilized for 48 hours to increase stability through the reduction of water activity. This is done to minimize enzymatic chemical reactions, which occur during material storage, and to augment product lifespan. Therefore, by the construction of adsorption and moisture desorption isotherms at 25 °C in different concentrations of maltodextrin, the hygroscopicity of Pitaya dye was analyzed as well as the applicability of mathematical models in the prediction of product isotherms. The obtained isotherms were sigmoidal, classified as type II and the GAB model was proved more suitable to be used in the prediction of dye sorption isotherms.

Keywords: hygroscopicity, isotherms, adsorption, natural resources, environmental chemistry

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 17/08/2019

Aceptado: 02/09/2019

Disponibile on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina



INTRODUÇÃO

A pitaya (*Hylocereus costaricensis*), assim como a beterraba vermelha (*Beta vulgaris* L.) é conhecida por possuir compostos nitrogenados chamados de betalainas, os quais são classificados em betacianinas, que conferem cor vermelho-violeta e as betaxantinas, um corante amarelo-laranja também presente em ambas as frutas, porém em menor proporção que as betacianinas. Devido a isso, as betalainas podem ser empregadas como corante natural em alimentos, cosméticos, fármacos entre outros produtos (Drunkler, 2004). Além dessa função de corante que as betalainas apresentam, elas têm a função de antioxidantes naturais.

Dessa forma, é um produto de grande aceitação nos mercados consumidores, despertando assim o interesse de produtores e indústrias, em especial a indústria alimentícia, onde são usados pigmentos naturais como as antocianinas, cúrcuma, licopeno, caramelo, páprica, entre outros (Stintzing et al., 2004; Mohammer et al., 2007; Junqueira et al., 2007).

Entretanto, por ser um material orgânico processado, inicialmente, no estado líquido, necessita de redução no teor de umidade, em níveis geralmente muito abaixo dos quais seria obtido em processos de eliminação de água, não incluídos no conceito de secagem. Esses produtos incluem os polímeros, alimentos, fármacos, produtos agrícolas, corantes e vários outros produtos químicos, orgânicos e inorgânicos. Para evitar a degradação de um material orgânico, causada pelo ataque de micro-organismos, é realizada a secagem desse material em níveis de umidade que sejam apropriados para um armazenamento seguro. O valor ótimo de umidade de um material é definido pela análise do comportamento higroscópico, utilizando curvas de sorção. Essas curvas relacionam valores de umidade de equilíbrio e umidade relativa do ar ambiente ou atividade de água, a um dado valor de temperatura.

As isotermas de adsorção e dessorção, e a consequente avaliação do comportamento higroscópico de materiais orgânicos, são empregadas para definir processos de beneficiamento e de controle como a secagem, o armazenamento e o tipo de embalagem a ser utilizado (Picelli et al., 2010).

A medida de propriedades físicas dos pós é importante porque estas afetam intrinsecamente seu comportamento durante o armazenamento, manuseio e processamento. A isoterma de adsorção de umidade ilustra a capacidade de um pó para absorver água quando colocado em determinadas condições atmosféricas e de temperatura. A presença da água em um pó pode afetar significativamente suas propriedades de fluidez e consistência.

Para diversos produtos em pó existe um valor da umidade relativa (umidade relativa crítica) em uma dada temperatura, acima da qual o pó endurecerá e esta é, geralmente, muito prejudicial à sua fluidez. Nas amostras em pó a qualidade e a vida útil têm forte dependência com o seu teor de água, que exerce influência sobre a palatabilidade, digestibilidade, estrutura física e manuseio. Praticamente, todos os processos deteriorativos que ocorrem com os produtos perecíveis, especialmente alimentos, também são

influenciados pela concentração e mobilidade da água presente (Alexandre et al., 2000).

Devido à insuficiência de pesquisas na área de análise higroscópica do corante de pitaya em pó, o objetivo deste trabalho foi determinar experimentalmente as isotermas de adsorção e dessorção de umidade do corante de pitaya em pó em diferentes concentrações de maltodextrina na temperatura de 25 °C e ajustar os dados experimentais a modelos matemáticos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram obtidos 20 frutos da pitaya em uma feira livre na cidade metropolitana de Belém/PA, pertencentes a espécie *Hylocereus costaricensis*, sendo que cada fruto possuía, em média, 300 g.

Pré-processamento

Após a obtenção dos frutos foi realizada a lavagem e sanitização dos mesmos com solução de cloro ativo 150 mg/L, conforme recomendado por Andrade & Macêdo (1996). Foi feita a pesagem de cada fruto em balança eletrônica (marca Bioprecisa, modelo BS3000A, com precisão de 0,1g). As frutas foram descascadas e cortadas. As sementes e a polpa foram separadas e pesadas. A polpa foi colocada em um liquidificador industrial por 2 minutos, homogeneizada e filtrada a vácuo. O filtrado obtido foi armazenado em um recipiente de polietileno envolvido com papel alumínio e acondicionado em freezer a -18°C até o início das análises físicas e físico-químicas (Rebecca et al., 2008). Todas as análises foram realizadas em triplicata. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Corantes (LABCOR) e no Laboratório de Engenharia de Produtos Naturais (LEPRON), da Universidade Federal do Pará.

Preparação das amostras

Nas amostras líquidas nas concentrações de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 100% de maltodextrina e 100% de corante, realizou-se primeiramente o processo de branqueamento com aquecimento por 2 minutos. Em seguida, as amostras foram separadas em recipientes de polietileno semelhantes a placas de petri e colocadas em freezer a -18 °C por 48 h. Posteriormente, foram inseridas em liofilizador (marca Christ, modelo Alpha 1-4) por 48 h para obtenção do corante em pó. Por fim, foram realizadas análises de umidade, granulometria e atividade de água. O uso de maltodextrina dá-se devido apresentar alta solubilidade em água, pouca higroscopicidade, preço acessível, fácil disponibilidade e boa relação entre custo e eficácia (Kha et al., 2010). Relata-se que é capaz de proteger os componentes sensíveis dos alimentos como sabor, cor e compostos bioativos e contra as condições desfavoráveis (Ferrari et al., 2012).

Caracterização física das amostras do corante de pitaya em pó

Diâmetro médio: a metodologia adotada para avaliar o diâmetro médio das amostras de pitaya em pó foi a das peneiras padronizadas, utilizando-se o agitador de peneiras (marca Produtest). As peneiras utilizadas nestes experimentos foram do tipo Tyler/mesh: 28, 35,

42, 65, 80 e 115 todas do mesmo fabricante, Petrodidática Indústria e Comércio Ltda. O diâmetro médio foi calculado com a definição de Sauter, mostrado na Equação 1.

$$\bar{d}_p = \frac{1}{\sum_i^n \frac{x_i}{d_i}}$$

em que:

d_p - Diâmetro médio de Sauter (mm)
 x_i - Fração mássica retida
 d_i - abertura média (mm)

Umidade inicial: o método utilizado foi o de secagem em estufa (105 °C), baseado na remoção da água por aquecimento. As amostras foram colocadas em cadinhos de alumínio, com massas previamente determinadas, ficando em estufa até a secagem. Os cadinhos contendo as amostras foram, então, resfriados à temperatura ambiente, em dessecador, tendo sua massa novamente determinada. Os cadinhos retornaram à estufa e este procedimento foi repetido até a obtenção de massa constante. Foi calculada, então, a porcentagem de umidade nas amostras, segundo o método nº 972.20 da AOAC (1997).

Atividade de água: para a determinação da atividade de água foi utilizado o equipamento AQUALAB e posteriormente foi obtida umidade de equilíbrio por meio da Equação 2:

$$X_{eq} = \frac{M_{\text{água}}}{M_s} \cdot 100$$

em que:

X_{eq} - umidade de equilíbrio (% bs)
 $M_{\text{água}}$ - massa de água adsorvida da amostra (g)
 M_s - massa seca da amostra (g)

Higroscopicidade do corante em pó de pitaya

Foram determinadas isotermas de adsorção e dessorção de umidade para as amostras de corante de pitaya nas concentrações de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 100% de maltodextrina e 100% de corante na temperatura de 25 °C. O método utilizado para a determinação da umidade relativa de equilíbrio permite a medição de uma grande quantidade de dados em um pequeno intervalo de tempo, utilizando o equipamento AQUALAB. As leituras são efetuadas após alcançar o equilíbrio de transferência de calor e massa, entre o ar ambiente do equipamento e a amostra neste contida, sendo este equilíbrio identificado através de sensores no equipamento, que disparam um sinal sonoro no momento em que a leitura deve ser efetuada. Esta metodologia experimental também foi utilizada por Waughon (2006), Francisco *et al.* (2007), Silva (2009) entre outros, para avaliar o comportamento higroscópico de produtos biológicos.

Ao iniciar os experimentos foi pesado 1±0,05g de amostra em frascos de polietileno apropriados ao equipamento, e colocadas em estufa a vácuo (marca Fanem, modelo 099 EV) a 70 °C e 650 mmHg, por 24h, para remoção da umidade da amostra, de modo a

alcançar valores de atividade de água em torno de 0,2 a 0,3. Em seguida, foi colocado um dessecador, contendo água no lugar de sílica gel, em estufa incubadora para DBO (demanda bioquímica de oxigênio) da marca Quimis, modelo 315 D16, com precisão de ± 0,3 °C e faixa de trabalho de 0 a 50 °C, estabilizada na temperatura de trabalho de 25 °C.

Após 24h, as amostras foram retiradas da estufa à vácuo e transferidas ao dessecador, que permaneceu, neste intervalo de tempo, na estufa incubadora para alcançar a temperatura desejada. Em seguida, estas amostras foram colocadas, uma de cada vez, no equipamento (AQUALAB), para realizar as leituras de temperatura e atividade de água (a_w), que variaram na faixa de 0,1 a 0,9 e temperatura de 25 °C. Na sequência, as amostras foram pesadas em balança analítica. Dessa maneira, foi possível a construção da isoterma de adsorção. Após as amostras alcançarem os valores de a_w próximos de 0,9 foi realizado o processo inverso, ou seja, a dessorção, onde os frascos com amostras foram transferidos para o dessecador, contendo sílica gel, e novamente lidos valores de a_w até próximos de 0,1, temperaturas e suas respectivas massas. O processo completo (adsorção e dessorção) foi conduzido em 8 dias.

As etapas de pré-processamento e da análise higroscópica foram as seguintes: preparação das amostras em diferentes concentrações de maltodextrina e corante puro; branqueamento; armazenamento em freezer por 48h; liofilização por 48h para obtenção do corante em pó; análise de umidade, diâmetro e atividade de água; e cálculo da umidade de equilíbrio.

Análise dos dados experimentais de sorção de umidade

Diversos modelos teóricos, semi-empíricos e empíricos têm sido propostos para expressar o teor de umidade de equilíbrio com a atividade de água de diversos produtos. Analisando-se alguns trabalhos publicados, conclui-se que, de um modo geral, nenhum modelo teórico desenvolvido é capaz de prever exatamente o teor de umidade de equilíbrio dos produtos em todas as faixas de temperatura e umidade relativa.

Os dados experimentais das isotermas de sorção (adsorção e dessorção) das amostras do corante de pitaya foram avaliados por meio da relação entre o conteúdo de umidade de equilíbrio e umidade relativa de equilíbrio de acordo com os modelos descritos na Tabela 1, e as constantes características determinadas através da técnica de regressão não-linear, utilizando-se o aplicativo Statística® 7.0 utilizando o método dos mínimos quadrados, via subrotina Quasi-Newton.

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para avaliar as isotermas de sorção.

Modelo (ano)	Equação
GAB (1981)	$X = X_m C K a_w / [(1 - K a_w) (1 - K a_w + C K a_w)]$
Oswin (1946)	$X = a [a_w / (1 - a_w)]^b$
Peleg (1993)	$X = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2}$
Caurie (1970)	$X = \exp(a + b a_w)$

O parâmetro X denota o conteúdo de umidade de equilíbrio em base seca, a_w a atividade de água; a, b e C, k_1 , k_2 , n_1 , n_2 são coeficientes que dependem do produto e das condições do ar; no modelo de GAB o X_m representa o conteúdo de umidade correspondente à saturação de todos os sítios primários por uma molécula de água, normalmente denominada monocamada na teoria BET e K o fator de correção para multicamada molecular.

Nos resultados obtidos da estabilidade a luz da concentração de betacianina do corante de pitaya foi realizada a análise de variância (ANOVA) a 5% de significância estatística, segundo o teste F e o teste de Tukey.

RESULTADOS

Tem-se nas Tabelas 2 e 3 os dados do teor de umidade inicial, diâmetro das partículas, da atividade de água e da umidade de equilíbrio das amostras de corante de pitaya em pó em diferentes concentrações, na temperatura de 25 °C, para o processo de adsorção e dessorção.

Nas Tabelas 4 e 5 são sumarizados os parâmetros estatísticos encontrados para cada modelo, para os processos de adsorção e dessorção, respectivamente, para a temperatura de 25 °C.

As Figuras 1 e 2 exibem as isotermas de sorção do corante de pitaya em pó, resultantes do modelo GAB na temperatura de 25 °C, para os processos de adsorção e dessorção, respectivamente.

DISCUSSÃO

Verifica-se que os processos de adsorção e dessorção das amostras de corante de pitaya em pó em diferentes concentrações, utilizando uma temperatura constante de 25 °C, a atividade de água e a umidade de equilíbrio se comportam de forma linear. Este comportamento é similar ao reportado por Park *et al.* (2001) ao estudarem o comportamento da umidade de equilíbrio em pera desidratada, em função da atividade de água.

Constata-se que as umidades de equilíbrio máximas atingidas nas diferentes concentrações variaram entre 6,49% e 92,68% b.s., para a adsorção e entre 6,50% e 84,93% b.s. para a dessorção. Logo, o corante de pitaya em pó é um produto muito higroscópico necessitando de embalagem impermeável quando submetida ao armazenamento nestas concentrações e temperatura.

Após análise dos valores dos parâmetros estatísticos, sumarizados nas Tabelas 4 e 5, quanto à qualidade dos ajustes dos dados experimentais aos modelos utilizados, verificou-se que o modelo de GAB foi o que melhor ajustou os dados experimentais do teor de umidade de equilíbrio das amostras do corante de pitaya em pó em diferentes concentrações de maltodextrina. Este modelo é o que melhor descreve os processos de adsorção e dessorção das amostras de corante de pitaya em pó na temperatura de 25 °C por apresentar para ambos os processos valores menores que 5% para o desvio médio relativo e distribuição de resíduos aleatória, para todas as amostras utilizadas.

Tabela 2. Resultados para o teor de umidade inicial (U_i), diâmetros das partículas (dp), atividade de água (aw) e umidade de equilíbrio (X_{eq} - % bs) durante o processo de adsorção.

Proporção (maltodextrina/corante)													
10 %		20 %		30 %		40 %		50 %		100 % de corante		100 % de maltod.	
$U_i = 4,40 \%$ $dp = 0,25 \text{ mm}$		$U_i = 4,55 \%$ $dp = 0,27 \text{ mm}$		$U_i = 4,21 \%$ $dp = 0,29 \text{ mm}$		$U_i = 4,43 \%$ $dp = 0,32 \text{ mm}$		$U_i = 4,44 \%$ $dp = 0,34 \text{ mm}$		$U_i = 4,65 \%$ $dp = 0,35 \text{ mm}$		$U_i = 0,66 \%$ $dp = 0,09 \text{ mm}$	
aw	Xeq	aw	Xeq	Aw	Xeq	aw	Xeq	aw	Xeq	aw	Xeq	aw	Xeq
0,33	14,32	0,44	10,42	0,39	14,41	0,46	15,58	0,50	9,72	0,26	6,49	0,50	8,49
0,43	16,15	0,51	12,24	0,48	15,50	0,54	16,69	0,56	11,41	0,35	9,02	0,63	9,28
0,48	17,69	0,53	13,72	0,55	18,39	0,58	18,33	0,60	12,83	0,39	10,53	0,60	9,53
0,52	19,63	0,54	14,68	0,57	20,62	0,59	20,45	0,61	13,71	0,44	11,65	0,59	9,78
0,56	20,67	0,56	15,61	0,58	21,43	0,75	36,91	0,61	14,22	0,46	12,76	0,52	10,47
0,57	21,58	0,58	16,64	0,65	31,22	0,71	35,36	0,62	17,56	0,51	14,48	0,62	11,07
0,59	22,21	0,73	31,58	0,75	38,22	0,81	43,83	0,76	20,55	0,87	64,19	0,89	37,22
0,65	25,27	0,80	40,87	0,72	36,53	0,79	42,57	0,82	36,02	0,86	62,97	0,88	36,13
0,74	38,42	0,77	37,34	0,82	47,84	0,76	40,08	0,80	34,68	0,86	61,96	0,86	35,04
0,74	37,78	0,76	35,79	0,79	43,77	0,94	79,34	0,77	32,72	0,90	85,40	0,92	46,04
0,85	52,00	0,91	70,59	0,76	41,37	0,93	73,59	0,75	31,53	0,90	84,49	0,91	45,55
0,81	47,59	0,91	67,93	0,91	72,35	0,91	70,88	0,74	30,30	0,90	83,53	0,91	44,85
0,78	45,05	0,90	65,40	0,88	65,80	0,90	67,53	0,85	40,92	0,89	82,57	0,91	43,96
0,77	43,69	0,88	62,25	0,88	63,12	0,88	61,98	0,93	69,97	0,95	86,92	0,96	76,16
0,88	72,30	0,86	57,88	0,88	61,60	0,88	59,84	0,92	64,93	0,95	92,68	0,96	74,68

Tabela 3. Resultados para o teor de umidade inicial (Ui), diâmetros das partículas (dp), atividade de água (aw) e umidade de equilíbrio. (Xeq - % bs) durante o processo de dessecção.

Proporção (maltodextrina/corante)													
10%		20%		30%		40%		50%		100% de corante		100% de maltod.	
Ui = 4,40 % dp = 0,25 mm		Ui = 4,55 % dp = 0,27 mm		Ui = 4,21 % dp = 0,29 mm		Ui = 4,43 % dp = 0,32 mm		Ui = 4,44 % dp = 0,34 mm		Ui = 4,65 % dp = 0,35mm		Ui = 0,66 % dp = 0,09 mm	
aw	Xeq	aw	Xeq	Aw	Xeq	aw	Xeq	aw	Xeq	aw	Xeq	Aw	Xeq
0,92	84,93	0,92	73,10	0,91	80,32	0,93	75,27	0,94	67,13	0,43	20,49	0,65	25,99
0,91	81,79	0,91	70,03	0,91	73,92	0,92	71,66	0,92	63,76	0,44	20,03	0,60	25,85
0,90	79,16	0,90	67,38	0,90	70,82	0,91	68,37	0,91	60,29	0,44	19,83	0,55	21,67
0,89	76,73	0,89	65,03	0,90	68,21	0,90	65,70	0,90	55,28	0,45	21,04	0,51	20,92
0,87	74,51	0,87	62,27	0,90	66,11	0,89	63,33	0,89	53,24	0,33	13,21	0,49	20,46
0,88	72,28	0,87	58,90	0,88	63,51	0,88	58,90	0,88	50,69	0,41	13,46	0,42	15,27
0,85	66,82	0,85	56,45	0,85	59,70	0,85	55,20	0,84	44,26	0,30	10,89	0,40	13,25
0,75	56,59	0,84	53,39	0,79	53,25	0,84	53,04	0,80	40,85	0,37	11,04	0,30	12,27
0,70	46,89	0,76	42,67	0,73	44,26	0,70	40,37	0,72	35,27	0,38	11,14	0,35	11,76
0,60	39,13	0,67	33,59	0,69	41,37	0,65	35,99	0,69	28,75	0,26	10,59	0,16	6,91
0,56	31,41	0,62	30,20	0,60	30,53	0,58	28,44	0,58	20,32	-	-	0,19	6,59
0,55	29,74	0,56	24,45	0,57	28,56	0,58	27,77	0,57	19,65	-	-	0,23	6,50
0,51	25,27	0,55	23,62	0,55	24,93	0,52	24,79	0,52	16,67	-	-	-	-
0,49	21,40	0,51	20,22	0,52	21,93	0,52	21,96	0,51	12,30	-	-	-	-
0,42	20,66	0,50	16,78	0,50	21,93	0,51	21,75	0,54	13,73	-	-	-	-

Tabela 4. Estimativa dos parâmetros para os modelos de equilíbrio higroscópico das amostras de corante de pitaya em pó, obtidos por adsorção. Com os valores de valores dos coeficientes de determinação (R²), conteúdo de umidade da monocamada (Xm), desvio médio relativo (DMR), constantes dos modelos (a, b e C, k₁, k₂, n1, n2, K) e a tendência da distribuição dos resíduos (diferença entre o valor observado experimentalmente e o valor predito pelo modelo).

C (%)	Modelos	Parâmetros											
		R ²	A	B	K1	K2	N1	N2	Xm	K	C	DM R (%)	Distrib. de resíduos
10	GAB	0,98	-	-	-	-	-	-	11,2	0,9	7,59	0,32	Aleatório
	Oswin	0,98	18,5	0,6	-	-	-	-	-	-	-	0,33	Tendencias
	Peleg	0,98	-	-	24,11	99,11	0,5	6,06	-	-	-	0,28	Tendencias
	Caurie	0,96	1,06	3,5	-	-	-	-	-	-	-	0,46	Tendencias
20	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	61,1	0,7	0,23	0,12	Aleatório
	Oswin	0,98	15,1	0,6	-	-	-	-	-	-	-	0,49	Tendencias
	Peleg	0,99	-	-	88,72	12,86	4,32	0,54	-	-	-	0,09	Aleatório
	Caurie	0,99	0,31	4,3	-	-	-	-	-	-	-	0,1	Aleatório
30	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	17,4	0,8	1,72	0,23	Aleatório
	Oswin	0,99	19,3	0,6	-	-	-	-	-	-	-	0,31	Aleatório
	Peleg	0,99	-	-	69,11	61,52	12,0	1,81	-	-	-	0,24	Aleatório
	Caurie	0,99	1,01	3,5	-	-	-	-	-	-	-	0,26	Aleatório
40	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	25,9	0,8	0,79	0,19	Aleatório
	Oswin	0,97	19,9	0,5	-	-	-	-	-	-	-	0,46	Aleatório
	Peleg	0,99	-	-	51,01	54,44	1,75	7,62	-	-	-	0,19	Aleatório
	Caurie	0,99	0,73	3,8	-	-	-	-	-	-	-	0,2	Aleatório
50	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	13,2	0,9	0,76	0,5	Aleatório
	Oswin	0,96	12,4	0,6	-	-	-	-	-	-	-	0,67	Tendencias
	Peleg	0,97	-	-	66,99	475,2	3,02	45,6	-	-	-	0,39	Tendencias
	Caurie	0,97	-0,37	4,9	-	-	-	-	-	-	-	0,5	Tendencias
100 de corante	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	24,4	0,6	0,09	0,5	Aleatório
	Oswin	0,92	22,8	0,5	-	-	-	-	-	-	-	1,14	Tendencias
	Peleg	0,98	-	-	6,27	107,4	-0,02	3,71	-	-	-	0,42	Tendencias
	Caurie	0,98	0,74	4,0	-	-	-	-	-	-	-	0,45	Tendencias
100 de maltod.	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	5,67	0,9	2,74	0,27	Aleatório
	Oswin	0,99	9,12	0,6	-	-	-	-	-	-	-	0,33	Aleatório
	Peleg	0,99	-	-	113,7	50,58	30,8	3,03	-	-	-	0,28	Aleatório
	Caurie	0,95	-2,83	7,3	-	-	-	-	-	-	-	0,93	Tendencias

Tabela 5. Estimativa dos parâmetros para os modelos de equilíbrio higroscópico das amostras de corante de pitaya em pó, obtidos por dessorção. Com os valores de valores dos coeficientes de determinação (R^2), conteúdo de umidade da monocamada (X_m), desvio médio relativo (DMR), constantes dos modelos (a , b e C , k_1 , k_2 , n_1 , n_2 , K) e a tendência da distribuição dos resíduos (diferença entre o valor observado experimentalmente e o valor predito pelo modelo).

C (%)	Modelos	Parâmetros											Distrib. de resíduos
		R^2	A	b	k_1	k_2	n_1	n_2	X_m	K	C	DMR (%)	
10	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	67,81	0,63	0,78	0,22	Aleatório
	Oswin	0,97	28,89	0,46	-	-	-	-	-	-	-	0,42	Tendencioso
	Peleg	0,99	-	-	160,87	92,72	38,82	1,86	-	-	-	0,19	Aleatório
	Caurie	0,96	1,06	3,52	-	-	-	-	-	-	-	0,23	Tendencioso
20	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	23,6	0,8	1,51	0,14	Aleatório
	Oswin	0,99	22,17	0,51	-	-	-	-	-	-	-	0,27	Tendencioso
	Peleg	0,99	-	-	75,01	74,6	22,12	1,97	-	-	-	0,08	Aleatório
	Caurie	0,99	1,4	3,12	-	-	-	-	-	-	-	0,17	Aleatório
30	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	36,9	0,72	1,16	0,26	Aleatório
	Oswin	0,97	25,61	0,47	-	-	-	-	-	-	-	0,38	Tendencioso
	Peleg	0,99	-	-	2139,73	82,14	109,34	1,92	-	-	-	0,11	Aleatório
	Caurie	0,99	1,01	3,57	-	-	-	-	-	-	-	0,27	Tendencioso
40	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	18,32	0,83	4,15	0,19	Aleatório
	Oswin	0,99	24,86	0,44	-	-	-	-	-	-	-	0,21	Aleatório
	Peleg	0,99	-	-	83,03	70,33	24,23	1,66	-	-	-	0,12	Aleatório
	Caurie	0,99	1,74	2,72	-	-	-	-	-	-	-	0,25	Aleatório
50	GAB	0,99	-	-	-	-	-	-	30,26	0,75	0,73	0,31	Aleatório
	Oswin	0,97	18,14	10,5	-	-	-	-	-	-	-	0,47	Tendencioso
	Peleg	0,98	-	-	59,6	66,91	28,17	2,25	-	-	-	0,24	Aleatório
	Caurie	0,99	0,98	3,4	-	-	-	-	-	-	-	0,34	Aleatório
100 de corante	GAB	0,93	-	-	-	-	-	-	24,86	0,7	2,24	1,01	Aleatório
	Oswin	0,75	24,55	1,07	-	-	-	-	-	-	-	1,27	Aleatório
	Peleg	0,9	-	-	817,94	6,22	8,09	0,42	-	-	-	0,73	Aleatório
	Caurie	0,77	0,9	4,66	-	-	-	-	-	-	-	1,22	Aleatório
100 de maltod.	GAB	0,97	-	-	-	-	-	-	29,37	0,62	1,86	0,6	Aleatório
	Oswin	0,96	18,99	0,65	-	-	-	-	-	-	-	0,63	Aleatório
	Peleg	0,96	-	-	0	47,86	-4,49	1,29	-	-	-	0,51	Aleatório
	Caurie	0,96	1,52	2,82	-	-	-	-	-	-	-	0,63	Aleatório

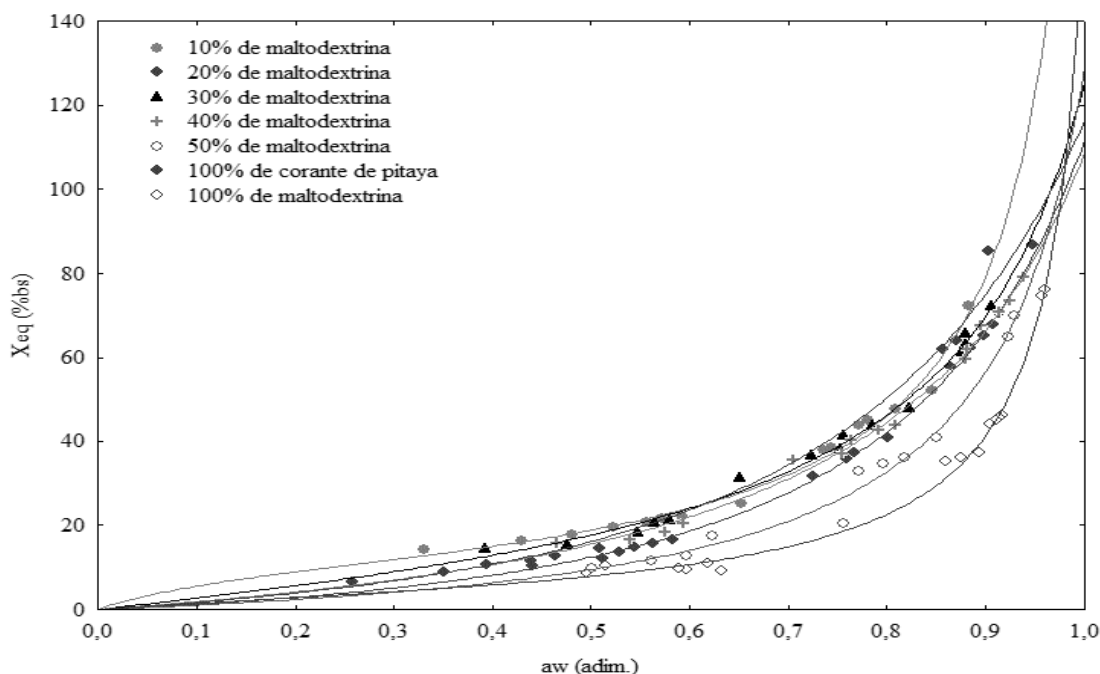


Figura 1. Efeito da concentração na adsorção do corante de pitaya em pó a 25 °C.

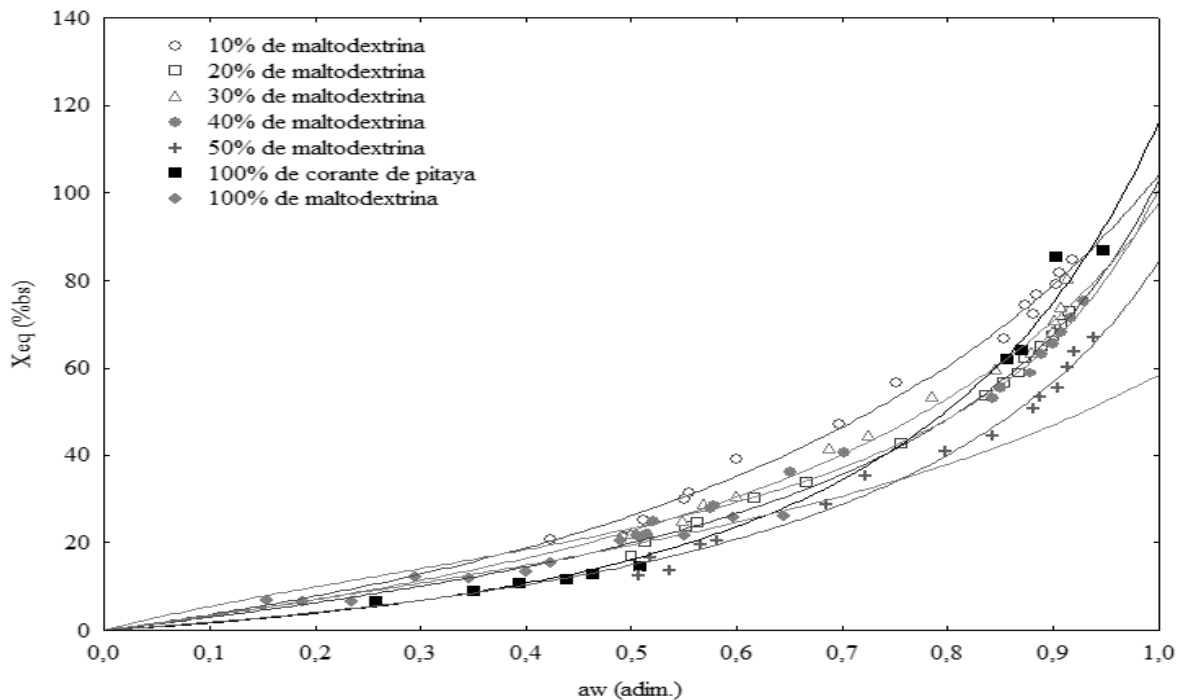


Figura 2. Efeito da concentração na dessorção do corante de pitaya em pó a 25 °C

O coeficiente de determinação apresenta-se na faixa de 0,98 a 0,99 para a adsorção e entre 0,93 e 0,99 para a dessorção. Verifica-se também que, para o modelo GAB em ambos os processos, os valores de K, apresentam valores menores que 1,0. Valores de K menores que 1,0 são uma característica de produtos alimentícios, indicando que a isoterma tende a uma assíntota em atividade igual a 1,0 (Fernandez, 1995). Em relação a constante de sorção C do modelo de GAB, que é função das interações entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água, observa-se que em todas as concentrações utilizadas os valores de C foram inferiores a 200, estando dentro da faixa comumente encontrada na literatura. Vidal *et al.* (2003) descreveram a impossibilidade de atribuir sentido físico para os valores do parâmetro C do modelo de GAB para os dados experimentais encontrados.

A estimativa dos valores do conteúdo de umidade da monocamada (X_m), pelo modelo GAB, é importante uma vez que a deterioração de produtos alimentícios e/ou vegetais é muito pequena quando os mesmos são armazenados abaixo de X_m . Isso ocorre porque a água é fortemente ligada ao produto abaixo do conteúdo da monocamada e não está envolvida em qualquer reação de deterioração quer como solvente ou como um dos substratos (Costa, 2010).

Verifica-se com base nos valores estimados do conteúdo de umidade da monocamada, que as amostras de pitaya possuem a mesma ordem de grandeza dos demais valores obtidos para outras variedades de frutas reportados nos estudos de Vieira *et al.* (2007), indicando o bom desempenho na

condução da análise do comportamento higroscópico. As pequenas diferenças observadas entre os valores dos conteúdos de umidade da monocamada, para os diferentes produtos, podem estar relacionadas às características intrínsecas de cada material, temperatura na qual o experimento foi conduzido, metodologia adotada para a obtenção das isotermas de sorção.

Os modelos Oswin (1946), Caurie (1970) e Peleg (1993) apresentaram em algumas concentrações distribuição de resíduos não aleatórios (tendenciosos) tanto para a adsorção quanto para dessorção de umidade na faixa de temperatura utilizada, como mostra a tabela 4 e 5. O modelo GAB tem uma base teórica, enquanto os outros modelos são empíricos ou semi-empíricos (Adebowale *et al.*, 2007) e tem sido utilizado em vários produtos alimentícios e agrícolas apresentando bons resultados, e sua equação representativa é recomendada pelo projeto Europeu COST'90 sobre propriedades físicas de alimentos (Faria, 1998).

A partir das isotermas foi verificado que em atividade de água (a_w) abaixo de 0,3 a concentração não exerce influência significativa nas umidades de equilíbrio em ambos os processos (adsorção e dessorção). Na adsorção a curva de 10% de maltodextrina se manteve superior as demais no intervalo de a_w entre 0,3 e 0,5. Todavia, a curva de 100% de maltodextrina se manteve abaixo das outras curvas durante todo o experimento. Na dessorção, a curva de 10% de maltodextrina foi superior às demais concentrações durante o intervalo de a_w de 0,4 a 0,9; contudo, a curva de 50% de

maltodextrina se manteve inferior as demais durante todo o estudo.

Além disso, as isotermas apresentam o formato sigmoidal, correspondente ao tipo II, conforme a teoria BET (Brunauer *et al.*, 1938), indicando a existência de umidade adsorvida em camadas multimoleculares e um acentuado comportamento exponencial das isotermas para todas as concentrações estudadas a partir de valores de a_w 0,6. Este comportamento sugere que a partir desse valor, um pequeno aumento na umidade relativa do ambiente propicia um considerável acréscimo na umidade de equilíbrio das amostras do corante em pó, comprometendo a qualidade do produto nos locais de armazenamento em que UR seja superior a 60%.

O cruzamento observado entre as curvas e a progressiva divergência destas com o aumento da atividade de água pode estar relacionada com os efeitos da dissolução de sólidos solúveis presentes na amostra. Este comportamento é devido à atividade de água e às isotermas de sorção serem afetadas pela composição do produto e pela temperatura do sistema, pois, em geral, substâncias ricas em açúcares absorvem mais água a partir de certo valor de a_w do que os produtos ricos em polímeros (amido).

CONCLUSÃO

Os dados experimentais obtidos na dessorção do corante de pitaya em pó em diferentes concentrações, na temperatura de 25 °C, se ajustaram muito bem ao modelo tri-paramétrico de GAB, tornando possível analisar o comportamento higroscópico do material. As isotermas de adsorção e dessorção de umidade da pitaya em pó foram classificadas como sendo do Tipo II.

O corante de pitaya em pó apresentou alta higroscopicidade. Os equilíbrios higroscópicos foram atingidos entre tempos mínimos e máximos de 8 dias e armazenamento do corante de pitaya em pó deve ser feito com valores de umidade relativa (UR) inferiores a 60%.

REFERÊNCIAS

Adebowale, A.R., L. Sanni, S. Awonorin, I. Daniel & A. Kuye. 2007. Effect of cassava varieties on the sorption isotherm of tapioca grits. *International Journal of Food Science and Technology*, 42: 448-452.

Alexandre, H.V., R.M.F. Figueirêdo & A.J.M. Queiroz. 2000. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 20:172-175.

Andrade, N.J. & J.A.B. Macêdo. 1996. Higienização na indústria de alimentos. São Paulo, Livraria Varela.181p.

Association of analytical chemists. 1997. Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, AOAC.

Brunauer, S., P.H. Emmett & E. Teller. 1938. Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of the American Chemical Society*, 60: 309-319.

Caurie, M.A. 1970. New model equation for predicting safe storage moisture levels for optimum stability of dehydrated foods. *Journal of Food Technology*. 301-307.

Costa, C.M.L. 2010. Caracterização e análise experimental do recobrimento de sementes de jambu (*Spilhanthes oleracea*) em leite fluidizado. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 203p.

Drunkler, D.A. 2004. Estudo da estabilidade de betalainas em diferentes solventes e em extrato de beterraba (*Beta vulgaris* L.) adicionado de ciclodextrinas (α , β e γ) e ácidos orgânicos (tânico e gálico). *Alimentos e Nutrição*, 15: 35-41.

Faria, L.J.G. 1998. Análise experimental do processo de secagem de urucum (*Bixa orellana* L.) em leite fixo. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 251p.

Fernandez, C.S. 1995. Isotermas de sorção em substâncias alimentares. In: congresso Ibero-Americano de Engenharia de Alimentos, Campinas. Anais, FEA/UNICAMP-CYTED-SBCTA-Ital.

Ferrari, C.C., S.P.M. Germer & J.M. Aguirre. 2012. Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. *Drying Technology*, v.30, p.154-163.

Francisco, F.G., R. Usberti & J.T.C.L. Toneli. 2007. Ajuste de isotermas de sementes de cultivares de feijoeiro. *Revista Brasileira de Sementes*, 29: 35-39.

Junqueira, K.P., F.G. Faleiro, N.T.V. Junqueira, G. Bellon, K.G. Fonseca, C.A. Lima & S.M. Sano. 2007. Diversidade genética de pitayas nativas do cerrado com base em marcadores. In: 4º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, São Lourenço. Anais, Diversidade genética de pitayas nativas do cerrado com base em marcadores RAPD.

Kha, T.C., M.H. Nguyen & P.D. Roach. 2010. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*. 98: 385-392.

Mohammer, M.R., F.C. Stintzing & R. Carle. 2007. Colour studies on fruit juice blends from *Opuntia* and *Hylocereus* cacti and betalain- containing model solutions derived therefrom. *Food Research International*, 38:975-981.

Oswin, C.R. 1946. The kinetics of packing life.III. The isotherm. *Journal of Chemistry Industrial*. n.65, p.419-23.

Park, K.J., A. Bin & F.P.R. Brod. 2001. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra Bartlett (*pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 19: 326-32.

Peleg, M. 1993. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. *Journal of Food Processing Engineering, ConnecticutUSA: Food & Nutrition Press Inc.*, v. 16, n. 1, p. 21-37.

Picelli, R.M., L.S. Arrieche & D.J.M. Sartori. 2010. Drying and characterization of pioneer arboreal seeds. In: *Proceedings of the 17th IDS, Magdeburg*. p. 883-889.

Rebecca, O.P.S., R. Zuliana, A.N. Boyce & S. Chandran. 2008. Determining Pigment Extraction Efficiency and Pigment Stal Dragon Fruit (*Hylocereus*

polyrhizus). Journal of Biological Sciences, 8 (7): 1174-1180.

Silva, M.G.C.P.C., W.S. Barreto & M.H. Serôdio. 2009. Comparação nutricional da polpa dos frutos de juçara e de açaí. Artigo Técnico. Disponível em: <www.ceplac.gov.br/mapa.htm>. Acesso em: 17 maio 2009.

Stintzing, F.C., J. Conrad, I. Klaiber, U. Beifuss & R. Carle. 2004. Structural investigations on Betacyanin pigments by LC NMR and 2D NMR spectroscopy. *Phytochemistry*. 65: 415-422.

Van Den Berg, C. & S. Bruin. 1981. Water activity and its estimation in food systems. In: *Water Activity: Influences on Food Quality* (eds L.B. Rockland & G.F. Stewart), pp. 147-177. Academic Press, New York.

Vidal, D., P. Fito, M.L. Gras & V. Gimeno. 2003. Estudio de la actividad del agua de dátiles españoles tipo candil. In: Fito P, Mulet A, Chiralt A & Andrés A (Eds) *Ingeniería de alimentos nuevas fronteras en el siglo XXI: deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas*. UPV. v. 2, p. 107-112.

Vieira, A.H., R.M.F. Figueiredo & A.J.M. Queiroz. 2007. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. *Revista de Biología e Ciências da Terra*, 7(1): 11-20.

Waughon, T.G.M. 2006. Caracterização e processamento do resíduo fibrosos gerados na industrialização do suco de abacaxi. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Belém, 58p.

Indicadores de Heterogeneidad vegetal. Una herramienta para evaluar el potencial de regulación biótica en agroecosistemas hortícolas del periurbano platense, provincia de Buenos Aires, Argentina

Fernández, Valentina^{1,4}; Mariana Marasas²; Santiago Sarandón^{2,3}

¹Curso de Introducción a las Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina. ²Laboratorio en Investigación y Reflexión en Agroecología (LIRA), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina; ³Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Argentina; ⁴valentinafw@yahoo.com.ar

Fernández, Valentina; Mariana Marasas; Santiago Sarandón (2019) Indicadores de Heterogeneidad vegetal. Una herramienta para evaluar el potencial de regulación biótica en agroecosistemas hortícolas del periurbano platense, provincia de Buenos Aires, Argentina. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 307-323. <https://doi.org/10.24215/16699513e030>

El modelo productivo que predomina en el Cinturón Hortícola de La Plata, tuvo, como consecuencia impactos negativos ecológicos, económicos y sociales. Uno de los principales problemas ecológico-productivos es la incidencia de plagas y el uso creciente de pesticidas. El componente vegetal de la agrobiodiversidad puede promover mecanismos de regulación biótica que eviten la aparición de plagas, aunque la evaluación de dicho componente no es sencilla. Se construyeron indicadores para predecir, a partir del análisis de la heterogeneidad vegetal, el potencial del sistema para proveer los mecanismos de regulación biótica de plagas, y se evaluaron en dos fincas contrastantes: manejo convencional y agroecológico. Se organizaron dos categorías, que agrupan indicadores relacionados al control "Bottom up" y "Top down" de plagas. Se obtuvieron 22 indicadores estandarizados y ponderados. Los indicadores propuestos resultaron apropiados para medir el potencial de regulación biótica de plagas a partir de la heterogeneidad vegetal del agroecosistema y detectar diferencias entre los dos sistemas productivos. Estas diferencias se observaron tanto en el potencial de regulación biótica en general como en sus dos dimensiones (top down - y bottom up) analizadas. Los mayores valores se observaron en el sistema de manejo agroecológico respecto al convencional. Esta herramienta constituye un aporte para encontrar soluciones al problema del control de plagas principalmente en sistemas hortícolas familiares.

Palabras clave: diversidad funcional, sustentabilidad, plagas, enemigos naturales, producción familiar

Fernández, Valentina; Mariana Marasas; Santiago Sarandón (2019) Indicators of vegetal heterogeneity: a tool to evaluate the potential of biotic regulation in horticultural agro-ecosystems of La Plata' surroundings, province of Buenos Aires, Argentina. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 307-323. <https://doi.org/10.24215/16699513e030>

The productive model which prevails at the Horticultural Belt of La Plata, had as a consequence ecological, economic and social negative impacts. One of the main ecological-productive problems is the incidence of pests and the increasing use of pesticides. The vegetal component of the agro-biodiversity can promote mechanisms of biotic regulation that prevent the appearance of pests. But its evaluation is not simple. Indicators were developed to predict, from the vegetal heterogeneity, the potential of the system to provide the mechanisms of biotic regulation of pests, and were evaluated in two contrasting farms: conventional and agro-ecological management. Two categories were organized, which group indicators related to the control "Bottom up" and "Top down" of pests. Twenty-two standardized and weighted indicators were obtained. The suggested indicators were appropriated to measure the potential of biotic regulation of pests from the vegetal heterogeneity agroecosystem and detect differences between the two productive systems. These differences were observed both in the biotic regulative potential in general, and for its two analyzed dimensions (top down and bottom up). The highest values were observed in the agro-ecologic system with respect to the conventional. This tool represents a contribution to find solutions to the pest control problem, mainly in family horticultural systems.

Keywords: functional diversity, sustainability, pests, natural enemies, family production

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 24/05/2019

Aceptado: 23/08/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina



INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna es altamente tecnificada, con tendencia al monocultivo, y está basada en la masiva aplicación de agroquímicos y el uso de cultivares e híbridos de alto potencial de rendimiento (Sarandón & Flores, 2014). La misma se ha establecido bajo una homogeneización de prácticas, saberes y paisajes (Sans, 2007); y ha generado la degradación de los bienes comunes naturales, lo que la hace poco sustentable (Altieri, 2009; De la Fuente y Suárez, 2005). El Cinturón Hortícola de La Plata (CHLP), situado al este de la Provincia de Buenos Aires, no escapa a esta realidad. Es el área productiva de mayor envergadura del cinturón hortícola bonaerense, con 2644 hectáreas aproximadamente (Censo Hortiflorícola Pcia. Bs. As., 2005). La misma experimentó profundos cambios en los últimos treinta años, a partir de un incremento en la tecnificación, ligado al uso más intensivo del suelo, aumento de la superficie con cultivos bajo cubierta, utilización de grandes cantidades de insumos químicos, simplificación del agroecosistema y pérdida de biodiversidad, con importantes impactos negativos ecológicos, económicos y sociales (García & Kebab, 2008; Baldini et al., 2016; DPBA, 2015; Alonso et al., 2015). Uno de los principales problemas es la incidencia de plagas y el uso indiscriminado y creciente de pesticidas, lo que es especialmente perjudicial para los agricultores familiares, que representan cerca del 70 % de los productores de la región (Censo Hortiflorícola Pcia. Bs. As., 2005). Por ejemplo, se ha detectado que alrededor del 50% de los establecimientos con producción de hortalizas, utilizan al menos un producto de las categorías toxicológicas I y II (extremadamente tóxicos y altamente tóxicos respectivamente) (DPBA, 2015).

Son necesarios modelos de agricultura, que sean sustentables (Sarandón et al., 2006), lo que requiere un replanteo profundo del modelo convencional. La agroecología surge en este escenario, como una propuesta que se orienta a generar conocimientos y prácticas, asociadas a la conservación de los recursos naturales y al mantenimiento de las funciones de los ecosistemas en defensa de la producción de alimentos saludables, seguros y culturalmente diversos (Caporal, 2009). Este modelo tiene como base la agrobiodiversidad funcional, ya que provee funciones y servicios ecológicos que permiten la autorregulación propia de las comunidades naturales, logrando una mayor estabilidad y resiliencia en los agroecosistemas (Altieri & Nicholls, 2009). Entre los servicios ecológicos de regulación (Martín-López & Montes 2010) provistos por la agrobiodiversidad, se encuentran el de control de plagas y el servicio de fuente de alimento y hospedaje para especies auxiliares benéficas; entre otros (Moonen & Bàrberi, 2008; Pérez & Marasas, 2013). Según Swift et al. (2004), el control biológico de plagas y enfermedades es el servicio ecológico más sensible a las modificaciones en la biodiversidad local.

El componente vegetal de la agrobiodiversidad en particular posee un rol relevante para la regulación biótica. Esto se debe a que, en su calidad de primer nivel trófico, constituye el componente clave para contener la diversidad tanto arriba como abajo del suelo.

Por lo tanto, conocer cuáles son aquellas características relevantes de la diversidad vegetal en el agroecosistema es fundamental para el diseño y manejo de sistemas sustentables y resilientes con alta capacidad de autoregulación.

El estudio de la vegetación puede abordarse desde sus tres dimensiones primarias: composición, estructura y función, las cuales son interdependientes (Noss, 1990; Clergue et al., 2005; Díaz & Cabido, 2001; Mason et al., 2003; Péru y Dolédec, 2010). La combinación de las variables estructurales y composicionales de la vegetación, importantes para potenciar o mantener los mecanismos de regulación biótica, tanto en el espacio (ambientes cultivados y no cultivados del agroecosistema) como en el tiempo, definirán los patrones de heterogeneidad vegetal en los sistemas de producción.

Una gran heterogeneidad estructural, determinaría un mayor número de hábitats (Paleologos et al., 2008; Baloriani et al., 2010) y de nichos ecológicos (Duelli & Orbist, 2003), con provisión de alimento (polen, néctar, semillas, jugos de la planta), para parasitoides y predadores, refugios para la hibernación y nidificación (Altieri, 1999a); permitiendo la presencia de enemigos naturales y antagonistas, que garantizarían los mecanismos de regulación biótica (Gliessman, 2002).

Según Southwood & Way (1970) en Nicholls (2006), el nivel de biodiversidad insectil en los agroecosistemas depende de la diversidad de vegetación dentro y alrededor del agroecosistema, la duración del ciclo de producción del cultivo, la intensidad del manejo y el aislamiento del agroecosistema de la vegetación natural. De aquí, que la vegetación presente en las áreas cultivadas y en las no cultivadas, como son los bordes y fronteras de los lotes de cultivo (Marshall & Moneen, 2002) sea relevante a la hora de mantener los mecanismos de regulación biótica. Pérez Consuegra (2004) explica los cambios en la abundancia de plagas en los cultivos, por medio de dos hipótesis que, por un lado, plantean el vínculo directo entre la heterogeneidad vegetal y la probabilidad de evitar que la plaga se establezca en el cultivo; y, por otro lado, asocia esta diversidad vegetal con la colonización y efectividad de los enemigos naturales. En esta línea, dos mecanismos se han señalado como responsables del control o regulación de las poblaciones plagas: el "top down" y el "bottom up" (Landis et al., 2000; Smith & McSorely, 2000 en Altieri & Nicholls, 2007). El mecanismo top-down, plantea la regulación a través de un incremento en los mecanismos de control biológico (predación y parasitismo) (Hipótesis de Enemigos Naturales). El mecanismo bottom-up pone énfasis en la vegetación para explicar la menor abundancia de plagas (Hipótesis de Concentración de recursos).

Entendiendo que estas hipótesis o teorías explican de alguna manera el rol del componente vegetal a la hora de promover y mantener los mecanismos de regulación biótica y favorecer la regulación de plagas, surge la necesidad de contar con una herramienta práctica para aplicar en los campos de los productores y que permita evaluar el potencial de regulación biótica presente en un agroecosistema. Este potencial de regulación biótica se expresa a través de la biodiversidad funcional. La misma se basa en aquellos componentes de la agrobiodiversidad que influyen en cómo funciona el

agroecosistema (Tilman *et al.*, 1997 en Schmera *et al.*, 2017). Si bien la biodiversidad funcional es importante, en comparación con la diversidad taxonómica, los métodos para cuantificarla están menos desarrollados (Petchey & Gastón, 2002).

Aunque existen índices que miden la diversidad biológica (e.g., Shannon-Weaver, Margalef, Simpson, Whittaker, Fisher's alpha), no han sido pensados para la toma de decisiones en el proceso productivo, es decir, desde un punto de vista funcional de la agrobiodiversidad. La agrobiodiversidad es difícil de evaluar, ya que posee gran cantidad de componentes, dimensiones (composicional, estructural, funcional), estacionalidad y particularidad local y regional. Esto plantea una complejidad que requiere de herramientas adecuadas para su evaluación (Clergue, 2005). Existen trabajos que evalúan la biodiversidad agrícola en sistemas productivos, algunos de los cuales toman en cuenta la interacción entre los componentes del agroecosistema (Griffon, 2008) y la relación de la agrobiodiversidad con las funciones ecológicas que proveen (Dubrovsky Berensztein 2018; Öster, *et al.*, 2008; Iermanó *et al.*, 2015). Aun así, es complejo estudiar todos los componentes y sus relaciones a la hora de entender la funcionalidad de los mismos. Queda mucho por investigar desde esta óptica, principalmente en actividades intensivas como la horticultura.

La investigación agroecológica debe tener en cuenta la complejidad ecológica en la que el sistema agrícola es mucho más que la suma de sus componentes (Cohen *et al.*, 2009), intentando considerar el conjunto de las interacciones (Dubrovsky Berensztein, 2018) que se dan en el mismo. Esto representa un enorme desafío a la hora de poder estudiar los agroecosistemas. Un ejemplo de ello es la evaluación de la sustentabilidad, un concepto multidimensional, de alta complejidad, que debe poder ser simplificado para tomar decisiones al respecto. En este sentido se ha avanzado mucho a través del uso y construcción de indicadores que permitan hacer operativo el concepto sin perder información relevante (Sarandón *et al.*, 2006; Sarandón & Flores, 2009; Sarandón & Flores, 2014).

En la región hortícola de La Plata coexisten sistemas con manejo contrastantes respecto a la agrobiodiversidad, al menos desde un punto de vista teórico. Los sistemas convencionales, con alto uso de insumos, pocos cultivos y gran control de la vegetación espontánea; y los sistemas bajo manejo agroecológico, donde no se aplican agroquímicos y se tienen mayores niveles de tolerancia a la vegetación espontánea, tanto dentro como fuera de las parcelas de cultivo (ambientes seminaturales). Poder comparar los niveles de agrobiodiversidad funcional entre ambos sistemas, sería un avance muy importante.

La agrobiodiversidad tiene características similares en cuanto a su complejidad, con lo cual, en este trabajo, se propone construir un conjunto de indicadores para ser utilizados en sistemas productivos hortícolas al aire libre de la región pampeana (entre 1 y 15 hectáreas aproximadamente, la finca promedio en el cinturón hortícola de La Plata, según Ferraris (2014) es de 1 a 3 hectáreas), que permitan predecir, a partir del análisis de la heterogeneidad vegetal, el potencial del sistema para proveer los mecanismos de regulación biótica

asociados al control de plagas; y validarlos, comparando dos sistemas productivos de manejo contrastantes, uno bajo manejo convencional y el otro agroecológico. Se considera que el uso de indicadores permite resumir la heterogeneidad vegetal en un potencial de regulación biótica y que lograría marcar las diferencias entre ambos sistemas. Por otro lado, se considera que el sistema bajo manejo convencional tendrá un potencial de regulación biótica menor que el bajo manejo agroecológico.

METODOLOGÍA

a) Construcción de Indicadores de Heterogeneidad vegetal

La construcción de los indicadores se realizó a partir de la adaptación de la metodología propuesta por Sarandón (2002). De las tres dimensiones que integran la sustentabilidad de un agroecosistema (ecológico-productiva, socio-cultural y económica) los indicadores propuestos se enfocan en la dimensión ecológico-productiva, en particular en el componente vegetal del agroecosistema como primer nivel trófico en la provisión del servicio de control de plagas.

Los indicadores se construyeron teniendo en cuenta una escala predial. Los mismos se desarrollaron en base a relevamientos previos realizados a campo en fincas de producción hortícola familiar del CHLP (Fernández & Marasas, 2015) con diferente manejo (convencional y agroecológico), y también se basaron en la bibliografía consultada. Se consideraron todos los ambientes del predio productivo, que dieran cuenta de la heterogeneidad vegetal en el sistema: el lote cultivado, el borde del mismo, y la frontera continua al borde (Marshall & Moneen, 2002). Además, dentro del lote cultivado, se identificaron las franjas en descanso (FD) como otro ambiente particular a evaluar. La frontera (F) del lote cultivado es la referida a la barrera entre campos o entre dos tipos diferentes de uso de la tierra, donde pueden encontrarse el estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo. El borde (B), se ubica en los primeros metros lindantes hacia el exterior del cultivo, mayormente herbáceo, pero donde puede registrarse heterogeneidad de alturas dentro de ese estrato. El lote de cultivo (LC) es la porción de terreno con los cultivos en crecimiento. La franja en descanso (FD) está constituida por surcos de cultivos ya cosechados en los que se mantiene o no el rastrojo durante cierto tiempo, en función de decisiones de manejo, y en cuya superficie crecen variadas especies vegetales (Fernández *et al.*, 2014).

Las categorías de análisis se desagregaron en sub categorías para comprender en mayor detalle la complejidad abordada, ellas se desagregaron en descriptores, y estos en indicadores.

Para el desarrollo de los indicadores se organizaron dos categorías. Una de ellas (A) agrupa a los indicadores relacionados al control "Bottom up", y la otra (B) a aquellos vinculados al control "Top down" de plagas.

De cada categoría de análisis se desprendieron subcategorías, descriptores e indicadores, que permitieron organizar y analizar con mayor profundidad los aspectos relevantes de la heterogeneidad vegetal,

vinculados a los mecanismos atrayentes y disuasivos de plagas. En estos niveles de análisis fue necesario organizar las variables en procedimientos o fórmulas que explican su vinculación.

Se construyeron escalas para cada nivel de agregación. Como las variables se expresan en distintas unidades, se procedió a estandarizarlas, mediante una escala del 0 al 4 con el criterio de darle el mayor valor (4) a lo más favorable. Los indicadores se ponderaron según su importancia relativa. Para esto se multiplicó el valor de la escala de cada indicador por un coeficiente en base a la importancia asignada a cada uno en el servicio ecológico mencionado. Las ponderaciones se realizaron solo al nivel de los indicadores.

b) Implementación de indicadores a campo

Se evaluaron dos fincas de producción hortícola de tipo familiar del Cinturón Hortícola de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina, una de las fincas con manejo convencional y la otra con manejo de base agroecológica. Ambas fincas se encuentran en la zona del Parque Pereyra Iraola (Cinturón Hortícola de La Plata), por este motivo la vegetación circundante a ambas fincas es similar. Los lotes cultivados de las fincas tuvieron entre 10.000 a 15.000 m² de superficie cada uno. El manejo convencional es caracterizado por un alto uso de agroquímicos de gran poder de control y persistencia (plaguicidas, fungicidas y herbicidas), de manera preventiva y bajo calendario, sin monitoreos previos (Souza Casadinho & Bocero, 2008). Además, los productores que realizan manejo de tipo convencional, compran la totalidad de las semillas y plantines que utilizan. En el manejo agroecológico, no se realiza aplicación de agroquímicos. Los productores que llevan adelante un manejo agroecológico, eventualmente realizan preparados caseros, orgánicos, para responder ante una plaga o enfermedad. Ellos compran las semillas y plantines para la producción de ciertos cultivos, aunque eventualmente también guardan semillas y producen sus propios plantines de algunas variedades.

La evaluación se realizó en el otoño-invierno 2017. Los cultivos presentes en el LC al momento de la implementación de los indicadores fueron lechuga (*Lactuca sativa* L.), brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Itálica Plenck*), akusay (*Brassica rapa* L. var. *glabra Regel* [=*B. pekinensis* (Lour.) Rupr., = *Sinapis pekinensis* Lour.], repollo blanco y morado (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.), cebolla de verdeo (*Allium cepa* L. var. *cepa*), remolacha (*Beta vulgaris* L. var. *vulgaris*), nabiza (*Brassica rapa* L.), achicoria (*Cichorium intybus* L.), rabanito (*Raphanus sativus* L. var. *sativus*), acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* L.), repollito de Bruselas (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera* (DC.) Zenker), puerro (*Allium ampeloprasum* L.), kale (*Brassica oleracea* L. var. *Acephala* DC.) y mostaza morada (*Brassica juncea*) en el sistema agroecológico. En el sistema convencional los cultivos fueron repollo blanco y morado (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), hinojo (*Foeniculum vulgare* Mill.), cebolla de verdeo (*Allium cepa* L. var. *cepa*), puerro (*Allium ampeloprasum* L.), acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* L.), perejil (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) y remolacha (*Beta vulgaris* L. var. *vulgaris*).

RESULTADOS

a) Indicadores de potencial de regulación biótica del agroecosistema basados en la Heterogeneidad Vegetal del mismo.

Se presentan el conjunto de indicadores de heterogeneidad vegetal discriminados en dos categorías (Tablas 1 y 2). Una de ellas agrupa a los indicadores relacionados al mecanismo de control "Top down" de plagas (Categoría A) y la otra a aquellos vinculados al "Botton up" (Categoría B). En la Tabla 1, para cada categoría, subcategoría y descriptor se indica la fórmula con la cual se calculan. En las fórmulas para la obtención del valor de cada descriptor, está expresada la ponderación que se le ha dado a cada indicador (^P).

A los indicadores se les otorgó diferente peso relativo. En el descriptor "Flores en ambientes seminaturales asociados al LC", se le ha otorgado mayor peso en la ponderación al indicador "Flores en el Borde", por su mayor influencia sobre LC dada por la cercanía a dicho ambiente.

Para calcular el Descriptor "Flores en LC", se ha otorgado mayor peso a las Flores de vegetación espontánea, ya que no todos los cultivos realizados llegan al momento de la floración antes de su cosecha.

Para calcular el valor del descriptor "Het. Veg. en LC", se le ha otorgado mayor peso en la ponderación a los indicadores Franjas en Descanso y Número de Familias de cultivos. Franjas en descanso por haber constatado que es una porción del LC que aloja alta diversidad vegetal, así como también EN (Dubrovsky *et al.*, 2017). Al N° de Familias de cultivos porque aporta a la diversidad cultivada el que existan cultivos de distintas familias, más que varios cultivos de una única familia botánica (las distintas familias botánicas poseen diferente funcionalidad, en cuanto a requerimientos, y son susceptibles al ataque de diferentes organismos).

Para calcular el valor de los indicadores se han ponderado con mayor valor a las variables Abundancia de flores y Presencia/ausencia de Familias Asteraceae, Fabaceae y Apiaceae. La primera debido a que es importante no solo la existencia de una especie en flor, sino la abundancia en la que se encuentran. El segundo, se ha ponderado debido a que las tres familias mencionadas son reconocidas por su función ecológica en albergar artrópodos beneficiosos que ayudan a controlar las plagas.

Justificación de las categorías, subcategorías y descriptores

Categoría A. Heterogeneidad Vegetal favorable a los enemigos naturales (HVEN): la presencia y actividad de los enemigos naturales, requiere fuentes de alimento en todos sus estadios; y disponibilidad de nichos para refugio, reproducción, y alimentación de predadores. Las dos subcategorías de esta categoría se organizaron en función de las características vegetacionales necesarias para cada uno de los grupos de enemigos naturales más representativos, principalmente parasitoides y predadores.

Tabla 1. Categorías, subcategorías, descriptores e indicadores de Heterogeneidad Vegetal.

Categoría	Subcategoría	Descriptor	Indicador
A. Patrones de Heterogeneidad Vegetal favorables a los enemigos naturales (Control down)= $P(A_1 + A_2)/2$	A ₁) Disponibilidad de Polen y Néctar = $P(I + II + III)/3$	I. Flores en ambientes seminaturales asociados al LC = $P(ax2 + b)/3$	a) Flores en Borde b) Flores en Frontera
		II. Flores en el LC = $P(cx2 + d)/3$	c) Flores de vegetación espontanea en LC d) Flores de vegetación cultivada: % de superficie con cultivos que florecen antes de cosecha
		III. Distribución espacial de flores	e) N° de Ambientes del agroecosistema en los que se registran flores
		IV. Heterogeneidad vegetal en ambientes seminaturales del agroecosistema = $P(f + g + h)/3$	f) Heterogeneidad vegetal en Borde g) Heterogeneidad vegetal en Frontera h) Diversidad Natural circundante
		V. Heterogeneidad vegetal en el LC = $P(ix2 + j + kx2 + l + m + n)/8$	i) Franjas en Descanso: porcentaje de la superficie del lote de cultivo en descanso j) Riqueza de cultivos k) N° familias de cultivos l) EF de cultivos m) Cobertura vegetal n) Cultivos perennes
	A ₂) Disponibilidad de nichos para refugio, reproducción, y alimentación de predadores = $P(IV + V + VI)/3$	VI. Interacción amb. seminatural-LC	o) Relación perímetro/área
		VII. Barreras mecánicas = $P(p + q)/2$	p) Barrera física en ambientes seminaturales aledaños al LC q) Barrera física en el LC
		VIII. Barreras disuasivas (visuales y/o químicas, no físicas) =	r) Diversidad de cultivos s) Intercalado de cultivos t) Especies aromáticas en el lote de
		IX. Heterogeneidad temporal	u) Rotaciones
		X. Variedades botánicas locales	v) N° de variedades locales cultivadas
B. Heterogeneidad vegetal funcional a la disuasión de plagas (Control Bottom up) = $P(VII + VIII + IX + X)/4$			

Subcategoría A₁ Disponibilidad de Polen y Néctar
La presencia de flores es importante para la permanencia de los enemigos naturales en el predio. Muchas flores son proveedoras de polen y néctar, para los adultos parasitoides y de algunos estadios de depredadores (Alomar & Albajes, 2005). Para garantizar dicho alimento, es necesario que existan especies en floración a lo largo de todo el año. El color, forma y tamaño de las flores también influyen en la selección del alimento por parte de estos enemigos naturales. Los enemigos naturales pueden encontrar este recurso en las flores de las plantas cultivadas, en las plantas silvestres florecidas que se asocian a los cultivos, en la vegetación de los bordes y las fronteras, así como también en las plantas florecidas que crecen y se desarrollan en ambientes circundantes (Long *et al.*, 1999 en Vázquez Moreno *et al.*, 2008).

Descriptor I. Flores en ambientes seminaturales
La presencia de especies en flor en ambientes asociados al lote cultivado (LC), como lo son el Borde (B) y la Frontera (F), proveen de recursos necesarios para la alimentación de ciertos enemigos naturales, y resultan especialmente importantes cuando estos recursos no están presentes en el LC, ó cuando las condiciones ambientales en el LC no son apropiadas

(por ej. en el momento de aplicación de agroquímicos). Este descriptor comprende 2 indicadores: Flores en el Borde y Flores en la Frontera. Ambos son indicadores complejos, que resultan de las variables Riqueza de especies en flor, Abundancia de flores, Presencia/ausencia Familias Apiaceae, Fabaceae, Asteraceae (Brassicaceae, Lamiaceae y Boraginaceae), y Colores de Flores (ver Tabla 2).

Descriptor II. Flores en el Lote Cultivado
Las flores del lote cultivado pueden pertenecer tanto a la vegetación espontánea como a los cultivos. Lizardi (2006) registró que en las parcelas de mayor diversidad de especies vegetales con flor se desarrolló una mejor relación enemigo natural-plaga, que en las parcelas mono específicas.

Este descriptor está compuesto por dos indicadores: Flores de vegetación espontanea en LC, un indicador complejo que resulta de las variables Riqueza de especies en flor, Abundancia de flores, Presencia/ausencia Familias Apiaceae, Fabaceae, Asteraceae (Brassicaceae, Lamiaceae y Boraginaceae) y Colores de Flores; y el indicador Flores de la vegetación cultivada, para el cual se calcula el porcentaje de superficie con cultivos que florecen antes de cosecha.

Tabla 2. Indicadores y su escala de valoración. Para los indicadores complejos*, formados por más de una variable, se incluye la ponderación de dichas variables, y la fórmula para calcular el valor final del indicador (P).

Indicadores	Escala de valoración de los indicadores	
CATEGORIA A. Patrones de Heterogeneidad Vegetal favorables a los enemigos naturales (Control Top down)		
Subcategoría A ₁) Disponibilidad de Polen y Néctar		
Descriptor FLORES EN AMBIENTES SEMINATURALES ASOCIADOS AL LC		
a)* Flores en Borde = $(P)(a_1 + a_2 \times 3 + a_3 \times 2 + a_4)/7$	a ₁) Riqueza de especies en flor en el Borde	(0): hasta 1 especie en flor (2): más de 1 y hasta 4 especies en flor (4): más de 4 especies en flor
	a ₂) Abundancia de flores en el Borde (en base a escala abundancia/cobertura de Braun Blanquet)	(0): 0% (1): entre mayor a 0% y menor a 2% (2): entre 2% y menor del 5% (3): entre 5% y menor del 10% (4): 10% ó mayor
	a ₃) Presencia/Ausencia de familias ASTERACEAE, FABACEAE y APIACEAE (BORRAGINACEAE, BRASSICACEAE, LAMIACEAE en el Borde	(0): Ausencia Apiaceae, Fabaceae, Asteraceae (1): Presencia de 1 de las tres familias (2): Presencia de 2 de las tres familias (3): Presencia de las 3 familias (4): Presencia de las 3 familias más Brassicaceae y/o Boraginaceae y/o Lamiaceae.
	a ₄) Colores de flores en el Borde x 1	(0): Ausencia de flores, ningún color (1): Flores de 1 color (2): Flores de 2 colores (3): Flores de 3 colores (4): Flores de 4 o más colores.
b)* Flores en Frontera = $(P)(b_1 + b_2 \times 3 + b_3 \times 2 + b_4)/7$	b ₁) Riqueza de especies en flor en la Frontera	(0): entre 0 y menos de 4 especies en flor (2): entre 4 y menos de 8 especies en flor (4): 8 ó más especies en flor
	b ₂) Abundancia de flores en la Frontera (en base a escala abundancia/cobertura de Braun Blanquet)	(0): 0 % (1): entre mayor a 0% y menor a 2% (2): entre 2% y menor del 5% (3): entre 5% y menor del 10% (4): 10% ó mayor
	b ₃) Presencia/Ausencia de familias ASTERACEAE, FABACEAE y APIACEAE (BORRAGINACEAE, BRASSICACEAE, LAMIACEAE en la Frontera	(0): Ausencia Apiaceae, Fabaceae, Asteraceae (1): Presencia de 1 de las tres familias (2): Presencia de 2 de las tres familias (3): Presencia de las 3 familias (4): Presencia de las 3 familias más Brassicaceae y/o Boraginaceae y/o Lamiaceae.
	b ₄) Colores de flores en la Frontera	(0): Ausencia de flores, ningún color (1): Flores de 1 color (2): Flores de 2 colores (3): Flores de 3 colores (4): Flores de 4 o más colores
Descriptor FLORES EN EL LC		
c)* Flores de vegetación espontanea en LC = $(P)(c_1 + c_2 \times 3 + c_3 \times 2 + c_4)/7$	c ₁) Riqueza de especies de vegetación espontanea en flor en LC	(0): desde 0 hasta 2 especies en flor (2): más de 2 y hasta 4 especies en flor (4): más de 4 especies en flor
	c ₂) Abundancia de flores de vegetación espontanea en LC (en base a escala abundancia/cobertura de Braun Blanquet)	(0): 0 % (1): mayor a 0% y menor a 2% (2): entre 2% y menor del 5% (3): entre 5% y menor del 10% (4): 10% ó mayor
	c ₃) Presencia/Ausencia de familias ASTERACEAE, FABACEAE y APIACEAE (BORRAGINACEAE, BRASSICACEAE, LAMIACEAE) de vegetación espontanea en LC	(0): Ausencia Apiaceae, Fabaceae, Asteraceae (1): Presencia de 1 de las tres familias (2): Presencia de 2 de las tres familias (3): Presencia de las 3 familias (4): Presencia de las 3 familias más Brassicaceae y/o Boraginaceae y/o Lamiaceae.

Tabla 2 (Continuación). Indicadores y su escala de valoración. Para los indicadores complejos*, formados por más de una variable, se incluye la ponderación de dichas variables, y la fórmula para calcular el valor final del indicador (P).

Indicadores		Escala de valoración de los indicadores
	c ₄) Colores de flores de vegetación espontánea en LC	(0): Ausencia de flores, ningún color (1): Flores de 1 color (2): Flores de 2 colores (3): Flores de 3 colores (4): Flores de 4 o más colores
	d) Flores de vegetación cultivada: % de superficie con cultivos que florecen antes de cosecha	(0): 0% (1): mayor a 0% y menor a 15% (2): entre 15% y menor a 25% (3): entre 25% y menor del 50% (4): 50% ó mayor
Descriptor DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE FLORES		
	e) N° de Ambientes del agroecosistema en los que se registran flores	(0): Ausencia de flores en todos los ambientes (2): Presencia de flores solo en los ambientes seminaturales o solo en el Lote cultivado (4): Presencia de flores en todos los ambientes
Subcategoría A ₂) Disponibilidad de nichos para refugio, reproducción y alimentación de predadores		
Descriptor HETEROGENEIDAD VEGETAL EN AMBIENTES SEMINATURALES DEL AGROECOSISTEMA		
f)* Heterogeneidad vegetal en Borde= (P) (f ₁ + f ₂ + f ₃) /3	f ₁) Het. Vertical en borde (estratos cada 25 cm)	(0): Bordes desnudos (1): Bordes con 1 estrato de vegetación espontánea (2): Bordes con 2 a 3 estratos de vegetación espontánea (3): Bordes con 4 a 6 estratos de vegetación espontánea (4): Bordes con más de 6 estratos de vegetación espontánea
	f ₂) Riqueza de sp. en borde	(0): 0 a 5 especies (2): 6 a 11 especies (4): 12 especies ó más
	f ₃) Cobertura veg. en borde	(0): 0%-15% (1): 15%-25% (2): 25%-50% (3): 50%-75% (4): ≥75%
g)* Heterogeneidad vegetal en Frontera = (P) (g ₁ + g ₂) /2	g ₁) Het. Vertical en frontera (estratos)	(0): Solo estrato herbáceo (1): Estrato herbáceo y arbustivo o arbóreo de especie exótica (2): Estrato herbáceo y arbustivo o arbóreo de especie nativa (3): Estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo de especie solo exótica (4): Estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo de especie nativa
	g ₂) Riqueza de sp. en frontera	(0): entre 0 y 4 especies (1): entre 5 y 9 especies (2): entre 10 y 14 especies (3): entre 15 y 19 especies (4): 20 especies ó mas
	h) Diversidad Natural circundante	(0): Rodeado por caminos, calles, autopistas, invernáculos o monocultivos al aire libre con manejo convencional (2): Rodeado al menos en un lateral por vegetación natural o seminatural (4): Rodeado al menos en un 50% de los laterales por vegetación natural o seminatural.
Descriptor HETEROGENEIDAD VEGETAL EN EL LC		
	i) Franjas en Descanso: porcentaje de la superficie del lote de cultivo en descanso	(0): 0% - 4% de la superficie del lote (1): 5% al 9% de la superficie del lote (2): 10% al 14% de la superficie del lote (3): 15% al 19% de la superficie del lote (4): ≥al 20% de la superficie del lote.
	j) Riqueza de cultivos	(0): 1 cultivo (1): 2 a 4 cultivos (2): 5 a 7 cultivos (3): 8 a 10 cultivos (4): Mas de 10 cultivos

Tabla 2 (Continuación). Indicadores y su escala de valoración. Para los indicadores complejos*, formados por más de una variable, se incluye la ponderación de dichas variables, y la fórmula para calcular el valor final del indicador (P).

Indicadores	Escala de valoración de los indicadores
k) N° familias de cultivos	(0): 1 familia botánica (1): 2 a 3 familias botánicas (2): 4 familias botánicas (3): 5 a 6 familias botánicas (4): 7 o más familias botánicas
l) Estados Fenológicos de los cultivos (EF)	(0): 1 EF (2): 2 EF (4): 3 o más EF
m) Cobertura vegetal	(0): Entre 0% y 15% del lote cultivado (1): Entre 15% y 25% del lote cultivado (2): Entre 25% y 50% del lote cultivado (3): Entre 50% y 75% del lote cultivado (4): Mayor a 75% del lote cultivado
n) Cultivos perennes	(0): Ausencia de cultivo perenne (2): Cultivo perenne fuera del LC, a una distancia \leq a 50 mts del LC (4): Cultivo perenne dentro del LC
Descriptor INTERACCION AMB. SEMINATURAL-LC	
o) Relación perímetro/área	(0): menor a 0,02 m/m ² (1): de 0,02 m/m ² a menor a 0,04 m/m ² (2): de 0,04 m/m ² a menor a 0,06 m/m ² (3): de 0,06 m/m ² a menor a 0,08 m/m ² (4): 0,08 m/m ² o mayor
CATEGORIA B. Heterogeneidad vegetal funcional a la disuasión de plagas (Control Bottom up)	
Descriptor BARRERAS MECÁNICO-FÍSICAS	
p)* Barrera física en ambientes seminaturales aledaños al LC = $\frac{p_1 + p_2}{2}$	p ₁) Distancia de la barrera vegetal al borde del LC (0): más de 5 m (2): entre más de 3 m y hasta 5 m (4): 3 m ó menos
p ₂) N° estratos vegetales de la barrera	(0): Frontera y/o bordes solo con estrato herbáceo (2): Frontera y/o bordes con estrato herbáceo y arbustivo o arbóreo (4): Frontera y/o bordes con estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo.
q) Barrera física en el LC: N° y disposición de hileras con característica de barrera física	(0): Ausencia de hilera de cultivo y/o de vegetación espontánea con características de barrera física (1): 1 hacia el centro del LC (2): 1 cercana a un borde del LC (3): 2 o más intercaladas dentro del lote (4): 2 o más cercanas a los bordes del LC.
Descriptor BARRERAS DISUASIVAS (NO FÍSICAS)	
r) Diversidad de cultivos Índice Diversidad de Cultivos = $[(N^\circ \text{ cultivos}) \times 1 + (N^\circ \text{ familias botánicas de los cultivos}) \times 2 + (N^\circ \text{ EF}) \times 1] / 4$	(0): entre 0 y menor a 3 (2): entre 3 y menor a 6 (4): 6 o mayor.
s) Intercalado de cultivos	(0): Ausencia de cultivos intercalados (1): Hasta 2 cultivos intercalados en hileras o surcos (2): Entre 3 y 4 cultivos intercalados en hileras o surcos (3): Entre 5 y 6 cultivos intercalados en hileras o surcos (4): Mas de 6 cultivos intercalados en hileras o surcos
t) Especies aromáticas en el lote de cultivo y/o ambientes aledaños	(0): Ausencia de especies aromáticas (1): Aromáticas en ambientes aledaños al LC a más de 10 m del mismo (2): 1 hilera/franja de aromáticas en el LC ó una hilera de aromáticas en ambientes aledaños a menos de 10 m del LC (3): Mas de 1 hilera/franja de aromáticas cultivadas en el LC (4): Mas de 1 hilera/franja de aromáticas cultivadas en el LC y en ambientes aledaños a menos de 10 m del LC

Tabla 2 (Continuación). Indicadores y su escala de valoración. Para los indicadores complejos*, formados por más de una variable, se incluye la ponderación de dichas variables, y la fórmula para calcular el valor final del indicador (P^o).

Indicadores	Escala de valoración de los indicadores
Descriptor HETEROGENEIDAD TEMPORAL	
u) Rotaciones	(0): No realiza rotaciones (1): Realiza rotaciones eventualmente, no todas las campañas de siembra (2): Hay rotaciones casuales no planificadas (3): Realiza rotaciones planificadas en función de no repetir cultivos (4): Realiza rotaciones planificadas teniendo en cuenta las plagas de los cultivos y relación con organismos patógenos
Descriptor VARIEDADES BOTÁNICAS LOCALES	
v) N° de variedades locales cultivadas	(0): Ninguna variedad local (1): 1 variedad local (2): Entre 2 y 3 variedades locales (3): Entre 4 y 5 variedades locales (4): Mas de 5 variedades locales

Descriptor III. Distribución espacial de Flores

La distribución de las flores en el agroecosistema, ya sea que estén presentes en el lote de cultivo y/o también en los ambientes asociados como los bordes y fronteras, crean distintas condiciones de hábitat favorables a los insectos benéficos (Nicholls & Altieri, 2013). El indicador para este descriptor es el Número de Ambientes del agroecosistema en los que se registran flores.

Subcategoría A₂. Disponibilidad de Nichos para refugio, reproducción y alimentación de predadores.

Para garantizar la presencia de predadores generalistas y especialistas en el agroecosistema, es necesaria la presencia de nichos para proveerles de refugio, condiciones para su reproducción y provisión de alimento. Esto se logra con la existencia de ambientes favorables para que dichos predadores permanezcan en el sistema. Los carábidos, gran parte de los cuales son de hábitos predadores, tienen una fuerte relación con los tipos de cobertura vegetal del suelo (Paleologos *et al.*, 2007). La presencia de distinto tipo de arañas (organismos predadores), está relacionada con las características de la vegetación (Baloriani *et al.*, 2009). Los predadores pueden encontrar condiciones aptas para su desarrollo, en los ambientes asociados al lote de cultivo, como así también en el propio lote cultivado (según el manejo que se realice en el mismo).

Descriptor IV. Heterogeneidad vegetal en ambientes seminaturales del agroecosistema asociados al LC

En estos ambientes se da la presencia de diversos tipos de parches, con vegetación espontánea o con vegetación implantada (ej. cortinas forestales, cercos vivos), lo cual posibilita la presencia de diferentes microhábitats dentro de un paisaje más uniforme, con el consiguiente aumento de la posibilidad de permanencia de las especies de artrópodos de comportamiento más estenoico, como lo son la mayoría de los enemigos naturales de las plagas agrícolas (Montero, 2008). Estos ambientes con distinto tipo de vegetación albergan presas/hospederos para los enemigos naturales, proporcionando recursos estacionales y cubriendo brechas en los ciclos de vida de insectos entomopatógenos (Altieri & Whitcomb, 1979; en Nicholls, 2006).

En cuanto a la diversidad estructural de la vegetación en estos ambientes, se tiene en cuenta la estructura vertical (disposición en la distribución vertical de los distintos elementos: número y/o naturaleza de los estratos verticales), ya que estos, con diferentes grados de exposición a la luz del sol, humedad y temperatura, son los que dan heterogeneidad de ambientes para los distintos requerimientos de los enemigos naturales predadores.

Este descriptor está compuesto por tres indicadores: Heterogeneidad vegetal en el Borde, el cual es un indicador complejo que resulta de las variables Estratos verticales en el Borde, Riqueza de especies en el Borde y Cobertura vegetal en el borde; Heterogeneidad vegetal en la Frontera, indicador complejo que resulta de las variables Estratos verticales en la Frontera y Riqueza de especies en la Frontera; y el indicador Diversidad natural circundante.

Descriptor V. Heterogeneidad vegetal en el Lote Cultivado

En el lote cultivado se puede recrear heterogeneidad a partir de la diversidad de la vegetación cultivada, de la cobertura vegetal y la disposición de la vegetación espontánea, lo que redundará en la diversidad de hábitats para la presencia de predadores. En relación a la cobertura vegetal del lote de cultivo, Altieri & Nicholls (2002) y Paleologos *et al.* (2008) encontraron que distintos depredadores generalistas fueron más abundantes en cultivos con cobertura que sin ella.

Los cultivos perennes (como por ejemplo los huertos frutales, ciertas aromáticas), se consideran ecosistemas más estables que los cultivos anuales, ya que sufren menos alteraciones y poseen mayor diversidad estructural (Altieri, 1999a; Paredes *et al.*, 2013). En agroecosistemas que poseen algún componente de cultivo perenne, se pueden esperar bajos problemas de plagas (Yong & Leyva, 2010).

Este descriptor está compuesto por seis indicadores: Superficie del lote de cultivo en descanso (franjas o surcos en descanso), Cobertura vegetal, Número de cultivos, Número de familias botánicas de los cultivos, Estados Fenológicos de los cultivos y Cultivos perennes.

Descriptor VI. Interacción ambiente seminatural-Lote de cultivo

La relación perímetro-área en el lote de cultivo influye en las poblaciones de insectos depredadores (Osman *et al.*, 2001 en Muriel & Vélez, 2004). A mayores tasas de relación perímetro-área, se espera mejor acceso de los enemigos naturales al control de las poblaciones plaga, dado por la distancia que se mueven los depredadores desde los bordes hacia las áreas de cultivo. Se han documentado los movimientos de distintos enemigos naturales desde los márgenes con vegetación natural hacia el centro de los cultivos, alcanzando mayores niveles de regulación biótica las hileras de cultivos adyacentes a vegetación natural (Altieri, 1994 en Vázquez *et al.*, 2008). El indicador para este descriptor es Relación Perímetro área.

Categoría B. Heterogeneidad Vegetal funcional a la disuasión de plagas

Para evitar que los herbívoros plagas lleguen al cultivo, se alimenten y reproduzcan en él, se necesitan tener diversas estrategias como barreras disuasivas que impidan o limiten el arribo de estas (Vázquez Moreno *et al.*, 2008). Los efectos disuasivos se pueden dar ya que, al aumentar la diversidad de plantas, se reduce la ocurrencia de plagas inmigrantes por efectos de barrera física, confusión (color, olor), por efecto de reducción en la concentración del recurso, y, por lo tanto, de fuentes de infestación (Vázquez, 2004 en Vázquez Moreno *et al.*, 2008). La rotación de cultivos posee efectos disuasivos sobre ciertas plagas (Guzmán & Alonso, 2000).

Descriptor VII. Barreras Mecánico-físicas:

Las barreras mecánico-físicas son aquellas que impiden o limitan el arribo de las plagas por efecto de la estructura de la vegetación, constituyendo obstáculos físicos para el desplazamiento de las mismas, principalmente aquellas que se dispersan por el viento: áfidos, trips, ácaros). Las barreras físicas pueden estar formadas por vegetación cultivada o espontánea; arborea, arbustiva o herbácea, de 1,5 m de altura o mayor (Bergelson & Kareiva, 1987). Las barreras físicas en ambientes seminaturales asociados al LC son importantes porque obstaculizan el arribo de las plagas inmigrantes al Lote de cultivo (Vázquez Moreno *et al.*, 2008) y además dificultan el movimiento de la plaga dentro del lote de cultivo y por consiguiente la localización de su planta hospedera. Este descriptor está compuesto por dos indicadores: Barrera física en Ambientes seminaturales aledaños al LC (un indicador complejo, que resulta de las variables Distancia de la Barrera vegetal al borde del Lote cultivado y Número de estratos vegetales de la barrera) y Barrera física en el Lote Cultivado= N° y disposición de hileras con características de barrera física.

Descriptor VIII. Barreras disuasivas (visuales y/o químicas, no físicas) de plagas

Aquellas que actúan a partir de aromas y colores distractivos, repelentes y de enmascaramiento, son importantes ya que los insectos se desenvuelven en su medio ambiente respondiendo a una diversidad de señales o estímulos visuales y químicos. Los aromas de ciertas plantas pueden afectar la dinámica de búsqueda de algunas plagas (Altieri, 1997) al provocar enmascaramiento de las plantas hospederas, confusión y/o repelencia. En relación a los aromas, la planta emite

alomonas y resulta favorecida pues disminuye la posibilidad de que un herbívoro generalista o polífago pueda utilizarla como fuente de alimento, ya que lo repele, disuade la alimentación o la ovoposición, e interrumpe su desarrollo, por lo cual las alomonas actúan como defensas químicas naturales contra los herbívoros (Mareggiani, 2001). Entre las plantas que emiten alomonas se encuentran la borraja (*Borago officinalis* L.), salvia (*Salvia officinalis* L.), caléndula (*Calendula officinalis* L.), diente de león (*Taraxacum officinale* F. H. Wigg.), tomillo (*Thymus vulgaris* L.), albahaca (*Ocimum basilicum* L.), cilantro (*Coriandrum sativum*), perejil (*Petroselinum crispum* (Mill.) A. W. Hill), ajo (*Allium sativum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.), puerro (*Allium porrum* L.) y zanahoria (*Daucus carota* L.), entre otras.

Los policultivos crean un ambiente químico y visual que genera resistencia a los herbívoros (Pérez & Marasas, 2013) planteado en la "Hipótesis de Resistencia Asociacional" (Altieri, 1992). La presencia de cultivos no hospederos puede interferir con la habilidad del insecto para detectar plantas hospederas, al enmascarar visualmente la presencia de la planta o por la producción de compuestos volátiles que confunden al insecto. De esta manera, un hábitat diverso puede reducir la "apariencia" de la planta hospedera a los insectos plaga (Smith & Liburd, 2015). De allí que una alta diversidad de cultivos, su disposición intercalada en hileras o surcos, así como la asociación benéfica entre cultivos, son elementos que contribuyen en este sentido.

Este descriptor está compuesto por cuatro indicadores: Diversidad de Cultivos (indicador complejo que resulta de las variables Número de cultivos, Número de familias de cultivos y Número de estados fenológicos), Intercalado de cultivos y Especies aromáticas.

Descriptor IX. Heterogeneidad temporal

En los agroecosistemas donde se realizan rotaciones se pueden esperar bajos potenciales de plagas (Altieri, 1999b). La rotación de cultivos es eficaz en el control de la proliferación de plagas con los siguientes requisitos: plagas que tienen un rango estrecho de huéspedes y plagas que son incapaces de sobrevivir largo tiempo sin un huésped vivo (Guzmán & Alonso, 2008). Además, los residuos de un cultivo pueden promover la actividad de organismos antagonistas de plagas para el cultivo siguiente (Gliessman, 2002; en Pérez & Marasas, 2013). El indicador para este descriptor es Rotaciones de cultivos.

Descriptor X. Variedades botánicas locales

Las variedades locales, son variedades botánicas de los cultivos, que, a lo largo de más de 50 años de reproducción, han adquirido cualidades que les permitieron cierta adaptación a las características edafoclimáticas de la región (Garat *et al.*, 2007). Esta adaptación las hizo más resistentes a las plagas y enfermedades. El uso de variedades locales también es una de las estrategias utilizadas por muchos agricultores para minimizar la pérdida de cosechas en el marco del cambio climático (Altieri & Nicholls, 2012). Existen muchas poblaciones de hortalizas locales identificadas en el CHLP (Garat *et al.*, 2007; Garat *et al.*, 2009). El indicador para este descriptor es Número de variedades locales cultivadas.

b) Aplicación de los indicadores en dos sistemas contrastantes

La aplicación de los indicadores permitió detectar importantes diferencias en el potencial de regulación biótica entre ambos sistemas, tanto en general como en sus dos dimensiones (top down - y bottom up) analizadas. Los mayores valores de biodiversidad se observaron en el sistema de manejo agroecológico (Tabla 3).

Se detalla a continuación lo observado a campo para cada una de las categorías, subcategorías y sus indicadores.

Categoría A. Heterogeneidad Vegetal favorable a los enemigos naturales (HVEN)

Para las variables que miden la “Disponibilidad de Néctar”, se observó un mayor o igual valor en general para el sistema agroecológico que el convencional, a excepción de “Flores en la Frontera” que registró un mayor valor en el sistema convencional (Figura 1).

Respecto a la “Disponibilidad de Nichos para refugio, reproducción y alimentación de predadores”, se observó que los indicadores del descriptor “Interacción entre ambientes seminaturales y LC” (“Relación Perímetro-área” y “Cultivos perennes”), fueron mayores en el sistema agroecológico respecto al convencional (Figura 2). Luego, entre los indicadores del descriptor “Heterogeneidad vegetal en ambientes seminaturales asociados al LC”, dos de ellos, “Heterogeneidad vegetal en Bordes” y “Diversidad natural circundante”, también fueron mayores en el sistema agroecológico respecto al convencional. En cambio, el indicador “Heterogeneidad vegetal en la Frontera” tuvo mayor valor en el sistema convencional, aunque en el agroecológico el valor también fue alto. Por último, entre los indicadores del descriptor “Heterogeneidad vegetal en el lote cultivado”, excepto el de “Estados fenológicos de los cultivos” que tuvo el máximo valor para ambos sistemas de manejo, los otros indicadores (Riqueza de cultivos, Número de familias botánicas de los cultivos, Superficie en descanso y Cobertura vegetal) fueron mayores en el sistema agroecológico respecto al convencional.

Categoría B. Heterogeneidad Vegetal funcional a la disuasión de plagas

Dentro de esta categoría, todos los indicadores fueron mayores en el sistema de manejo agroecológico respecto al convencional, excepto el indicador “Especies Aromáticas en LC y/o ambientes aledaños”, el cual tuvo el máximo valor para ambos sistemas de manejo (Figura 3).

DISCUSIÓN

La evaluación del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas a partir del análisis de la heterogeneidad vegetal presente es uno de los mayores desafíos actuales para poder diseñar y manejar agroecosistemas sustentables, menos dependientes de insumos. La evaluación de la complejidad es una de las limitantes más importantes en la búsqueda de metodologías para operativizar estos conceptos multidimensionales. La metodología de indicadores, que permiten simplificar conceptos multidimensionales ha sido adecuada, por ejemplo, para medir la sustentabilidad en agroecosistemas (Altieri & Nicholls, 2002; Sarandón & Flores, 2009; Sarandón *et al.*, 2006), la biodiversidad vegetal (Vite Cristóbal, 2014), la biodiversidad agrícola (OCDE, 2001), la biodiversidad en agroecología (Griffon, 2008) y el potencial de regulación biótica en sistemas extensivos (Iermanó *et al.*, 2015). Los indicadores presentados en este trabajo, son un nuevo aporte ya que permiten evaluar el potencial de regulación biótica en sistemas hortícolas familiares, al aire libre, e identificar los componentes de la vegetación, los ambientes y/o aspectos del manejo de la vegetación (tanto cultivada como espontánea) a modificar o rediseñar. Las variables elegidas fueron sensibles a la hora de analizar las características de la heterogeneidad vegetal. Los resultados obtenidos en los estudios de caso dan cuenta de esta afirmación. Los mecanismos “Bottom-up” y “Top down” son estrategias útiles a fin de implementar alternativas que mantengan bajo el nivel de umbral de daño de las poblaciones de fitófagos, sin que lleguen a constituir un problema de plagas (Polack, 2008). Para ello es necesario intervenir sobre el componente vegetal de los agroecosistemas, ya que tanto la hipótesis de la concentración del recurso como la hipótesis del enemigo natural coinciden en que la principal causa de la aparición de plagas es la baja diversidad vegetal presente en los sistemas mencionados (Paleólogos & Flores, 2014). Esta información es importante a la hora de tomar decisiones de manejo vinculadas al control de plagas, ya que la vegetación es el factor clave para diseñar hábitats que permitan restaurar funciones no presentes en los agroecosistemas disturbados (Tito, 2007). Pero, en ocasiones, son conceptos meramente académicos que cuesta evaluar e implementar, así como también traducirlos en diseños concretos en fincas productivas. Es necesario entonces hacerlos más operativos.

Tabla 3. Valores resultantes de la suma ponderada de todos los indicadores, para las Categorías A (Top down) y B (Bottom up), y totales.

Sistema de Manejo	Categoría A Top down	Categoría B Bottom up	Heterogeneidad Vegetal funcional a la regulación de plagas
Convencional	1,77	1,25	1,44
Agroecológico	2,92	3,29	3,10

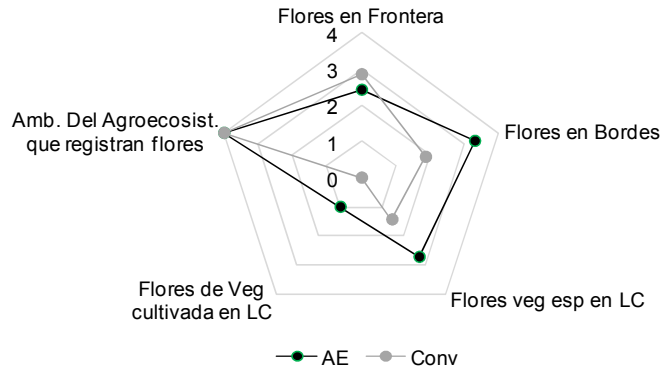


Figura 1. Indicadores de la subcategoría A1 “Disponibilidad de polen y néctar”, para los sistemas de manejo agroecológico (AE) y convencional (Conv)

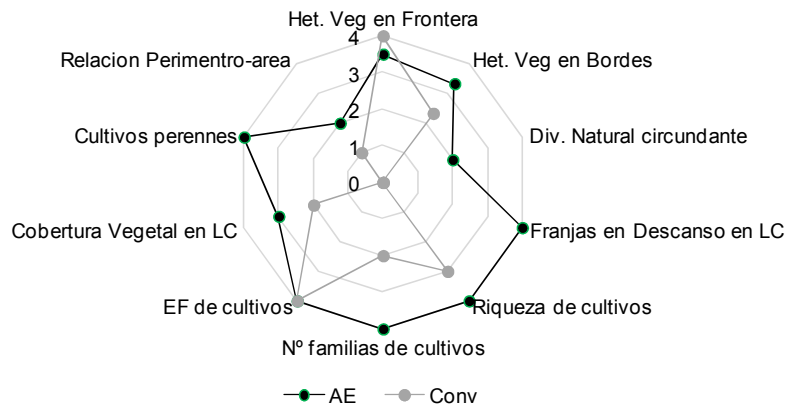


Figura 2. Indicadores de la subcategoría A2 “Disponibilidad de Nichos para refugio, reproducción y alimentación de predadores”, para los sistemas de manejo agroecológico (AE) y convencional (Conv).

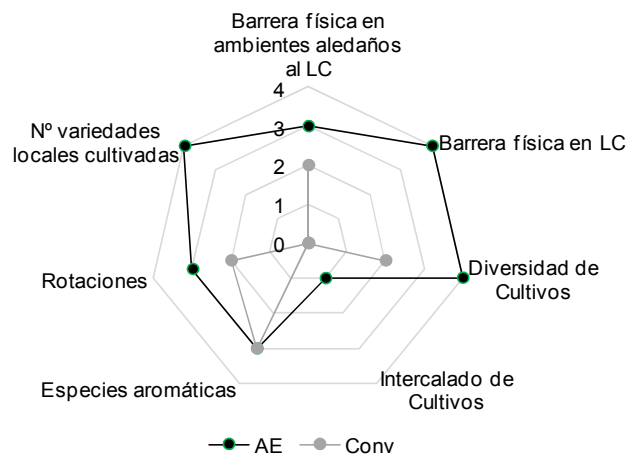


Figura 3. Indicadores de la Categoría B “Heterogeneidad vegetal funcional a la disuasión de plagas”, para los sistemas de manejo agroecológico (AE) y convencional (Conv).

Los Indicadores basados en la Heterogeneidad Vegetal de los agroecosistemas, en vinculación a los mecanismos Top down (Categoría A de indicadores) y Bottom up (Categoría B de indicadores) presentados en este trabajo, constituyen un avance en este sentido. Su uso permitió identificar aspectos claves de la heterogeneidad vegetal en el agroecosistema, vinculados a la función de regulación de plagas. De esta manera, conceptos complejos como los mecanismos “Bottom-up” y “Top down” pueden analizarse a partir de valores precisos y medibles. Los indicadores, como resultado de su medición a campo, muestran cómo dichos mecanismos pueden traducirse en variables concretas y cuantificables.

Los indicadores deben reunir ciertas características (Sarandón, 2002; Sarandón & Flores, 2009), entre ellas, ser sensibles a un amplio rango de condiciones y a los cambios en el tiempo. Los indicadores propuestos cumplen esta premisa, ya que, por ejemplo, la diversidad de cultivos, el porcentaje de cobertura vegetal en el lote cultivado, el número de variedades locales cultivadas, superficie en descanso, entre otros, se modifican en un plazo relativamente corto con diferentes prácticas de manejo. Sin embargo, para la vegetación es importante tener en cuenta la época del año, por lo que es aconsejable hacer las determinaciones en los dos ciclos productivos, primavera-verano y otoño-invierno. Esto permite tener la información completa de la heterogeneidad vegetal a largo del año y poder desarrollar estrategias de manejo para ambos períodos productivos. Si solo existe posibilidad de hacer el relevamiento en un periodo del año, se debe priorizar el ciclo primavera-verano, ya que es la época en la que los productores poseen mayores problemas de plagas y enfermedades.

Otra de las características que deben reunir los mismos es ser de recolección sencilla, fácil uso y confiables. Los propuestos en este trabajo, son accesibles, principalmente para técnicos y universitarios, ya que, aunque para algunos de ellos se requiere cierto entrenamiento, este es de baja dificultad y no especializado. Además, la metodología propuesta, es más sencilla que el relevamiento de depredadores, parásitos, parasitoides y su identificación. Por otra parte, es totalmente compatible para que sea incorporada o adoptada por más productores, con metodologías participativas (como la investigación acción participativa –IAP-) (Ander Egg, 1990; Guzmán *et al.*, 2013; Cárdenas Grajales, 2009). De esta manera, en conjunto con productores y técnicos, puede lograrse el ajuste de los indicadores que muestran mayor dificultad. Por ejemplo, para evaluar la variable Presencia/Ausencia de familias asteraceae, fabaceae y apiaceae y el número de familias de cultivos, es necesario saber diferenciar dichas familias botánicas. La abundancia de flores, basada en la escala de Braun-blanquet, requiere conocer la escala y entrenamiento visual, que se obtiene con la práctica a campo; para los indicadores de cobertura vegetal del suelo y el porcentaje de la superficie del lote de cultivo en descanso, se requiere poder traducir la superficie observada en el campo a un porcentaje.

Entre otras de las propiedades de los indicadores, según los mismos autores de referencia, se plantea que no sean sesgados ni ambiguos y que sean sencillos de

interpretar. El conjunto de indicadores propuestos cumple con esta característica, ya que, al momento de relevarlos, son independientes del observador o recolector. Además, cada uno expresa con claridad la variable vegetal a relevar, y las escalas construidas no permiten ambigüedad de interpretación (número de especies en flor, riqueza de cultivos, número de familias de cultivos, estados fenológicos de cultivos, cultivos perennes, relación perímetro/área, especies aromáticas en el lote de cultivo, etc). Otra particularidad descrita en la mayoría de los trabajos vinculados a los indicadores es que sean robustos e integradores: en relación a estos aspectos, la herramienta presentada, logra sintetizar procesos complejos como son los mecanismos bottom up y top down, en un conjunto de indicadores que brindan buena información para tener en cuenta en la toma de decisiones de manejo.

Además, los indicadores obtenidos tienen la propiedad de ser sensibles, ya que lograron discriminar o resaltar diferencias en los agroecosistemas estudiados. Esto permitirá sugerir las áreas o puntos críticos a mejorar.

Por último, al definir indicadores se propone que deben ser universales, pero a su vez adaptados a cada condición en particular. Las categorías de análisis, subcategorías y los descriptores presentados están basados en procesos ecológicos, que son universales, por lo que la lógica puede replicarse en otros sitios. Así los indicadores podrán ser utilizados en sistemas hortícolas de otras regiones, para lo cual será necesario ajustar los valores de las escalas a las características de la agrobiodiversidad propias de cada lugar, vinculadas a los aspectos edafoclimáticos particulares y al manejo realizado.

Los indicadores permitieron visualizar el potencial de la vegetación en relación al servicio de control biológico de plagas por conservación en los sistemas de producción. Para representar con mayor claridad los resultados de los indicadores utilizados se eligió el gráfico denominado tela de araña. Este tipo de gráfico ha sido utilizado por muchos autores para representar resultados de trabajos con indicadores (Altieri & Nicholls, 2002; Müller *et al.*, 2006; Sarandón *et al.*, 2006; Silva – Laya *et al.*, 2016). En los gráficos se observan claramente las diferencias entre los sistemas de manejo, esto permite ver la robustez de la herramienta. En este sentido, se observa una marcada diferencia entre ambos sistemas de manejo para la categoría B vinculada a la disuasión de plagas. Esto se debe a que la heterogeneidad vegetal de los sistemas AE permite reducir la ocurrencia de plagas inmigrantes por efectos de barrera física, confusión (color y olor), por efecto de reducción en la concentración del recurso, y, de esta manera, de fuentes de infestación (Vázquez Moreno *et al.*, 2008), además de los beneficios de la rotación de cultivos. La mayoría de estas características relacionadas con la vegetación se encuentran debilitadas en el sistema convencional. En el gráfico de la subcategoría A1 “Disponibilidad de polen y néctar” se ve como las diferencias entre sistemas de manejo se reducen en el ambiente menos disturbado de la frontera, en relación al borde y LC. Esto es interesante a la hora de identificar fuentes de néctar y polen necesarias para los enemigos naturales de plagas que requieren de dichos recursos. Con respecto a la

subcategoría A2, la heterogeneidad vegetal es clave para ofrecer disponibilidad de nichos para refugio, reproducción y alimentación de enemigos naturales predadores. Claramente en el gráfico para esa subcategoría se observa que el sistema agroecológico posee mejores valores en los indicadores, y como en la subcategoría anterior, se repite la reducción de las diferencias entre sistemas de manejo en el ambiente de la frontera.

Al implementar los indicadores a campo, se detectaron aquellos que se alejan del valor óptimo. Esta información es de utilidad para identificar los aspectos de la vegetación sobre los cuales trabajar para fortalecer los mecanismos de regulación biótica en el agroecosistema. De esta manera los productores y técnicos tendrán elementos al momento de tomar decisiones de manejo, en el marco de la búsqueda de soluciones al problema del control de plagas en un contexto de producciones más sustentables. Los resultados obtenidos dan cuenta que el control biológico por conservación es una alternativa viable que requiere de pautas para manejar la heterogeneidad vegetal y los indicadores marcan aquellos aspectos a mejorar a la hora de restablecer la función ecológica de regulación de biótica. Esto es necesario ya que las y los agricultores no han logrado resolver la problemática de plagas a partir del uso creciente de plaguicidas, en parte porque el alto uso de los mismos conlleva la eliminación de enemigos naturales y la adquisición de resistencia por parte de las plagas, entre otros (Polack, 2008; Souza Casadinho, 2010).

Mirar el problema de adversidades a partir de interpretar los componentes de la agrobiodiversidad, ayudaría a disminuir el uso de plaguicidas. Pero medir la totalidad de los componentes de la agrobiodiversidad presentes en un sistema productivo puede resultar muy difícil y costoso. Por lo tanto, evaluar la función ecológica, a partir de la heterogeneidad vegetal necesaria para sostenerla, es una propuesta accesible, viable y de bajo costo. No se necesita equipamiento especializado, es realizable en poco tiempo, y puede ser apropiable por productores, técnicos e investigadores.

En un contexto de demanda creciente de tecnología y nuevas alternativas de producción para la agricultura familiar, las propuestas de tecnologías de procesos (Forjan, 2008) a partir del manejo de la agrobiodiversidad (Jackson *et al.*, 2007; Omer *et al.*, 2007) adquieren relevancia. La herramienta propuesta constituye un aporte en este sentido, para encontrar soluciones al problema del control de plagas con los productores familiares, en el camino de la producción de base agroecológica.

Por último, este estudio da cuenta de la importancia que poseen los lotes de producción al aire libre, por su diversidad cultivada y la presencia de ambientes seminaturales con alto potencial de regulación biótica, independientemente del tipo de manejo desarrollado. Esta información no es menor a la hora de pensar en los modelos productivos del sector, que tienden a incrementar la superficie bajo cubierta de unos pocos cultivos, en detrimento de la superficie al aire libre. Planificar el modelo productivo en el territorio, al momento de pensar en sistemas más sustentables y resilientes, implica considerar los resultados obtenidos

en este trabajo y analizar alternativas para mantener lotes al aire libre como una ventaja productiva que aporta al control biológico de plagas por conservación.

CONCLUSIONES

Es posible medir el potencial de regulación biótica de plagas a partir de la heterogeneidad vegetal del agroecosistema, y diferenciar distintos manejos.

Los indicadores propuestos permitieron comprobar que diferentes lógicas de manejo (convencional y agroecológica) se traducen en diferentes diseños de vegetación, que determinan diferencias importantes en la heterogeneidad vegetal. Dicha heterogeneidad vegetal define diferentes potenciales de regulación biótica.

Los indicadores son adaptables a otras regiones, ya que están basados en procesos universales, entonces esta herramienta puede ser extrapolable a otros escenarios teniendo en cuenta las particularidades locales.

Agradecimientos

A todas las productoras y productores del cinturón hortícola que nos recibieron en sus establecimientos e hicieron posible este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Alomar, O. & R. Albajes.** 2005. Control Biológico de Plagas: Biodiversidad Funcional y Gestión del Agroecosistema. *Biojournal.net* 1: 1-10.
- Alonso, L., C. Bernasconi, C. De Castro, A. Etchegoyen, S. Vittori, L. Peluso & D. Marino.** 2015. Plaguicidas: los condimentos no declarados. XXIII Jornadas de Jóvenes Investigadores del Grupo Montevideo. UNLP.
- Altieri, M. A.** 1992. Biodiversidad, Agroecología y Manejo de plagas. Cetal Ediciones. Valparaíso. 162 pp.
- Altieri, M. A.** 1997. Agroecología. Bases Científicas para una Agricultura Sustentable. Ed. CIED. Lima-Perú. 511 p.
- Altieri, M. A.** 1999a. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31.
- Altieri, M. A.** 1999b. Rotación de Cultivos y Labranza Mínima. En: Altieri, M. A. Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan Comunidad, Montevideo. Capítulo 11: 217-228.
- Altieri, M. A.** 2009. La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable. Universidad de California, Berkeley, USA. <http://www.ayuntamientomotril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/IOAgriculturaModerna.pdf>. Último acceso: mayo 2019.
- Altieri M. A. & C. I. Nicholls.** 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 64: 17-24.
- Altieri, M. A. & C. I. Nicholls.** 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias, evaluación. *Ecosistemas, Bogotá*, 16(1):3-12.

- Altieri, M. A. & C. I. Nicholls.** 2009. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas* 16: 3-13.
- Altieri, M. A. & C. I. Nicholls.** 2012. Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Revista Agroecología* 7 (2):65-83. Universidad de Murcia.
- Ander Egg, E.** 1990. Repensando la Investigación-Acción Participativa. Comentarios, críticas y sugerencias. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 87pp. ISBN: 84-7542-761-8.
- Baldini, C., M. E. Marasas, P. E. Palacios & A. A. Drozd.** 2016. Territorio en movimiento: Análisis de cambio del uso/cobertura del suelo en el partido de La Plata entre 2005 y 2015. First IUFRO Landscape Ecology Latin-American and Second IALE Latin-American Congress: Book of abstracts. Martínez Pastur, Guillermo José & Altamirano, Adison (eds.). 151 p. Temuco (Chile).
- Baloriani, G., M.F. Paleologos, M.E. Marasas & S.J. Sarandon.** 2009. Abundancia y Riqueza de la Macrofauna Edáfica (Coleoptera y Araneae), en Invernáculos Convencionales y en Transición Agroecológica. Arana, Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*. Vol 4 (2): 1733-1737
- Baloriani, G., M. E. Marasas, M. C. Benamú & S. J. Sarandon.** 2010. Estudio de la macrofauna edáfica (Orden Araneae). Su riqueza y abundancia en invernáculos sujetos a un manejo convencional y en transición agroecológica. Partido de La Plata, Argentina. *Agroecología* 5: 33-40.
- Bergelson, J. & P. Kareiva.** 1987. Barriers to movement and the response of herbivores to alternative cropping patterns. *Oecologia* (Berlin) 71:457-460.
- Caporal, F.** 2009. Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis. Brasília. 30 p.
- Cárdenas Grajales, G. I.** 2009. Investigación participativa con agricultores: una opción de organización social campesina para la consolidación de procesos agroecológicos. *Revista Luna Azul*, 29: 95-102. Universidad de Caldas.
- Censo Hortiflorícola de la Provincia de Buenos Aires.** 2005. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Economía, Dirección Provincial de Estadística. Ministerio de asuntos Agrarios, Dirección Provincial de Economía Rural. 115 pp.
- Clergue, B., F.P. Amiaud, F. Lasserre-Joulin & S. Plantureux.** 2005. Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. A review. *Agro. Sustain. Dev.* 25, 1-15.
- Cohen J.E., D.N. Schittler, D.G. Raffaelli & D.C. Reuman.** 2009. Food webs are more than the sum of their tritrophic parts. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106: 22335–22340.
- De la Fuente, E.B. & S.A. Suárez.** 2005. Comunidades de malezas e insectos en el agroecosistema de la Pampa Ondulada, en Oesterheld, M.; M. Aguiar; C. Ghersa y J.M. Paruelo (compiladores). La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas, un homenaje a Rolando J. C. Leon. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Díaz, S. & M. Cabido.** 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(11): 646-655.
- DPBA (Defensoría del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires).** 2015. Relevamiento de la utilización de Agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires – Mapa de Situación e incidencias sobre la salud. Informe técnico. 533 pp.
- Dubrovsky Berensztein, N.** 2018. Estudio de la entomofauna en agroecosistemas de cinturón hortícola de La Plata, para el diseño participativo de estrategias de control biológico por conservación. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. La Plata, Argentina. 391 pp.
- Dubrovsky Berensztein, N., M. Ricci, L. A. Polack & M. E. Marasas.** 2017. Control biológico por conservación: evaluación de los enemigos naturales de *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) en un manejo agroecológico de producción al aire libre de repollo (*Brassica oleracea*) del Cinturón Hortícola de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* Vol 116 (1): 141-154.
- Duelli, P. & M. Orbist.** 2003. Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 87–98.
- Fernández, V. I. & M. E. Marasas.** 2015. Análisis comparativo del componente vegetal de la biodiversidad en sistemas de producción hortícola familiar del Cordón Hortícola de La Plata (CHLP), Provincia de Buenos Aires, Argentina. Su importancia para la transición agroecológica. *Rev. Fac. Agron.* 114 (Núm. Esp. 1, Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio): 15-29.
- Fernández V.I., N. Dubrovsky Berensztein & M.E. Marasas.** 2014. Conocer y reconocer la agrobiodiversidad en sistemas hortícolas familiares: puesta en valor de su importancia y del intercambio de saberes, para el control biológico por conservación. Libro XVII Foro de Decanos de las Facultades de Agronomía del Mercosur, Bolivia y Chile. Paraná, pp: 39-44.
- Ferraris, G.** 2014. Organizaciones de productores hortícolas del Cinturón Verde de La Plata. *VIII Jornadas de Sociología de la UNLP*. Departamento de Sociología de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, La Plata. 19 pp. Disponible en <https://www.aacademica.org/000-099/312>. Último acceso: mayo 2019.
- Forján, H.** 2008. Tecnologías de procesos, para hacer sustentable la agricultura de la región. Red Agroeconómica de administración de recursos RADAR. Ediciones INTA.
- Garat, J. J., A. Castro, S. Gramuglia, A. Nico & A. Ahumada.** 2007. El rescate de la biodiversidad local y la acción colectiva: una estrategia de desarrollo a través de la revalorización de hortalizas locales en el cinturón verde de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Rev. Bras. Agroecología*, 2(1): 430-434.
- Garat, J. J., A. Ahumada, J. Otero, L. Terminiello, G. Bello & M. L. Ciampagna.** 2009. Las hortalizas típicas locales en el cinturón verde de La Plata: su localización, preservación y valorización. *Horticultura Argentina* 28(66).

- García, M. & C. Kebat.** 2008. Transformaciones en la horticultura platense. Una mirada a través de los censos. *Realidad Económica* 237: 110–134.
- Gliessman, S.R.** 2002. Agroecología: procesos ecológicos en Agricultura Sostenible. Editorial LITOCAT, Turrialba, Costa Rica. CATIE. 359 p. ISBN 9977-57-385-9.
- Griffon D.** 2008. Estimación de la biodiversidad en agroecología. *Agroecología* 3: 25-31.
- Guzman, G.I. & A.M. Alonso.** 2000. Los setos en el manejo de plagas en agricultura ecológica. Hoja Divulgativa 4.3/00. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica.
- Guzmán Casado, G. & A. M. Alonso.** 2008. Buenas prácticas en producción ecológica. Asociaciones y Rotaciones. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Granada, España. 24 p.
- Guzmán, G. I., D. López, L. Román & A. M. Alonso.** 2013. Investigación Acción Participativa en agroecología: construyendo el sistema agroalimentario ecológico en España. *Agroecología* 8 (2): 89-100.
- Iermanó, M. J., S. J. Sarandón, L. N. Tamagno & A. D. Maggio.** 2015. Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Rev. Fac. Agron. La Plata, Vol. 114 (Núm. Esp.1) Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio:* 1-14.
- Jackson, L.E., U. Pascual & T. Hodgkin.** 2007. Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121, 196–210.
- Landis, D.A., S.D. Wratten & G.M. Gurr.** 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu Rev. Entomol.* 45, 175–201. DOI: 10.1146/annurev.ento.45.1.175. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/12554096_Habitat_Management_to_Conserve_Natural_Enemies_of_Arthropod_Pests_in_Agriculture. Último acceso: mayo 2019.
- Lizardi, N.A.** 2006. Estudio de los artrópodos asociados a una banda floral implementada como método de diversificación vegetal en cerezo (*Prunus avium* L.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, (INIA), Chile Base de Información Bibliográfica Agrícola Chilena. 46 p.
- Mareggiani, G.** 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 60: 22-30.
- Marshall, E.J.P. & A-C Moneen.** 2002. Field Margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 89: 5-21.
- Martín-López, B. & C. Montes.** 2010. Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. En: Guía científica de Urdaibai. UNESCO, Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental del Gobierno Vasco. 20 p.
- Mason, N., K. MacGillivray, J. Steel & J. Wilson.** 2003. An index of functional diversity. *Journal of Vegetation Science* 14: 571-578.
- Montero, G.** 2008. Bordes con vegetación espontánea en agroecosistemas pampeanos ¿Reservorios de plagas? *Revista Agromensajes* 25. Publicación de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario.
- Moonen, A-C. & P. Bàrberi.** 2008. Functional biodiversity: An agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127: 7-21.
- Müller, F., J. Schrautzer, E-W Reiche & A. Rinker.** 2006. Ecosystem based indicators in retrogressive successions of an agricultural landscape. *Ecological Indicators* 6: 63–82.
- Muriel, S. B. & L. D. Vélez.** 2004. Evaluando la diversidad de plantas en los agroecosistemas como estrategia para el control de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 71: 13-20.
- Nicholls, C.I.** 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología* 1: 37-48.
- Nicholls, C. I. y M. A. Altieri.** 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA*, 33 (2): 257-274. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01201380/document>. Último acceso: mayo 2019.
- Noss, R.F.** 1990. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology* 4:355-364.
- OCDE.** 2001. Indicadores de la biodiversidad agrícola. Actas de la reunión de expertos de la OCDE. Zurich, Suiza. 30 p.
- Omer, A., U. Pascual & N. Russell.** 2007. Biodiversity Conservation and Productivity in Intensive Agricultural Systems. *Journal of Agricultural Economics*, 58(2): 308-329.
- Öster, M., K. Persson & O. Eriksson.** 2008. Validation of plant diversity indicators in semi-natural grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 125: 65-72.
- Paleologos M.F. & C.C. Flores.** 2014. Principios para el manejo ecológico de plagas. En: Sarandón S.J. & C.C. Flores (Editores). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Edulp, Editorial de la Universidad de La Plata. 467 pp. E-Book: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/72/54/181-1>. Último acceso: mayo 2019.
- Paleologos, M. F., A. C. Cicchino, M. E. Marasas & S. J. Sarandon.** 2007. Las estructuras de dominancia de los ensambles carabidológicos como indicadores de disturbio en agroecosistemas. Un ejemplo en dos viñedos bajo diferente manejo en la costa de Berisso, Buenos Aires. *Rev. Bras. de Agroecología*. 2(2).
- Paleologos, M. F., S. J. Sarandón & M. M. Bonicatto.** 2008. Comunicación: Influencia De La Diversidad Vegetal Sobre La Fauna Edáfica (Coleoptera: Carabidae) En Viñedos De Berisso, Argentina. VIII Congreso SEAE, Murcia.
- Paredes, D., L. Cayuela & M. Campos.** 2013. Synergistic effects of ground cover and adjacent vegetation on natural enemies of olive insect pests. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 173: 72-80.
- Pérez, M. & M. E. Marasas.** 2013. Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Ecosistemas* 22(1):36-43.
- Pérez Consuegra, N.** 2004. Manejo Ecológico de Plagas. Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural-CEDAR. Universidad Agraria de la Habana, San José de las Lajas, Cuba. 296 p.

- Péru, N. & S. Dolédec.** 2010. From compositional to functional biodiversity metrics in bioassessment: A case study using stream macroinvertebrate communities. *Ecological Indicators* 10: 1025-1036.
- Petchey, O. L. & K. J. Gaston.** 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology Letters* 5: 402-411.
- Polack, L.A.** 2008. Interacciones tritróficas involucradas en el control de plagas de cultivos hortícolas. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. La Plata, Argentina. 172 pp.
- Sans, F. X.** 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas* 16 (1): 44-49.
- Sarandón S.J.** 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. In: *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable* (Sarandón SJ, ed). Ediciones Científicas Americanas: 393-414.
- Sarandón, S.J. & C.C. Flores.** 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4: 19-28.
- Sarandón S.J. & C.C. Flores.** 2014. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables.* Colección libros de cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. 467 p. ISBN: 978-950-34-1107-0 <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>. Último acceso: mayo 2019.
- Sarandón S.J., M.S. Zuluaga, R. Cieza, C. Gómez, L. Janjetic & E. Negrete.** 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología* 1:19-28.
- Schmera, D., J. Heino, J. Podani, T. Erös & S. Dolédec.** 2017. Functional diversity: a review of methodology and current knowledge in freshwater macroinvertebrate research. *Hydrobiologia* 787:27-44. DOI 10.1007/s10750-016-2974-5. Último acceso: mayo 2019.
- Silva – Laya, S.J., S. Pérez Martínez, L.A. Ríos Osorio.** 2016. Evaluación agroecológica de sistemas hortícolas de dos zonas del oriente antioqueño, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2): 355-366.
- Smith, H. & O. Liburd.** 2015. Cultivos en asocio, diversidad de cultivos y manejo integrado de plagas. *Entomology and Nematology*, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IFAS). 7p.
- Souza Casadinho, O. J.** 2010. Las prácticas de manejo e incumplimiento de las normas en el trabajo con plaguicidas y su vinculación con el deterioro ambiental y la salud humana. Un estudio en producciones en Argentina. *Revista Virtual REDESMA* Vol. 4(1).
- Souza Casadinho, O. J. & S.L. Bocero.** 2008. Agrotóxicos: Condiciones de utilización en la horticultura de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 9: 87-101.
- Swift, J., M.N. Izac, M. VanNoordwijk.** 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes—are we asking the right questions? *Agriculture Ecosystems and Environment*, London, 104: 113–134.
- Tito, G.** 2007. Efecto de la diversidad vegetal sobre la abundancia de plagas en el cultivo de frutilla bajo invernáculo. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. La Plata, Argentina. 78 pp.
- Vázquez Moreno, L., Y. Matienzo Brito, M. M. Veitía Rubio & J. Alfonso Simoneti.** 2008. Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba. Editorial CIDISAV, La Habana, Cuba.
- Vite Cristóbal, C., J. L. A. Méndez, M. Ortiz Domínguez, J. M. Pech Canche & Ed. Ramos Hernández.** 2014. Indicadores de diversidad, estructura y riqueza para la conservación de la biodiversidad vegetal en los paisajes rurales. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17: 185 – 196.
- Yong, A. & A. Leyva.** 2010. La biodiversidad florística en los sistemas agrícolas. *Cultivos Tropicales*, vol. 31, núm. 4, 2010, pp. 5-11 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. ISSN (Versión impresa): 0258-5936. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193218885001>. Último acceso: mayo 2019.

Entre la expansión urbana y la producción de alimentos. El conflicto rural/urbano en relación al patrón espacial de usos del suelo en el partido de La Plata, Buenos Aires

Baldini, Carolina^{1,2,5}; Mariana Edith Marasas¹; Andrea Alejandra Drozd^{3,4}

¹Curso de Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales-UNLP, 60 y 121 Edificio Anexo de FCAYF s/n, La Plata; ²Becaria CONICET; ³Departamento de Medio Ambiente, UNDAV, Mario Bravo e Isleta, Avellaneda; ⁴CREG, Facultad de Ciencias Naturales y Museo-UNLP. Calle Bulevard 120 N° 1459, La Plata; ⁵carobaldini@hotmail.com

Baldini, Carolina; Mariana Edith Marasas; Andrea Alejandra Drozd (2019) Entre la expansión urbana y la producción de alimentos. El conflicto rural/urbano en relación al patrón espacial de usos del suelo en el partido de La Plata, Buenos Aires. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 325-342. <https://doi.org/10.24215/16699513e031>

La falta de políticas de ordenamiento territorial adecuadas, las deficiencias en su aplicación y los múltiples intereses de los actores vinculados al periurbano productivo en el Partido de La Plata, entre otros factores, han delineado el actual uso insustentable del territorio. Recientemente, han surgido experiencias novedosas de extensión y de investigación-acción participativa, que incorporan lineamientos surgidos como demandas de distintos actores del territorio. En este trabajo buscamos aportar nuevos conocimientos sobre los usos y coberturas del suelo actualizados, sobre las relaciones espaciales entre ellos y con variables físicas, y formular consideraciones para colaborar en las estrategias de planificación colectiva en el territorio. El mapa de usos/coberturas se realizó a partir de imágenes Landsat 8 (2015) aplicando "support vector machine" (ENVI). Éste se integró con mapas de aptitud del suelo, modelo de drenaje y límites de delegaciones municipales. Se identificaron 11 usos/coberturas. Entre ellas, las coberturas semi-naturales se encontraron mucho menos representadas en la zona hortícola. Un 67,93% de los invernáculos se hallaron a menos de 1000 m de zonas urbanas y el 51,16% del área urbana se asentó sobre suelos aptos para la agricultura. La delegación con mayor concentración de invernáculos fue Abasto (23,5%). Por último, el 45,06% de los invernáculos se hallaron a menos de 200 m de arroyos y un 10,19% a menos de 50 m. Esta información es de gran utilidad para un futuro proceso de planificación territorial sustentable, y proporciona una base útil para nutrir el debate acerca de los modelos de agricultura periurbana en Argentina, y en particular en la región de La Plata.

Palabras clave: territorio, planificación, horticultura, periurbano, agroecología

Baldini, Carolina; Mariana Edith Marasas; Andrea Alejandra Drozd (2019) Between urban sprawl and food production. The rural/urban conflict in relation to land use spatial pattern in La Plata district, Buenos Aires. Rev. Fac. Agron. Vol 118 (2): 325-342. <https://doi.org/10.24215/16699513e031>

The lack of appropriate policies of territorial planning, deficiencies in its application and the multiple interests of the actors linked to the productive periurban in La Plata district, among other factors, have outlined the current unsustainable use of the territory. Recently, novel experiences of extension and participatory research-action have emerged, incorporating guidelines that arise as demands of different actors in the territory. In this work we seek to provide new knowledge of updated land uses and coverages, spatial relationships between them and with physical variables and to make considerations for collaborate in collective planning strategies in the territory. The land uses/coverage map was made from Landsat8 (2015) images using "support vector machine" (ENVI). It was integrated with soil fitness maps, drainage model and municipal delegation limits. There were identified 11 uses/coverage. Among them, semi-natural covers were much less represented at horticultural area. A 67,93% of greenhouses were found less than 1000m. from urban areas and a 51,16% of the urban area settled on agricultural soils. Abasto was the delegation where greenhouses occupied most of its area (23,5%). Finally, 45,06% of the greenhouses were found within 200 m. of streams and 10,19% at less than 50 m. This information is useful for a future sustainable territorial planning strategy and provides a basis of knowledge to nourish the debate about peri-urban agriculture models in Argentina and particularly in La Plata region.

Key words: territory, planning, peri-urban, horticulture, agroecology

<https://revistas.unlp.edu.ar/revagro>

Recibido: 20/08/2019

Aceptado: 13/09/2019

Disponible on line: 27/12/2019

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

En la conformación y el crecimiento de las grandes ciudades la capacidad de producir alimentos de cercanía para su abastecimiento fue siempre un aspecto prioritario, lo que ha generado el desarrollo de cinturones verdes productivos rodeando a las mismas. Actualmente más de 4 millones de personas (el 50% de la población mundial) vive en áreas urbanas (World Bank, 2018), provocando un aumento de la demanda de alimentos por parte de las familias que habitan en ellas y que dependen casi exclusivamente de su compra (United Nations, 2015). El avance urbano ha ocurrido a expensas no sólo de tierras con coberturas naturales y semi-naturales, sino que también ha avanzado sobre tierras agrícolas de alta calidad, desplazando a la agricultura a suelos de calidad inferior (Ramankutty et al., 2008; Martellozzo et al., 2018; United Nations, 2011). Simultáneamente, pese a que el límite planetario para las tierras agrícolas ya fue superado en el año 2010, la necesidad de tierras a nivel mundial para la agricultura está aumentando considerablemente, y se espera que la situación empeore para el año 2050 (Coning et al., 2018). El periurbano, asiento de los principales cinturones hortícolas, es un espacio diverso y complejo, muy desarrollado en las grandes capitales latinoamericanas, que contiene elementos tanto urbanos como rurales; en él se registran una serie de transformaciones relacionadas con diversos procesos de periurbanización, como el fraccionamiento del suelo, subdivisión y venta de campos, loteos para quintas, emprendimientos agroproductivos con tecnologías intensivas, establecimiento de parques industriales y urbanizaciones cerradas de distinto tipo, entre otros (Ávila, 2009; Barsky, 2007). Ávila (2009) destaca, a su vez, que la práctica de las actividades agrícolas y pecuarias ha adquirido un papel creciente en las zonas periurbanas de las ciudades de casi todo el mundo. Esta situación hace cada vez más necesaria la implementación de procesos de ordenamiento territorial que faciliten una gestión adecuada de los territorios. En este sentido, la planificación urbana de alimentos se ha tornado un tema relevante en la agenda de los principales países desarrollados (Dansero et al., 2017). Las estrategias tradicionales de ordenamiento territorial (OT) suelen estar construidas de manera verticalista, con escasa y muchas veces sesgada información técnico-científica. Este tipo de estrategias suelen tener una mirada fragmentada del territorio, habitualmente focalizada en el desarrollo urbano-industrial, basada en los intereses y necesidades de unos pocos actores, desconociendo la historia local y los beneficios y necesidades de la población. Los territorios así planificados suelen quedar en manos del mercado, quedando el uso del suelo librado a los modelos macroeconómicos y evidenciando la lógica de construcción capitalista del territorio (Ceceña, 2012). Desde otra concepción, podemos entender al OT como un instrumento de “gobernanza y planificación del desarrollo sustentable”, concebido desde una perspectiva sistémica, prospectiva, democrática y participativa, que busca regular los procesos de concentración de riqueza, centralización de poder y degradación del ambiente (Saquet, 2015). En estos

casos, es necesario comprender la dinámica temporal (el proceso histórico, la situación actual y los escenarios tendenciales), para lo cual es indispensable la generación de información científica adecuada y el acceso a la misma.

En la Argentina, en línea con el proceso latinoamericano, el crecimiento urbano está ejerciendo una fuerte presión sobre las tierras productivas; como consecuencia, la mayoría de los cinturones hortícolas del país están sufriendo una gran reducción frente a la expansión urbana (Giobellina, 2018; Giobellina, 2017; Medico, 2016; Hurtado et al., 2006). El partido de La Plata toma relevancia en este contexto, por encontrarse cerca de la zona más densamente poblada del país, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y sus alrededores (el “Conurbano Bonaerense”), y albergar uno de los principales cinturones hortícolas (Fernández Lozano, 2012; Sarandón et al., 2015). En Argentina el 89% de la población total se concentra en las zonas urbanas, y en conjunto, CABA y el Conurbano Bonaerense, representan el 41% de la población total del país, formando la tercera aglomeración urbana más grande de América Latina y el área urbana con la mayor densidad de población del país (Bertoni et al., 2004). Por su parte, el cinturón hortícola de La Plata (CHP) es uno de los sistemas agrícolas más importantes de la región, proveyendo entre el 60% y el 90% de las hortalizas frescas consumidas por CABA y el “Conurbano Bonaerense” (2.890.151 y 12.801.364 habitantes respectivamente) (Benencia, 2002; INDEC, 2010). Sin embargo, las diversas ordenanzas municipales de ordenamiento territorial en el partido de La Plata, han sido pautadas a partir de los intereses en pugna, delineadas desde una mesa chica, sin intervención de los distintos actores y sin legitimación. En este contexto, la actividad productiva primaria no fue parte integrante en el momento de fijar los lineamientos para la planificación del territorio (Fingermann, 2018). A su vez, no se cuenta con un diagnóstico adecuado, por la falta de datos actualizados del uso del suelo en el partido, tanto en relación a la actividad hortícola como a la urbanización, lo que dificulta la generación de propuestas adecuadas a futuro. Al igual que en otras partes del mundo, el partido de La Plata sufrió un importante crecimiento de la superficie urbana y una aceleración del proceso de expansión urbana (Frediani, 2010), las zonas fijadas como áreas de producción agropecuaria han sufrido y siguen sufriendo constantes transformaciones en áreas urbanas, y la legislación que fija el ordenamiento territorial se ha ido adecuando a lo que ocurre de hecho (Fingermann, 2018). Algunos autores anticiparon este proceso, denominando a los cinturones hortícolas como “cinturones de especulación inmobiliaria” por los fuertes intereses de estas empresas en ellos (Frediani, 2010; Morello et al., 2000; Barsky & Vio, 2007). En ausencia o deficiencia de políticas adecuadas de planificación del uso del suelo, estos conflictos se han resuelto a través de las políticas de los mercados concentradores y la especulación de las empresas constructoras (Frediani, 2010; Hurtado et al., 2006; Merchán, 2016).

En cuanto a la producción de alimentos, se sabe que el cinturón hortícola de La Plata ha experimentado un fuerte proceso de intensificación productiva, junto con un alto desarrollo de producciones bajo invernadero y

una disminución de la producción al aire libre (García & Mierez, 2007; Nieto & Rivas, 2006), pero los datos más actualizados datan del CHFBA del año 2005. Recientemente se han divulgado diversos estudios realizados por grupos de investigación de la UNLP en los que se evidencian las consecuencias más notorias del modelo de producción vigente, entre las que encontramos: problemas de contaminación por hiperfertilización y de salinización de los suelos bajo producción (Hurtado et al., 2006); inundaciones cada vez más frecuentes agravadas por la impermeabilización generada por los invernáculos de gran parte del suelo hortícola (García, 2011); contaminación por agroquímicos de agua, suelo y alimentos (Sarandón et al., 2015; Colombo et al., 2015; Alonso et al., 2015). Un estudio reciente que elaboró un índice de peligrosidad para los partidos de la Provincia de Buenos Aires, de acuerdo a la superficie relativa que ocupa la horticultura y al modelo de producción predominante, caracteriza a la zona hortícola de La Plata como aquella con el segundo mayor índice de peligrosidad de la provincia (Sarandón et al., 2015).

A esto debemos sumar las consecuencias económicas y sociales, destacando las condiciones de vida y de trabajo, sumamente precarias de las familias productoras y el riesgo para la salud de productores y consumidores por el excesivo e inadecuado uso de agroquímicos.

La deficiente planificación del territorio ignora, a su vez, el rol de las áreas naturales (muchas veces consideradas como áreas "vacantes" o cuanto mucho como áreas recreativas) en la provisión de servicios ecosistémicos y en el mantenimiento de la capacidad productiva del territorio, lo que se traduce en problemáticas ambientales y en la reducción de estos servicios. La falta de una política de protección de los arroyos y ambientes riparios, ha provocado el entubamiento y la canalización de los arroyos cercanos al área urbana, eliminando la vegetación asociada (Karol & San Juan, 2018; Liscia et al., 2013; Hurtado et al., 2006); al mismo tiempo, en la zona productiva se desarrollaron producciones hortícolas al aire libre y bajo invernáculos muy cercanas a los mismos. La reducción de la vegetación y la impermeabilización por la infraestructura urbana y los invernaderos cercanos a los arroyos, afectan a los servicios ecosistémicos tales como la protección de los suelos, la regulación de la escorrentía superficial, la infiltración del agua de lluvia, la purificación del agua y los refugios de biodiversidad (Gómez et al., 2017; Karol & San Juan, 2018; Rositano et al., 2012). En los últimos años, viene creciendo la preocupación por los posibles efectos del modelo productivo en los arroyos de la zona, por lo que diversos grupos de investigación vienen realizando estudios al respecto. Mac Loughlin et al. (2017) estudió 36 compuestos de plaguicidas en sedimentos del arroyo Carnaval, y encontró que la presencia de plaguicidas es continua y generalizada, mostrando un incremento en las concentraciones aguas abajo como consecuencia de la creciente actividad hortícola. Otro estudio reciente analizó los efectos del uso de fertilizantes y pesticidas sobre organismos acuáticos en

arroyos de la zona hortícola de La Plata, encontrando un cambio en los ensambles de invertebrados, con pérdida de grupos taxonómicos sensibles y aumento de aquellos resistentes a los agroquímicos (Arias, 2019).

Un aspecto a tener en cuenta para el desarrollo de territorios sustentables es la biodiversidad y el rol que juegan los ambientes con vegetación natural/semi-natural en su mantenimiento. Los modelos desarrollados por Newbold et al. (2015) sugieren que los cambios y la intensidad de uso del suelo y las presiones asociadas, generan una fuerte reducción en la biodiversidad terrestre local, con profundas consecuencias. Nicholls (2009) rescata la importancia del mantenimiento de las coberturas de vegetación semi-naturales a escala de paisaje, por ser considerados como proveedores de biodiversidad, que contribuye al mantenimiento de las funciones y los servicios de los ecosistemas, la resiliencia de los agro-ecosistemas y, por ende, el desarrollo de territorios sustentables (Martin-López et al., 2007). Numerosos estudios realizados en el CHP demuestran la importancia de mantener la horticultura al aire libre, incrementando la biodiversidad en los cultivos y manteniendo la vegetación semi-natural alrededor de ellos (e.g. Dubrovsky Berensztein, 2018; Balariani et al., 2009; Fernández & Marasas, 2015; Stupino et al., 2009). Sin embargo, los estudios realizados hasta el momento se restringen a las unidades productivas y sus alrededores, sin contemplar la escala de paisaje.

A partir del diagnóstico expuesto en los párrafos precedentes, el presente trabajo se ha planteado como objetivos: aportar nuevos conocimientos actualizados sobre los usos/coberturas del suelo, que puedan ser de utilidad en un futuro proceso de planificación del territorio; generar información desde el enfoque de la ecología del paisaje sobre las relaciones espaciales entre los usos/coberturas del suelo y de estos con variables físicas.

METODOLOGÍA

El área de estudio abarca el partido de La Plata (34°50' - 35°30' S; 57°45' - 58°20' O), situado en el noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. El fundamento para la definición del área de estudio en función de los límites del partido se basa en los alcances de las políticas de gestión y planificación del territorio. El partido de La Plata tiene una extensión de 893 km² y una población de 654.324 habitantes (INDEC, 2010), distribuida en 19 delegaciones municipales (Figura 1), aunque con una concentración del 98% en las zonas urbanas (Hurtado et al., 2006).

El partido de La Plata está situado en el complejo de Pampa Ondulada (eco-región Pampa) (Morello et al., 2012). El clima es subtropical templado húmedo sin estación seca marcada, el total de precipitaciones anuales está entre 1000 y 1200 mm y la temperatura media anual oscila entre 14 y 20 °C (Morello & Matteucci, 1997). Los suelos predominantes son del tipo molisoles, suelos típicamente agrícolas, con un horizonte superficial rico en materia orgánica.

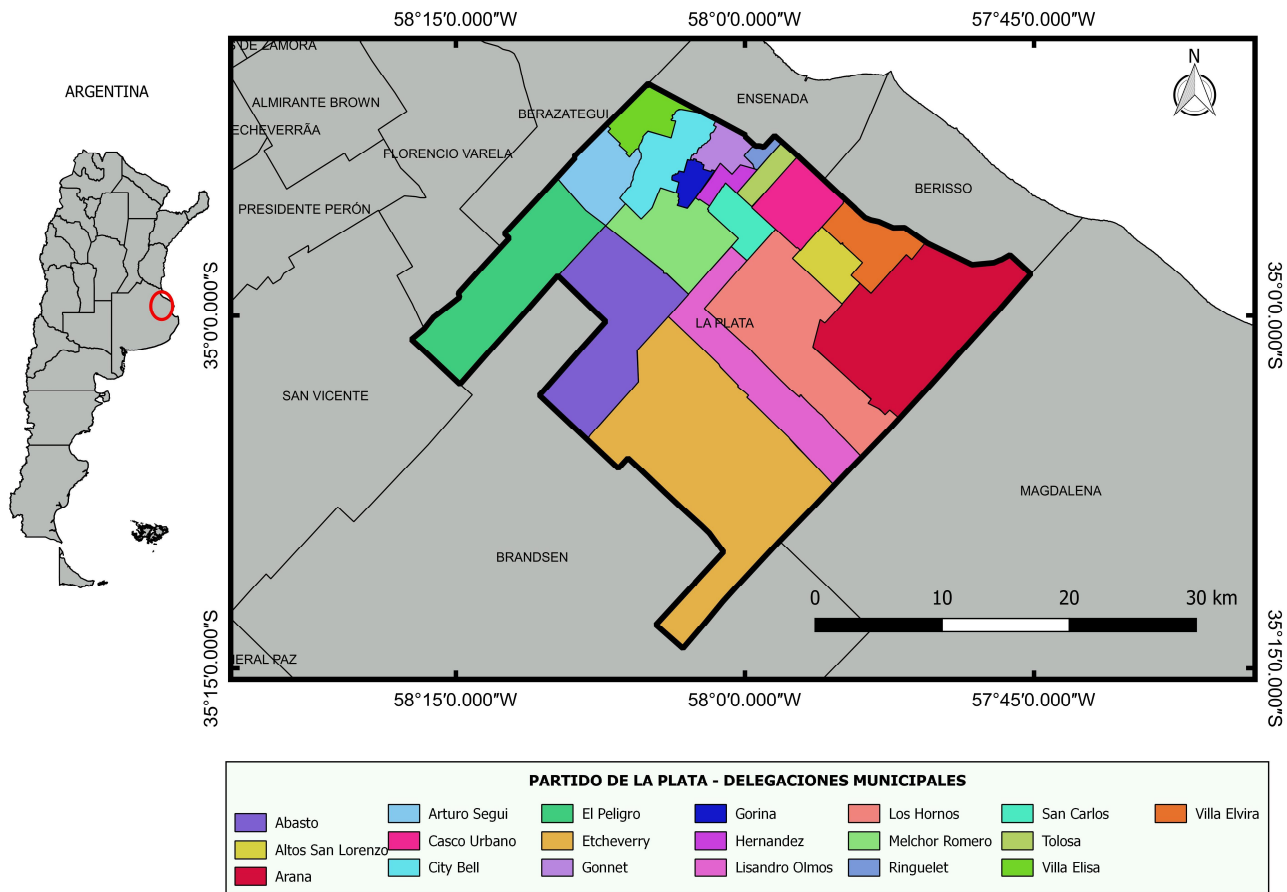


Figura 1. Localización del área de estudio (partido de La Plata).

En cuanto a la vegetación, predominan las formas del tipo de las gramíneas (*Stipa*, *Piptochaetium*, *Aristida*, *Melica*, *Briza*, *Bromus*, *Poa* y *Eragrostis*) (Matteucci et al., 1999); en los arroyos predomina la vegetación herbácea y en las zonas costeras se desarrollan selvas en galería de especies nativas y matorrales ribereños (Morello et al., 2012).

El acuífero principal de la eco-región pampeana es un acuífero semi-confinado llamado "Puelches". Respecto al agua superficial, existen dos vertientes principales, la vertiente del Río de la Plata hacia el norte, con 14 arroyos principales y la vertiente del río Samborombón hacia el sur con un arroyo principal (Morello et al., 2012). Las zonas urbanas y hortícolas son atravesadas por numerosos arroyos que forman parte de la vertiente del Río de la Plata. El cinturón hortícola de La Plata, que se desarrolla en esta región, se compone de pequeños agricultores familiares, principalmente de origen boliviano, que en su mayoría arriendan (o incluso subarriendan) pequeñas parcelas, quedando las antiguas quintas de 4-7 ha subdivididas en fracciones de entre 0,5 y 1,5 ha (Ambort, 2017, García 2015).

Para el análisis territorial espacial se utilizaron sensores remotos y herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). Se determinaron los usos y las coberturas del suelo del Partido de La Plata para el año

2015, a partir de imágenes satelitales de libre acceso Landsat 8-OLI (path/row 224/084) correspondientes a enero, marzo, abril, mayo, julio y noviembre, para cubrir las diferencias estacionales. Las imágenes seleccionadas fueron aquellas bajo condiciones de cielo relativamente despejado (<10% nubosidad). A partir de ello, se generó una combinación de las bandas 4, 5 y 6 de las mismas y se dividió en sub-regiones según el uso predominante y la planificación territorial. Para cada subregión se realizó una clasificación supervisadas con el algoritmo Support Vector Machine utilizando el software ENVI (Mountrakis et al., 2011) (ENVI 4.7), a fin de recuperar la menor confusión entre las categorías de uso de la tierra (especialmente entre las zonas urbanas y los invernaderos). Luego, las clasificaciones resultantes de las sub-regiones fueron unificadas para obtener un mapa de las coberturas/ usos del suelo. Posteriormente, se llevó a cabo una evaluación de la precisión de la clasificación resultante y se realizó un procesamiento manual para mejorar la precisión (Congedo, 2016; Qgis, 2016). Para interpretar las diferentes coberturas en las imágenes satelitales, se tomaron 252 puntos GPS (Sistema de Posición Georeferenciada) distribuidos regularmente en el partido de La Plata, entre julio y octubre de 2016 y entre abril y mayo de 2017. Cada cobertura/uso del suelo se

caracterizó en el terreno y se observó la firma espectral en las imágenes Landsat de la misma época. Para aquellas áreas de difícil acceso se utilizaron imágenes de alta resolución SPOT 6 / Worldview de Google Earth. Complementariamente se realizaron entrevistas informales a los propietarios/arrendatarios de la tierra, funcionarios públicos, investigadores y técnicos especialistas en el área de estudio, para obtener información sobre los usos/coberturas del suelo actuales y pasados. Para la generación del mapa de coberturas/usuarios del suelo se definieron 11 categorías: urbanización, parquizaciones herbáceas, parquizaciones arboladas, agua, invernaderos, horticultura, agricultura, ganadería, plantaciones forestales, pastizal y vegetación ribereña (Ver Anexo). En la zona de estudio existen granjas principalmente para la producción de huevos e invernaderos utilizados para la floricultura, cuyas estructuras tienen una respuesta espectral similar a la de los invernaderos hortícolas. Como ambas producciones son poco representativas en el partido de La Plata y relativamente estables en el tiempo (treinta granjas correspondientes a pequeñas y medianas empresas familiares y 200 Ha. de floricultura) (Cieza et al., 2015), se unificaron bajo la categoría *Invernáculos*. Además, la categoría *Ganadería* incluyó haras y tambos por ser poco representativos en el área de estudio (Cieza et al., 2015). Existe en el partido de La Plata un aeródromo, que funciona principalmente como sede de escuelas de vuelo, dentro del cual se identificaron diferentes usos/coberturas del suelo (vegetación con un alto grado de intervención antrópica, vegetación semi-natural de crecimiento espontáneo y cultivos extensivos). Para los objetivos del presente trabajo consideramos más adecuado incluir cada sector del aeródromo en la categoría de cobertura/uso identificada a partir del análisis y de las observaciones a campo. El mapa de coberturas/usuarios del suelo resultante fue validado con una serie de polígonos seleccionados en la clasificación y contrastados con los mismos puntos en imágenes Google Earth del mismo año. Los polígonos se definieron siguiendo dos criterios: 1. Cubrir al menos un 1% de la superficie de cada categoría y 2. Distribución de los polígonos que sea lo más homogénea posible dentro del partido de La Plata; los mismos fueron definidos sobre la base de la respuesta espectral de las distintas coberturas y complementados con viajes de campo y conocimiento de expertos. Posteriormente se elaboró una matriz de confusión y se calcularon la exactitud general y el coeficiente Kappa (Congalton & Green, 2008).

Tomando como base el mapa de coberturas/usuarios del suelo generado para el año 2015, se realizaron una serie de análisis secundarios mediante la utilización de herramientas disponibles en el software libre Quantum Gis (QGIS, 2016). Se calculó la superficie en hectáreas (Ha.) de cada categoría de cobertura/uso del suelo. Luego, con el objetivo de estimar la superficie de producción hortícola bajo invernáculos cercana a las zonas urbanas, se extrajeron del mapa de usos/coberturas del suelo las categorías *Urbanización* e *Invernáculos*, y se confeccionaron áreas buffer de 250, 500, 750 y 1000 metros en torno a dicha categoría, considerando que según diversas regulaciones la distancia de las producciones hortícolas intensivas a los

centros urbanos debería ser mayor a 1000 metros (Dávila, 2012). Posteriormente, se realizaron intersecciones para cruzar la información proveniente de las capas con las áreas buffer y de la capa *invernáculos*, y se calculó la superficie de cultivos bajo invernáculos presentes en cada una de las áreas buffer definidas. Para la estimación de la superficie hortícola bajo invernáculo por delegación municipal se cruzó la información proveniente del mapa de delegaciones municipales y la distribución de invernáculos obtenida del mapa de usos del suelo; se calculó la superficie total de invernáculos por delegación municipal y luego se estimó la superficie relativa de invernáculos por delegación en relación a la superficie total de cada delegación municipal y a la superficie total bajo invernáculos. Un procedimiento equivalente fue utilizado para el cálculo de la superficie hortícola al aire libre por delegación municipal y para el cálculo de la superficie hortícola total por delegación. Por otro lado, se obtuvo un Modelo Digital de Elevación (DEM) del área de estudio, a través de la página de la United States Geological Survey (USGS), se delimitaron las cuencas presentes en el partido de La Plata y la red de drenajes (SAGA – QGIS). El modelo de drenaje generado fue comparado con el mapa de hidrografía superficial construido por el Centro de Investigación de Suelos y Aguas de Uso Agrícola (CISAUA). Dicho mapa se basó en fotointerpretación sobre fotogramas aéreos, con apoyo en las curvas de nivel, y mapeo de modificaciones antrópicas (zanjas, canales, rectificaciones) mediante trabajo de campo (Hurtado et al., 2006), dando como resultado un mapa con un detalle mucho mayor que la red de drenaje obtenida a partir del DEM. Al comparar, observamos una gran superposición en el patrón general del drenaje que modeló las cuencas naturales; por ese motivo y dado que la escala de la red de drenajes proveniente del DEM era la utilizada para el mapeo de coberturas y usos, se decidió utilizar dicho producto. A partir de la red de drenajes se generaron áreas buffer de 50, 100, 150 y 200 metros en torno a la misma, para lo cual se consideraron las distancias establecidas en diversas legislaciones. Luego se realizó una intersección entre las áreas buffer generadas y la capa de *Invernáculos* y se calculó la superficie de estos para cada zona delimitada. Finalmente, se analizó la superficie de las coberturas *Urbanización*, *Invernáculos* y *Horticultura* asentada sobre suelos con aptitud agrícola. Para ello se trabajó con el mapa de Suelos generado por el CISAUA (Hurtado et al., 2006), en el que se evaluaron los suelos de acuerdo con su aptitud para su uso agropecuario-forestal, adoptando el sistema de clasificación de tierras por capacidad de uso del Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU (Klingebiel & Montgomery, 1961 en Hurtado et al., 2006). Para el presente trabajo, se extrajeron las clases I a IV, que se aplican a suelos aptos para los cultivos agrícolas, pero con limitaciones que se van incrementando, desde los suelos de clase I que carecen de limitaciones, o ellas son leves y no requieren prácticas especiales de manejo y conservación, hasta aquéllos en los cuales las condiciones desfavorables hacen que dichas prácticas sean imprescindibles (clase IV). No se tuvieron en cuenta aquí los suelos de las clases V a VII, los cuales tienen limitantes tan importantes que los tornan inaptos

para un uso agrícola rentable, pero se pueden utilizar para pasturas, campos naturales de pastoreo y forestación (Hurtado et al., 2006). Una vez obtenidas las clases I a IV, se realizaron intersecciones con las capas *Urbanización*, *Invernáculos* y *Horticultura*, y se calculó la superficie ocupada por cada una de ellas, el porcentaje en relación a la superficie total de cada cobertura y en relación a la superficie total de cada clase de suelo.

RESULTADOS

En el mapa de coberturas/ usos del suelo generado pudimos diferenciar 11 coberturas/ usos del suelo (Figura 2) con un valor de exactitud global de 96,39% y un coeficiente Kappa de 0,95 (Ver Anexo), y calcular la superficie ocupada por cada una de ellas. Las principales en cuanto a su extensión fueron, la *Ganadería* (34,72% del partido), seguida por la *Urbanización* (23,12%), la *Vegetación Ribereña* (12,31%) y el *Pastizal* (9,28%). En cuanto a la producción hortícola, la superficie hortícola total representó el 9,70% del partido (8612,37Ha.); de la misma el 49,25% fue cubierta por la *Horticultura* y 50,75% por los *Invernáculos* (Tabla 1). Dentro de las coberturas que correspondieron, en mayor o menor medida, a vegetación semi-natural, la *Vegetación Ribereña* fue la más representativa (12,31%), seguida

por el *Pastizal* (9,28%), las *Parquizaciones Herbáceas* (4,13%), y en menor medida las *Parquizaciones Arboladas* (1,97%).

La zona hortícola estuvo integrada por un 49% (4241,97 ha) de horticultura al aire libre y un 51% (4370,4 ha) de horticultura bajo invernáculos (Figura 3). Al analizar la distribución de las áreas hortícolas en relación a la distancia de los centros urbanos, se identificó que el 20,58% de los *Invernáculos* se hallaron ubicados a una distancia menor a los 250 metros del área urbana, que más de la mitad de los *Invernáculos* (54,82%) se encontraron dentro de los 750 metros y que el 67,93% se encontraron dentro de los 1000 metros del área urbana. Datos similares se hallaron al analizar la distribución de la *Horticultura* (Tabla 2).

Para evaluar con más profundidad la distribución de los cultivos al aire libre y bajo invernáculo, partiendo de la superficie identificada para cada uno de ellos en el mapa de coberturas/ usos del suelo analizamos la distribución de estos por delegación municipal (Tabla 3). Como resultado, al evaluar la superficie de *Invernáculos* en relación a la superficie total de *Invernáculos* para el partido de La Plata, observamos que las delegaciones que concentraron la mayor proporción de *Invernáculos* fueron, en orden decreciente, Abasto (23,47% del total de invernáculos), Etcheverry (15,65%), El Peligro (12,93%), Lisandro Olmos (12,90%), Los Hornos (12,79%) y Melchor Romero (9,91%).

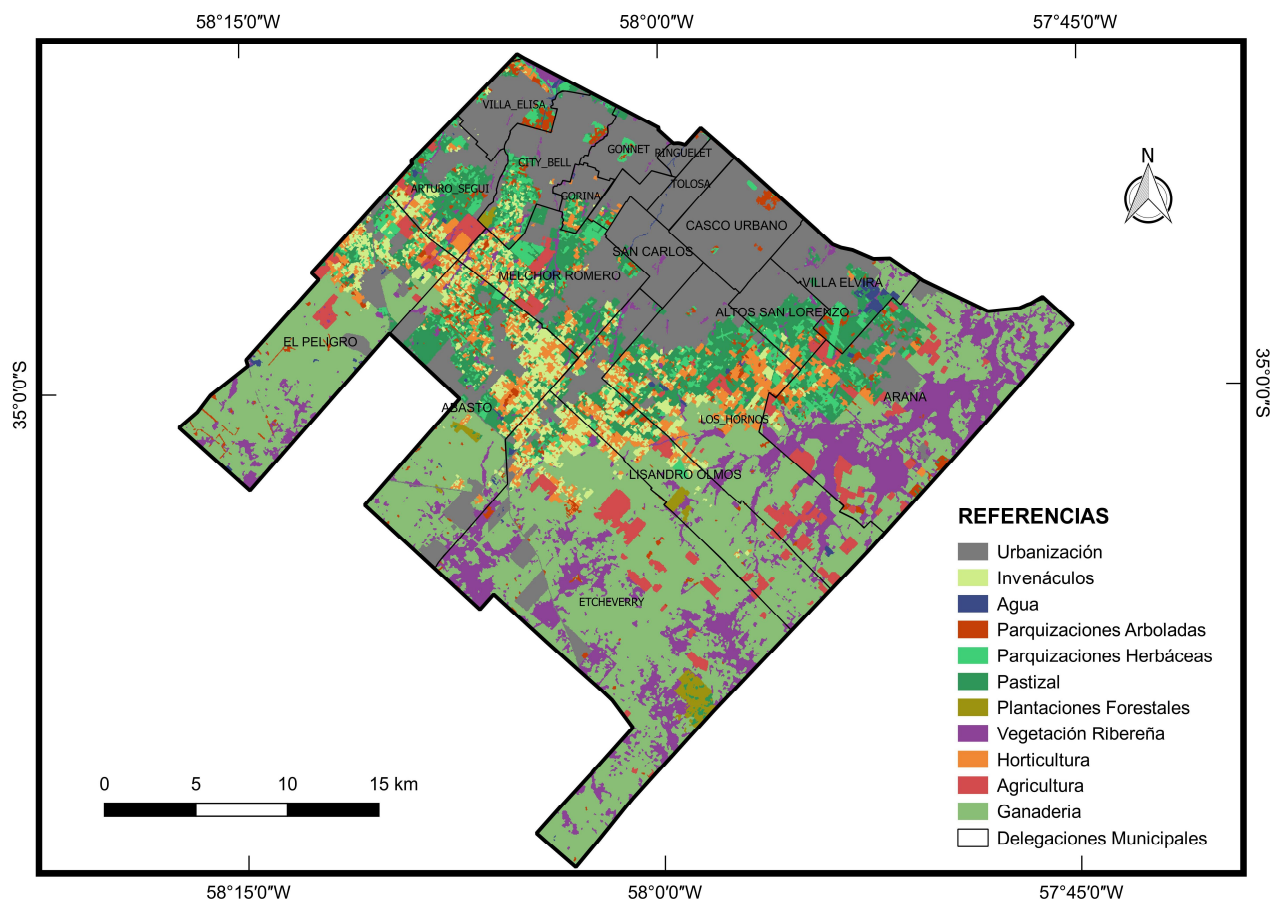


Figura 2. Mapa de Coberturas/ usos del suelo del Partido de La Plata para el año 2015.

Tabla 1. Superficie (en hectáreas) y porcentaje de cada categoría de cobertura/uso del suelo, para el año 2015, obtenidas del mapa de coberturas/ usos del suelo del partido de La Plata de dicho año.

Categorías de cobertura/uso del suelo	Superficie (hectáreas)	Porcentaje del partido de La Plata
Urbanización	20529,9	23,12
Parquizaciones Arboladas	1747,53	1,97
Parquizaciones Herbáceas	3666,96	4,13
Agua	427,5	0,48
Pastizal	8240,76	9,28
Vegetación Ribereña	10928,43	12,31
Plantaciones Forestales	570,06	0,64
Horticultura	4241,97	4,78
Invernáculos	4370,4	4,92
Agricultura	3241,53	3,65
Ganadería	30823,74	34,72

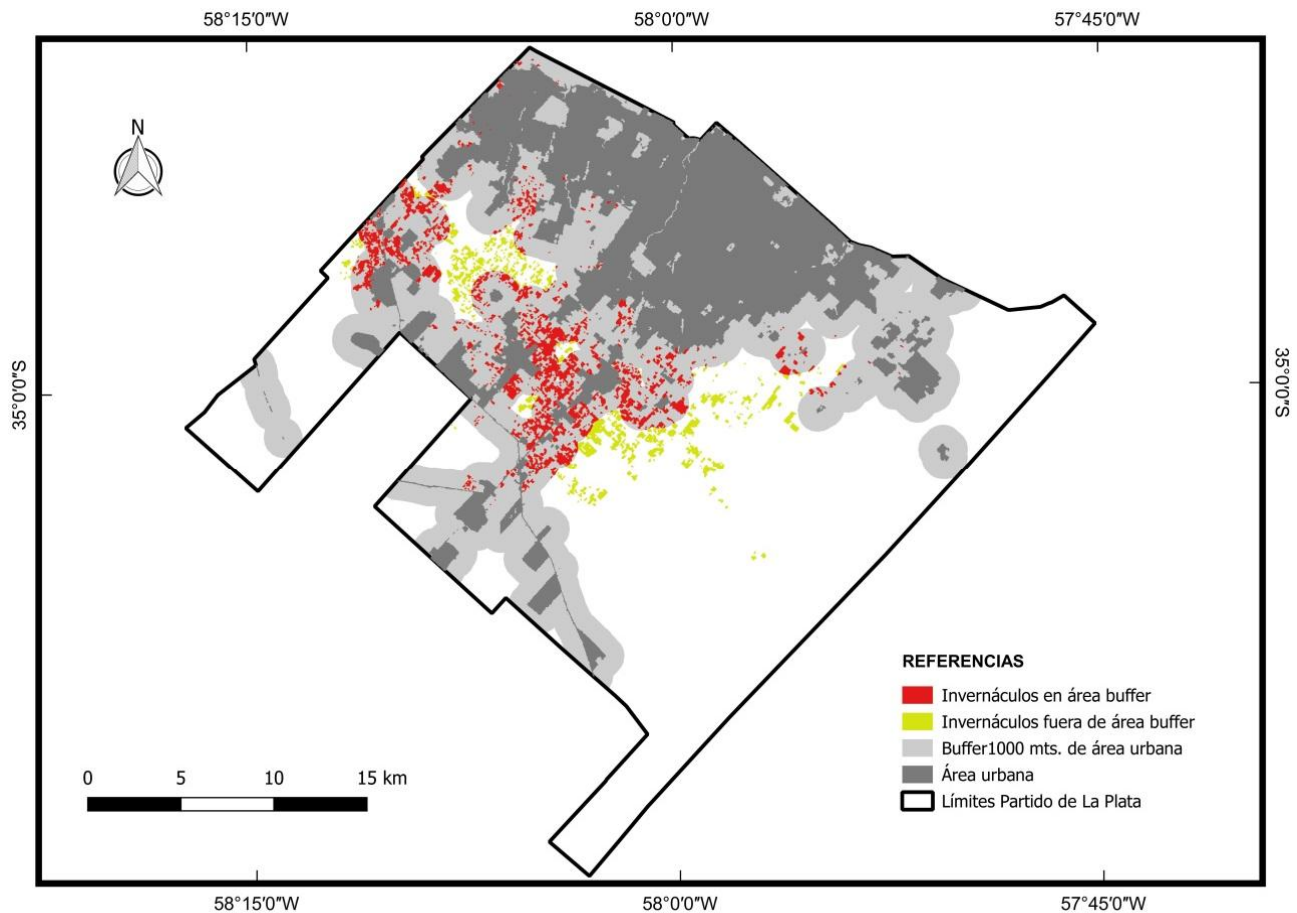


Figura 3. Distribución de Invernáculos en relación al área buffer de 1000 mts. generada en torno al área Urbana, para el Partido de La Plata, en el año 2015.

Tabla 2. Superficie (en hectáreas) y porcentaje de Invernáculos y de Horticultura en relación a cuatro áreas buffer generadas en torno al área Urbana, para el Partido de La Plata, en el año 2015.

	Buffer 250 m.		Buffer 500 m.		Buffer 750 m.		Buffer 1000 m.	
Invernáculos	899,58 Ha.	20,58 %	1658,22Ha.	37,94 %	2395,74Ha.	54,82 %	2968,88Ha.	67,93 %
Horticultura	723,34Ha.	17,05 %	1369,63Ha.	32,29 %	1914,63Ha.	45,14 %	2444,81Ha.	57,63 %

Tabla 3. Superficie (en hectáreas) y porcentaje relativo de Invernáculos, de Horticultura y de Horticultura Total por delegación municipal en función de la superficie de cada delegación y de las categorías de cobertura, para el Partido de La Plata, en el año 2015. AB-Abasto, ASL-Altos de San Lorenzo, AR-Arana, AS-Arturo Seguí, CB-City Bell, EP-El Peligro, ET-Etcheverry, GO-Gorina, HE-Hernández, LH-Los Hornos, LO-Lisandro Olmos, MR-Melchor Romero, VELI-Villa Elisa, VELV-Villa Elvira, SC-San Carlos. SD-Superficie de la Delegación, Inv-Invernáculos, STID-Superficie de Invernáculos en relación a la superficie de la Delegación, STI-Superficie de Invernáculos en relación a la superficie total de Invernáculos, Hortic-Horticultura, STHD- Superficie de Horticultura en relación a la superficie de la Delegación, STH-Superficie de Horticultura en relación a la superficie total de Horticultura, HT-Superficie Total de Horticultura, STHD-Superficie de Horticultura Total en relación a la superficie de la delegación y STHT-Superficie Total Horticultura Total.

Delegac.	SD (Ha.)	Inv (Ha.)	%STID	%STI	Hortic (Ha.)	%STHD	%STH	HT (Ha.)	%STHD	%STHT
AB	8749,07	1025,67	11,72	23,47	768,82	8,79	18,10	1794,49	20,51	20,82
ASL	1681,5	20,67	1,23	0,47	82,62	4,91	1,94	103,29	6,14	1,20
AR	11966,83	76,77	0,64	1,76	360,36	3,01	8,48	437,13	3,65	5,07
AS	2743,02	279,04	10,17	6,38	256,65	9,36	6,04	535,69	19,53	6,22
CB	2823,7	129,11	4,57	2,95	72,67	2,57	1,71	201,78	7,15	2,34
EP	8594,1	565,02	6,57	12,93	356,93	4,15	8,40	921,95	10,73	10,70
ET	19948,08	684,08	3,43	15,65	428,81	2,15	10,09	1112,89	5,58	12,91
GO	657,57	12,68	1,93	0,29	61,50	9,35	1,45	74,18	11,28	0,86
HE	649,04	3,06	0,47	0,07	17,46	2,69	0,41	20,52	3,16	0,24
LH	9554,54	558,95	5,85	12,79	1026,78	10,75	24,17	1585,73	16,60	18,40
LO	6042,15	563,94	9,33	12,90	405,74	6,72	9,55	969,68	16,05	11,25
MR	4298,86	433,28	10,08	9,91	351,77	8,18	8,28	785,05	18,26	9,11
VELI	1823,31	18,32	1,00	0,42	45,99	2,52	1,08	64,31	3,53	0,75
VELV	2596,05	-----	-----	-----	10,35	0,40	0,24	10,35	0,40	0,12
SC	1474,02	-----	-----	-----	1,62	0,11	0,04	1,62	0,11	0,02

Al analizar la superficie de *Invernáculos* en relación a la superficie total de cada delegación municipal, las delegaciones con mayor superficie relativa de *Invernáculos* fueron, en orden decreciente, Abasto (11,72% de la superficie de la delegación), Arturo Seguí (10,17%), Melchor Romero (10,08%), Lisandro Olmos (9,33%), El Peligro (6,57%) y Los Hornos (5,85%); en este caso la importancia relativa de cada delegación municipal varía, pero la principal diferencia radica en que Etcheverry pierde relevancia (por ser la delegación con mayor superficie del partido) y toma importancia Arturo Seguí (Figura 4).

En cuanto a la *Horticultura*, vemos que al analizar su superficie en relación a la superficie total de *Horticultura* para el partido de La Plata, las delegaciones que concentraron mayor superficie de *Horticultura* fueron Los Hornos (24,17% del total de *Horticultura*), Abasto (18,10%), Etcheverry (10,09%), Lisandro Olmos (9,55%), Arana (8,48%), El Peligro (8,40%) y Melchor Romero (8,28%). Vemos que al comparar lo que ocurre con los *Invernáculos*, Los Hornos y Arana son dos delegaciones que adquieren mayor relevancia al analizar la *Horticultura*, es decir que hay una mayor tendencia en esas delegaciones a realizar producciones hortícolas al aire libre. Al analizar la distribución de los usos *Urbanización*, *Invernáculos* y *Horticultura*, en relación a la aptitud agrícola de los suelos (Tabla 4), identificamos que del total de la superficie urbana el 21,59% se encuentra asentado sobre los suelos de clase I y el 24,35 % sobre los suelos de clase II; sumando la ocupación de las cuatro clases de suelos analizadas, el 51,16 % del área urbana se asentó sobre suelos de aptitud agrícola. Por otro lado, vemos que los *Invernáculos* y la *Horticultura* están comenzando a ocupar suelos de menor aptitud agrícola; el 4,04% de los *Invernáculos* y el 7,93% de la *Horticultura* se encuentran en suelos de las clases V a VII, que no son

aptos para uso agrícola.

A su vez, se pudieron identificar diversos ambientes semi-naturales presentes aún en el partido, con diverso grado de representatividad y variadas distribuciones (Figura 2). Las Parquizaciones Arboladas (1747,53 Has., 1,97%), y Parquizaciones Herbáceas (3666,96 Has., 4,13%) caracterizadas por tener un fuerte manejo antrópico y estar asociadas a ambientes en proceso de urbanización o a cortinas rompeviento; el Pastizal (8240,76 Has., 9,28%), y la Vegetación Ribereña (10928,43 Has., 12,31%), esta última si bien ocupa una superficie considerable del partido, se desarrolla en sectores marginales, con suelos bajos y actividad principalmente ganadera.

Finalmente, nos propusimos analizar la distancia de los invernáculos a arroyos (Figura 5). Encontramos que, de las 4370,4 hectáreas de *Invernáculos*, el 10,19% se encuentran a menos de 50 metros de los arroyos, el 21,14% se encuentra a una distancia menor a los 100 metros, el 32,94% a una distancia menor a los 150 metros y el 45,06% a una distancia menor a los 200 metros (Tabla 5).

DISCUSIÓN

Los usos del suelo urbano y rural y su relación espacial

El mapa de coberturas/ usos del suelo generado para el partido de La Plata en el año 2015, brindó una línea de base concreta para analizar la situación actual y poder generar nueva información derivada de esta, que contribuya en un futuro proceso de planificación orientado al desarrollo de un territorio sustentable.

Esta información nos permitió conocer la superficie urbana existente en el partido y su distribución espacial.

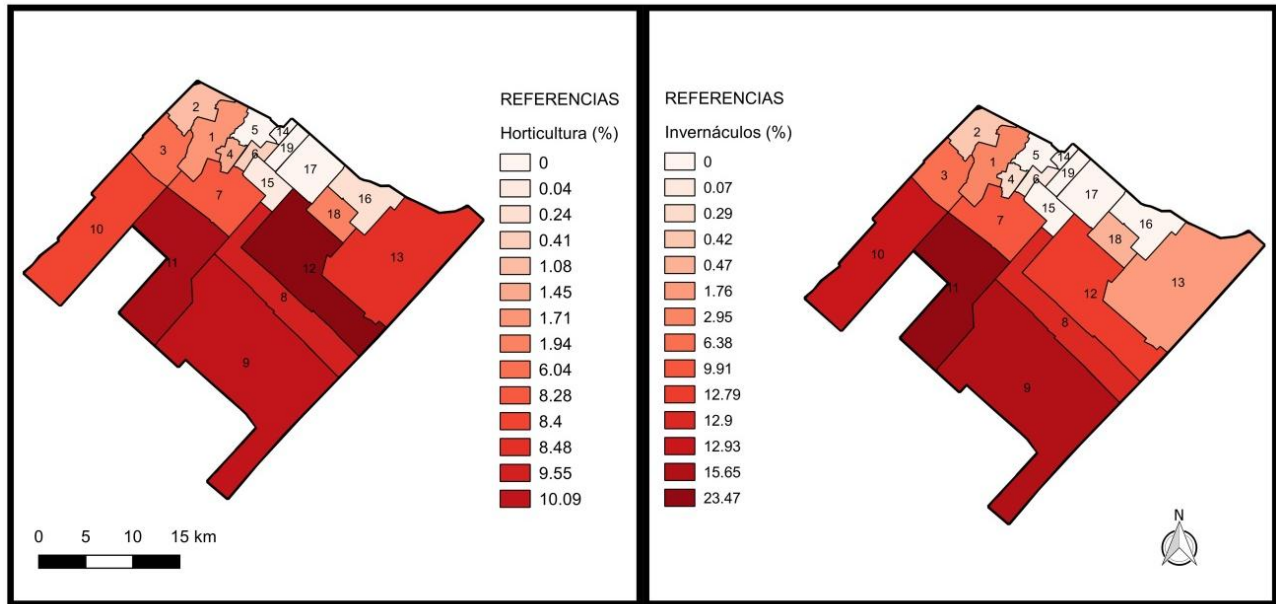


Figura 4. Porcentaje de Horticultura e Invernáculos en relación a su superficie total, por delegación municipal para el Partido de La Plata, en el año 2015. Las delegaciones municipales se han identificado como: 1-City Bell, 2-Villa Elisa, 3-Arturo Seguí, 4-Gorina, 5-Gonnet, 6-Hernández, 7-Melchor Romero, 8-Lisandro Olmos, 9-Etcheverry, 10-El Peligro, 11-Abasto, 12-Los Hornos, 13-Arana, 14-Ringuelet, 15-San Carlos, 16-Villa Elvira, 17-Casco Urbano, 18-Altos de San Lorenzo, 19-Tolosa.

Tabla 4. Distribución de los usos Urbanización, Invernáculos y Horticultura, en relación a la aptitud agrícola de los suelos. U-Urbanización, Inv-Invernáculos, Horti-Horticultura, Suelos-Aptitud de suelos, Sup-superficie medida en hectáreas (Has.).

Aptitud de suelos	Urbanización			Invernáculos			Horticultura		
	Sup. U	%U	%Suelo	Sup. Inv.	%Inv.	%Suelo	Sup. Horti.	%Horti.	%Suelo
Clase I	4433,21	21,59	22,18	3553,71	81,31	17,78	2523,51	59,49	12,63
Clase II	4999,67	24,35	31,83	461,37	10,56	2,94	1160,1	27,35	7,39
Clase III	1035,55	5,04	9,06	168,22	3,85	1,47	211,77	4,99	1,85
Clase IV	33,71	0,16	4,48	10,48	0,24	1,39	10,16	0,24	1,35
Total	10502,14	51,16		4370,4	95,96		4241,97	92,07	

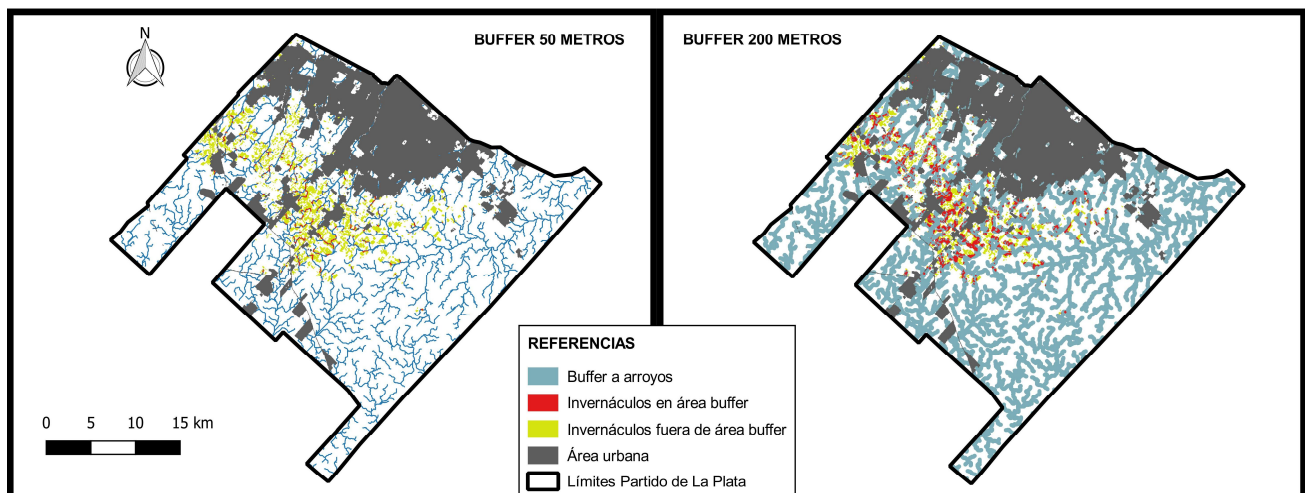


Figura 5. Distribución de Invernáculos en relación a áreas buffer de 50 y 200 metros generadas en torno a la red de drenaje (arroyos) para el Partido de La Plata, en el año 2015.

Tabla 5. Superficie de Invernáculos (en hectáreas) y porcentaje relativo en relación al área total de Invernáculos, dentro de cuatro áreas buffer generadas a ambos lados de los arroyos presentes en el partido de La Plata.

	Buffer 50 m.	Buffer 100 m.	Buffer 150 m.	Buffer 200 m.
Superficie de Invernáculos	445,36Ha.	924 Ha.	1439,54Ha.	1969,45Ha.
% de Invernáculos	10,19	21,14	32,94	45,06

Al mismo tiempo se pudo poner en valor la existencia de una amplia superficie del partido bajo actividad ganadera y en cuanto a la actividad hortícola, establecer la superficie ocupada por el CHP y dentro de este la superficie de cultivos bajo invernáculos y al aire libre, evidenciando que aún se conserva una amplia superficie de cultivos al aire libre.

Al analizar el mapa de coberturas/ usos del suelo, la cercanía espacial evidenciada entre el uso urbano y el hortícola, sumado al cálculo de la superficie con cultivos bajo invernáculos y la evidente concentración espacial de los mismos, deja entrever posibles conflictos y pujas por el uso del suelo, el surgimiento de conflictos urbano-rurales por la deriva de agroquímicos (utilizados en mayores proporciones en los cultivos bajo invernáculos) y las frecuentes inundaciones en la zona agravadas por la impermeabilización del suelo generada por los invernáculos (García, 2011). Esto corrobora los problemas actuales planteados por distintos actores y autores (eg. García, 2015; Blandi, 2016). Hurtado et al. (2006) y Frediani (2010) afirman que la expansión urbana tuvo lugar en el partido de La Plata sobre tierras productivas de alta calidad, moviendo la horticultura hacia áreas de uso tradicionalmente agropecuario (agricultura extensiva, ganadería, tambos, haras, etc.) que no son apropiados para dicha actividad. Como complemento, el presente trabajo corrobora que el uso urbano ha acaparado más de la mitad de los suelos aptos para la agricultura y que un porcentaje (reducido, hasta la fecha analizada) de cultivos bajo invernáculos y hortícolas al aire libre se están desarrollando en suelos no aptos para dicha actividad. Del mapa de usos/coberturas del suelo para el año 2015 se desprende, a su vez, que casi el 25% del partido está ocupado por áreas urbanas y que parte de estas (asociado a la construcción de countries y barrios privados) se encuentran inmersos en una zona preponderantemente ganadera. Este avance urbano sobre lo rural queda evidenciado también al ver la cercanía espacial entre la actividad hortícola (horticultura al aire libre e invernáculos) y el área urbana. Dávila (2012) considera que, según diversas regulaciones, la distancia de las producciones hortícolas intensivas a los centros urbanos debería ser mayor a 1000 metros. Sin embargo, un muy alto porcentaje (67,93%) de invernáculos se hallaron a menos de 1000 metros de las zonas urbanas, lo que evidencia un problema actual y un foco de conflicto a futuro si no se toman medidas para reordenar el actual uso del territorio desde otra lógica de planificación. Diversos autores plantean que, en ausencia o deficiencia de políticas adecuadas de planificación del uso del suelo, estos conflictos urbano-rurales se han resuelto a través de las políticas de los mercados concentradores y la especulación de las empresas constructoras (Frediani, 2010; Hurtado et al., 2006;

Merchán, 2016). En el mismo sentido, recientemente Fingermañ (2018) plantea que las zonas fijadas como áreas de producción agropecuaria vienen siendo constantemente transformadas en áreas urbanas, y que la legislación que fija el ordenamiento territorial se ha ido adecuando a lo que ocurre de hecho. La actividad hortícola está inutilizando sus mejores suelos en manos de procesos de urbanización que son obviamente irreversibles, por lo que son suelos que se pierden definitivamente; siendo desplazada esta actividad hacia zonas marginales del partido, con suelos de menor calidad, y baja infraestructura de caminos y servicios básicos, deteriorando aún más las precarias condiciones de vida de las familias productoras, dificultando los procesos de transporte y comercialización y poniendo en riesgo el acceso de la población local a alimentos de proximidad.

La distribución espacial de la producción hortícola

Los problemas sin embargo no acaban en la disputa urbano-rural por el uso del suelo. El modelo productivo vigente, fuertemente demandante de insumos externos, con elevados costos de inversión inicial, altos precios de arrendamiento y una constante incertidumbre en cuando a las ganancias, debido a las fluctuaciones de los precios de las hortalizas en los mercados concentradores, ha llevado a la intensificación en la actividad productiva, con una fuerte tendencia al desarrollo de producciones bajo invernáculos (García, 2011; García, 2012). Al mismo tiempo, los análisis de sustentabilidad en este tipo de producciones en la región han mostrado que se encuentran asociadas a un aumento de problemas ecológicos, sociales y económicos comparados con la producción al aire libre (Blandi et al., 2016). El informe oficial más actualizado, proveniente del Censo Horti-florícola de la Provincia de Buenos Aires (CHFBA) estimó en 2005, 1887,89 hectáreas de horticultura al aire libre y 991,97 hectáreas de invernaderos. El Consejo Federal de Inversiones (CFI) estimó 1.300 hectáreas de invernaderos en 2006, y los principales proveedores de plásticos para invernadero de la región estimaron más de 3.000 hectáreas para el año 2009. (García, 2011). En nuestro estudio hemos podido, por un lado, cuantificar el área bajo producción hortícola y establecer su distribución espacial en el partido de La Plata, evidenciando a su vez, que más de la mitad de la misma se encuentra ocupada por producciones bajo invernáculo. Se establecieron a su vez las delegaciones municipales con mayor concentración de *Invernáculos*, a partir de lo cual podemos identificar que Abasto es la delegación más comprometida, seguida por Etcheverry, El Peligro, Lisandro Olmos y Los Hornos, con las previsibles consecuencias ambientales que ya se han mencionado. Esta información brinda nuevas herramientas para establecer prioridades en el marco

de un proceso de planificación del territorio, indicando estas delegaciones municipales como sectores del partido donde es prioritario implementar en el corto plazo políticas públicas que promuevan un proceso de reconversión de las unidades productivas hacia producciones con un mayor porcentaje de cultivos al aire libre. Al mismo tiempo, se pudo establecer que las delegaciones de Los Hornos (pese a destacarse también por su porcentaje de invernáculos) y Arana tienen una mayor tendencia a producir al aire libre, lo que nos indica que son dos delegaciones prioritarias a la hora de pensar en políticas de protección de áreas productivas, evitando el desarrollo de amplias superficies de producción bajo invernadero y resguardando ambientes potenciales proveedores de biodiversidad. Sin embargo, esta problemática requiere avanzar más aún, y pensar en el mediano plazo, políticas públicas integrales, que ordenen la actividad productiva en todo el cinturón hortícola, definiendo zonas protegidas donde se pueda desarrollar esta actividad sin afectar otros sectores de la sociedad, pero también resguardando aquellos suelos con aptitud para la actividad hortícola que aún se conservan, y así establecer criterios de producción tendientes a promover prácticas productivas más sustentables. Establecer una superficie máxima de invernáculos por unidad productiva es un ejemplo de medida posible, que debe ir acompañada necesariamente por políticas de fomento para aquellas familias productoras que reconviertan parte de sus unidades productivas hacia producciones al aire libre, o que dejen zonas de la quinta con vegetación natural o semi-natural, considerando entre otras variables el Coeficiente de Absorción del Suelo (Jensen & Birche, 2018). Al mismo tiempo, es necesario pensar en la delimitación de una franja de no fumigación, especialmente considerando el elevado uso de agroquímicos (Sarandón et al., 2015) y la cercanía entre el área productiva y el área urbana. En los últimos años han surgido en distintas partes del país ordenanzas que delimitan franjas de no fumigación y legislaciones que promueven procesos de transición agroecológica. Las ordenanzas que delimitan franjas de no fumigación en torno a la urbanización y a escuelas rurales han sido promovidas principalmente por las consecuencias en la salud derivadas de la producción agrícola extensiva que circunda muchos de los pueblos y ciudades del país. Sin embargo, es menos reconocida esta necesidad en torno a áreas bajo producción hortícola. Una ordenanza a destacar en la provincia de Buenos Aires es la Ordenanza 18.740/08 del municipio de General Pueyrredón que, pese a las deficiencias en su cumplimiento, establece un área de 1000 metros al ejido urbano, donde no se puede fumigar con agroquímicos. Esta ordenanza reviste importancia ya que el municipio de General Pueyrredón es el principal partido hortícola de la Provincia de Buenos Aires en cuanto a su superficie, y junto con el de La Plata tienen el mayor índice de peligrosidad, de acuerdo a la superficie relativa que ocupa la horticultura y al modelo de producción predominante (Sarandón et al., 2015). En el partido de La Plata, pese a albergar uno de los principales cinturones hortícolas del país y al índice de peligrosidad establecido para este, carece de ordenanzas que regulen las distancias de aplicación. Es indispensable la elaboración de una ordenanza de este

tipo, pero para garantizar su cumplimiento es indispensable que se realice en conjunto con las organizaciones de productores y que haya un compromiso real por parte del municipio en desarrollar políticas públicas que faciliten la transición hacia producciones agroecológicas de aquellas unidades productivas afectadas.

Los ambientes semi-naturales en relación a la producción de alimentos

Los múltiples problemas identificados por otros autores y presentados en la introducción de este trabajo, así como los resultados de esta investigación, muestran la necesidad de generar un cambio en el modelo productivo vigente. Para poder hacer una transición exitosa hacia producciones más sustentables es necesario, como vimos, contar con ambientes que sirvan como reservorio de biodiversidad. Los patrones espaciales, es decir la ubicación en el espacio de los distintos elementos que componen un paisaje, y los cambios en su estructura influyen en los flujos y transferencias de organismos, materiales y energía (Risser et al., 1984) afectando la biodiversidad, considerada como un elemento imprescindible para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que la naturaleza provee (Rositano et al., 2012). En el presente trabajo, si bien identificamos una amplia superficie con ambientes naturales o semi-naturales, vemos que los ambientes riparios se encuentran desarrollados principalmente en la periferia del partido, con actividad casi exclusivamente ganadera y que, por otro lado, los ambientes naturales o semi-naturales se encuentran mucho menos representados en la zona hortícola, y menos aún en aquella zona caracterizada por la concentración de producciones bajo invernáculo. Sin embargo, no es suficiente con tener una amplia superficie con vegetación natural o semi-natural en el partido, sino que es sumamente importante la distribución de estos ambientes, y la conectividad entre ellos y entre estos ambientes y los cultivos al aire libre, para garantizar la provisión de servicios ecosistémicos como el control de plagas, el control de la erosión y la formación de suelos, facilitando de este modo el desarrollo de producciones sustentables. La fragmentación del hábitat ha sido considerada por muchos investigadores como la mayor amenaza a la biodiversidad (Noss, 1991). Para mejorar la conectividad entre estos ambientes proveedores de biodiversidad Uy & Nakagoshi (2008) destaca la importancia de diseñar una red de espacios verdes, que incluya corredores, parches de vegetación natural/semi-natural de diversos tamaños, y elementos aislados como árboles; al mismo tiempo plantea la necesidad de pensar la conectividad a distintas escalas, que en nuestro caso de estudio podríamos identificar como escala de quinta, barrio o delegación municipal y partido, y la necesidad de conectar los ambientes semi-naturales urbanos con el periurbano. Yang & Jinxing (2007), por su parte, destacan la importancia de considerar a las granjas (quintas en este caso) como elementos que contribuyen a la conectividad entre espacios verdes. Estos autores, junto con las numerosas investigaciones locales sobre el rol de la vegetación espontánea y los cultivos al aire libre sin uso de agroquímicos, en el mantenimiento de enemigos

naturales de las plagas (e.g. Dubrovsky Berensztein, 2018; Baloriani et al., 2009; Fernández & Marasas, 2015; Marasas et al., 2011; Marasas et al., 2014; Paleologos et al., 2008; Stupino et al., 2007; Stupino et al., 2009), nos brindan criterios generales para pensar una planificación territorial más adecuada, que promueva un desarrollo territorial sustentable. Para garantizar una adecuada distribución y conectividad entre estos ambientes, presentes tanto en tierras públicas como privadas, se requiere de una gestión activa por parte del Estado. En este sentido, algunas propuestas que serían de utilidad para la protección y promoción de estos ambientes son por ejemplo, la generación de ciertas zonas protegidas, en las que se limiten sus usos (reservas, márgenes de arroyos), la creación de parques y plazas en la zona hortícola que funcionen como ambientes de conexión entre las áreas con vegetación natural/semi-natural presentes en el Cinturón Hortícola, y que además funcionen como espacio recreativo y de esparcimiento para las familias productoras, y la forestación con árboles nativos en las rutas y principales caminos periurbanos. En este punto es importante destacar que el número de espacio verde por habitante en la zona del cinturón verde (2,8 m²/habitante) está por encima del mínimo que requiere la OMS, pero la distribución espacial de estos resulta discontinua, dejando grandes sectores sin acceso a espacios verdes (Birche & Jensen, 2018). Si consideramos que la actividad productiva en la zona es principalmente agricultura familiar, y que las familias viven mayormente en las quintas que trabajan, podemos comprender la relevancia de incrementar estos espacios y sus múltiples funciones ambientales y sociales. Por otro lado, la promoción mediante exenciones impositivas u otros beneficios económicos a aquellas familias productoras que dejen parte de la quinta con vegetación natural/semi-natural, que opten por desarrollar producciones hortícolas al aire libre y que establezcan cortinas rompe viento forestando con plantas nativas, facilitaría el mejoramiento de las condiciones ambientales para el desarrollo de producciones más sustentables. En relación a las quintas con producción hortícola al aire libre (tanto las actuales como las que elijan en el corto plazo este tipo de producción), es importante poner en valor su potencial rol en el mantenimiento de la biodiversidad y pensarlas como unidades integrantes de una futura red de espacios verdes. Al mismo tiempo, estas medidas generarían condiciones favorables para el desarrollo de actividades de turismo rural, que acerquen a la población a la actividad productiva, fortaleciendo el vínculo productor-consumidor y fomentando el consumo responsable, una propuesta difundida con éxito en muchos países desarrollados.

La producción hortícola y su cercanía a los arroyos de la región

Finalmente, un tipo de ambiente semi-natural de gran importancia es el ambiente ribereño. En el presente trabajo nos propusimos analizar la distancia de los invernáculos a arroyos. Esto brindó información de utilidad para complementar recientes investigaciones que evalúan los efectos de la actividad hortícola

intensiva en relación a los cuerpos de agua y a su fauna representativa (Arias, 2019; Mac Loughlin et al., 2017). La cercanía de la actividad productiva intensiva a los arroyos tiene importantes implicancias especialmente si se considera que el área hortícola se encuentra emplazada en la cabecera de estos arroyos, por lo que su efecto puede tener repercusión aguas abajo. Las distancias buffer consideradas para proteger a los arroyos del transporte de agroquímicos provenientes de la actividad agrícola varían mucho en países de la región como Argentina, Brasil y Paraguay. Mientras que en Brasil se contemplan distancias de 30 m. en promedio, en Paraguay el criterio es de 100 m. y en Argentina no existe una legislación de carácter nacional al respecto, existiendo decretos reglamentarios en las provincias de Chaco, Formosa y Rio Negro (Hunt et al., 2016). En el análisis realizado en este trabajo se evidenció que un 21% de los invernáculos se hallaron a menos de 50 metros de los arroyos, mientras que un 45% se encontraron a menos de 200 metros, lo que demuestra la necesidad de implementar políticas de resguardo de los arroyos. En este sentido se puede pensar en políticas diferenciadas en cuanto a la protección de los cursos de agua, restringiendo la actividad productiva al menos dentro de los 50 metros de los arroyos, y estableciendo políticas que regulen la superficie de producción bajo invernáculos y que fomenten la transición de aquellas unidades productivas ubicadas dentro de los 100-200 metros de los arroyos, hacia producciones agroecológicas. Este tipo de medidas tiene un doble beneficio, ya que por un lado protege los ambientes riparios y la biodiversidad presente en ellos, y por otro al proteger estas zonas y mejorar sus condiciones ambientales, estas cumplen una importante función como ambientes conectores, corredores biológicos con un rol estratégico en la conformación de una red de espacios verdes, resguardando la biodiversidad necesaria en una transición hacia un modelo productivo agroecológico. En este sentido, el trabajo de Gómez et al. (2017) destaca la existencia en la cuenca alta del arroyo del Gato, de bañados de desborde fluvial, cuya conservación reviste importancia por la diversidad vegetal que alberga, la provisión de hábitat para variadas especies animales y la función de retención del agua de lluvia. Así mismo, Birche & Jensen (2018b) señalan que en el área periurbana más del 90% de los arroyos permanecen a cielo abierto; esto implica un gran potencial para pensar en estrategias de intervención tendientes a generar espacios públicos asociados a ellos, que al mismo tiempo los protejan como fuente de biodiversidad y de servicios ecosistémicos. En otro trabajo en el que analizan los arroyos en el área urbana, Jensen & Birche (2018) proponen la conversión de las planicies de inundación de estos arroyos, en espacios verdes integrados al sistema de espacios públicos; esta estrategia junto con la propuesta planteada anteriormente de delimitar una zona intangible y una de producción agroecológica en los tramos de los arroyos que atraviesan el área productiva, serían un complemento ideal para promover la conectividad entre los ambientes semi-naturales urbanos y periurbanos y para aportar áreas de esparcimiento para la población local.

La necesidad de planificar la producción periurbana de alimentos

Los resultados presentados en este trabajo evidencian la necesidad de poner restricciones al avance urbano, planificar hacia qué sectores del partido es más adecuado que crezca la ciudad y generar una figura legal que proteja el área productiva, resguardando la producción de alimentos y los ambientes semi-naturales, reservorios de biodiversidad y proveedores de servicios ecosistémicos esenciales para la población. El problema planteado no es solo local, el crecimiento urbano está ejerciendo una fuerte presión sobre las tierras productivas en todo el país, motivo por el cual la mayoría de los cinturones hortícolas de Argentina están desapareciendo rápidamente como resultado de la expansión urbana (Giobellina, 2018; Giobellina, 2017; Medico, 2016; Hurtado et al., 2006). En este sentido, se requiere de una planificación del Estado (Nacional, Provincial, Municipal), a fin de generar políticas públicas desde y para la población. En el presente trabajo esbozamos algunas ideas que pueden servir de disparador para profundizar, de manera interdisciplinaria y con el aporte de la población local, en el análisis y desarrollo de estrategias de ordenamiento territorial.

Partiendo de esta situación actual, se abren una serie de preguntas para pensar el territorio: ¿hacia dónde es probable que se expanda la urbanización?, ¿hacia dónde se podría expandir la horticultura de ser necesario?, ¿en qué zonas podrían desarrollarse producciones más sustentables?, ¿qué implicancias tendría ello para el abastecimiento de circuitos cortos de comercialización?, ¿qué infraestructura debería desarrollarse para facilitar la comercialización?, ¿qué ambientes semi-naturales actuales se debería conservar?, ¿qué ambientes se podrían reconvertir o potenciar para funcionar como conectores en una red de ambientes semi-naturales?, ¿qué rol deberían cumplir productores, consumidores y Estado para el desarrollo y la implementación efectiva de una planificación territorial adecuada?. Los resultados de este trabajo brindan herramientas para comenzar a esbozar algunas posibles respuestas. Algunas ideas para avanzar hacia un territorio más sustentable podrían incluir a corto plazo la protección de la zona productiva, un comienzo necesario para evitar que se sigan perdiendo suelos productivos; la delimitación de una franja de no fumigación, acompañada por políticas adecuadas de fomento de la transición hacia producciones agroecológicas y la protección de los márgenes de los arroyos estableciendo una primera zona protegida y una segunda zona que habilite la producción hortícola agroecológica. A mediano plazo podría avanzarse en la conformación de una red de espacios verdes periurbanos, para lo cual sería necesario definir espacios a proteger, ambientes que se puedan mejorar por ejemplo mediante la forestación con especies nativas y ambientes que pueda constituirse como corredores verdes, conectando los otros ambientes. Por último, sería adecuado avanzar en el desarrollo de criterios para la actividad productiva que impliquen apoyo estatal para la transición agroecológica, que limiten el porcentaje de producción bajo invernáculo por unidad productiva y que fomenten la producción al aire libre y la conservación de

ambientes semi-naturales y cortinas rompe viento en las unidades productivas.

Finalmente, se advierte el riesgo de la población local en relación al acceso a alimentos saludables y de proximidad, y la necesidad de cambios en la planificación y gestión territorial para poder garantizar un territorio sustentable y resiliente. Consideramos que el desarrollo de una planificación territorial adecuada debe estar acompañado de políticas públicas que garanticen su efectiva implementación, debe ser co-construida, de manera colectiva, con los distintos actores involucrados, y debe contar con el compromiso del Estado para garantizar fondos públicos y personal técnico adecuado para su implementación.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo se pueden condensar en una serie de conclusiones generales, entre las que podemos destacar:

La evidencia de que aún se conserva una amplia superficie de cultivos al aire libre, encontrándose que el porcentaje de cultivos al aire libre y cultivos bajo invernáculos es prácticamente igual, diferenciándose en cuanto a la distribución espacial de los mismos.

Una distancia inadecuada de las producciones bajo invernáculo respecto a los centros urbanos y a los principales arroyos de la región según diversas regulaciones existentes. En este sentido se encontró que más de la mitad (67,93%) de los Invernáculos se encontraron dentro de los 1000 metros del área urbana; y que casi la mitad (45,06%) se encontraron a una distancia menor a los 200 metros de los arroyos.

Se establecieron las delegaciones municipales con mayor concentración de *Invernáculos*, a partir de lo cual podemos identificar que Abasto es la delegación más comprometida, seguida por Etcheverry, El Peligro, Lisandro Olmos y Los Hornos. A su vez se identificó a Los Hornos y Arana como dos delegaciones con una mayor tendencia a realizar producciones hortícolas al aire libre.

Se detectó que más de la mitad (51,16 %) del área urbana se asentó sobre suelos de aptitud agrícola; y que las producciones hortícolas bajo Invernáculos y las producciones hortícolas al aire libre están comenzando a ocupar suelos de menor aptitud agrícola.

Se identificó que los ambientes riparios se encuentran desarrollados principalmente en la periferia del partido, con actividad casi exclusivamente ganadera; y que, por otro lado, los ambientes naturales o semi-naturales se encuentran mucho menos representados en la zona hortícola, y menos aún en aquella zona caracterizada por la concentración de producciones bajo invernáculo. Consideramos finalmente, que hacen falta cambios en la planificación y gestión territorial para poder garantizar un territorio sustentable y resiliente.

Agradecimientos

Esta investigación se desarrolló en el marco de una beca doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), con el apoyo de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y la Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV).

Agradecemos especialmente a la CONAE por facilitar trabajo de gabinete en su institución para realizar el procesamiento de imágenes con el software ENVI, en el marco de un curso del programa de Maestría del Instituto Gulich. Finalmente agradecemos a los productores y productoras del cinturón hortícola que nos brindaron su tiempo y nutrieron con sus opiniones y debates esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

- Ambort, M.E.** 2017. Procesos asociativos en la agricultura familiar: un análisis de las condiciones que dieron lugar al surgimiento y consolidación de organizaciones en el cinturón hortícola platense, 2005-2015 (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación).
- Alonso, L., C. Bernasconi, A. Ciciarelli, C. De Castro, C. Esteban, A. Etchegoyen, T. Mac Loughlin, L. Muntaner, R. Ledesma, L. Orofino, C. Percudani, A. Piccinini, M. Rojo, J.M. Santillán & S. Vittori.** 2015. Plaguicidas: los condimentos no declarados. XIII jornadas de jóvenes investigadores grupo Montevideo. Ciencia, tecnología e innovación para la inclusión social. La Plata, Buenos Aires.
- Arias, M.** 2019. Efecto del uso de fertilizantes y pesticidas sobre organismos acuáticos en arroyos de la zona hortícola de La Plata. D. Tesis, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. 147 pp.
- Ávila, H.** 2009. Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. Estudios Agrarios. Revista de la Procuraduría Agraria del Gobierno Federal Mexicano. Agosto. www.pa.gob.mx/publica/rev41/ANALISIS/7HECTORAVI.LA.pdf.
- Baloriani, G., M.F. Paleologos, M.E. Marasas, & S.J. Sarandón.** 2009. Abundancia y Riqueza de la Macrofauna Edáfica (Coleoptera y Araneae), en Invernáculos Convencionales y en Transición Agroecológica. Arana, Argentina. Revista Brasileira de Agroecología. 4(2): 1733-1737.
- Barsky, A.** 2007. Globalización y Agricultura periurbana en Argentina. Escenarios, recorridos y problemas. Ada Svetlitz de Nemirovsky (coordinadora). Maestría en Estudios Sociales Agrarios. Serie Monografías ISSN, 2(2), 1.
- Barsky, A. & M. Vio.** 2007. La Problemática del Ordenamiento Territorial en Cinturones Verdes Periurbanos sometidos a Procesos de Valorización Inmobiliaria. El caso del Partido del Pilar, Región Metropolitana de Buenos Aires. IX Coloquio Internacional de Neocrítica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- Benencia, R.** 2002. Transformaciones territoriales en la horticultura periurbana bonaerense en los últimos 50 años. El papel de la tecnología y la mano de obra. XIII Economic History Congress. Buenos Aires.
- Bertoni, J. C., S. Ambrosino, O. Barbeito, A. Daniele, J.A. Maza, C.U. Paoli & J.J. Serra.** 2004. Inundaciones urbanas en la Argentina. GWP-SAMTAC; Programa Asociado de Gestión de Crecidas; Universidad Nacional de Córdoba. Secretaría de Ciencia y Técnica, SECyT;
- Comité Permanente de los Congresos Nacionales del Agua, Argentina; Arg CAP-NET.
- Birche, M.E. & K.C. Jensen.** 2018a. Relevamiento y catalogación de los espacios verdes de uso público de la ciudad de La Plata, Argentina. Urbano, 21.
- Birche, M. & K.C. Jensen.** 2018b. El paisaje en el espacio público como medio de integración entre la ciudad y el agua: el caso de la región La Plata, Argentina. Revista de Urbanismo, (39), 1-16.
- Blandi, M. L.** 2016. Tecnología del invernáculo en el Cinturón Hortícola Platense: análisis de la sustentabilidad y los factores que condicionan su adopción por parte de los productores (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales).
- Blandi, M. L., S.J. Sarandón, C.C. Flores & I. Veiga.** 2016. Evaluación de la sustentabilidad de la incorporación del cultivo bajo cubierta en la horticultura platense. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, 114(2): 251-264.
- Ceceña, A.E.** 2012. Dominar la naturaleza o vivir bien: disyuntiva sistémica. Debates urgentes. 1(1): 117-129.
- Cieza, R.I., G. Ferraris, C. Seibane, G. Larrañaga & L. Mendicino.** 2015. Aportes a la caracterización de la agricultura familiar en el Partido de La Plata Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata. Vol. 114 (Núm. Esp.1). Agricultura Familiar, Agroecología y Territorio: 129-142.
- Colombo J.C., M. Astoviza, C. Bilos, N. Cappelletti, C. Migoya, M. Morrone, C. Skorupka, E. Speranza & L. Tatone.** 2015. Subproyecto "Biogeoquímica de contaminantes". En: Relevamiento de la utilización de agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires. Mapa de situación e incidencias sobre la salud. Defensor del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires y UNLP. 497-533.
- Congedo L.** 2016. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. DOI:<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
- Congalton, R.G. & K. Green.** 2008. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC press. 183 pp.
- Coning, J.G., P.S. Bindraban, J.J. Schröder & R.E.E. Jongschaap.** 2018. Can our global food system meet food demand within planetary boundaries?. Agriculture, Ecosystems & Environment, 251: 244-256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.001>
- Dansero, E., G. Pettenati, & A. Toldo.** 2017. The relationship between food and cities and urban food policies: a space for geography?. Bollettino della società geografica italiana. 13 (5): 4-19.
- Dávila, M.** 2012. Documentos de Trabajo: La política sobre uso de agroquímicos en Argentina y Uruguay. Universidad de Belgrano, Departamento de Investigaciones, Área de Estudios Agrarios, Vol. 277.
- Dubrovsky Berensztein, N.** 2018. Estudio de la entomofauna en agroecosistemas del Cinturón Hortícola de La Plata, para el diseño participativo de estrategias de control biológico por conservación. D. Tesis, Universidad Nacional de La Plata. 391 pp. On line: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71094>
- Fernández, V. & M.E. Marasas.** 2015. Análisis comparativo del componente vegetal de la biodiversidad en sistemas de producción hortícola familiar del Cordón Hortícola de La Plata (CHLP),

provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, 114 (Núm. Esp. 1): 15-29.

Fernández Lozano, J. 2012. La producción de hortalizas en Argentina. Gerencia de Calidad y Tecnología. Mercado Central de Bs. As. On line: https://www.academia.edu/23974120/La_produccion_de_hortalizas_en_argentina

Fingerman, N. 2018. La agricultura familiar en el Área Hortícola de La Plata, Berazategui y Florencio Varela. Diversas formas de dependencia y el camino de construcción de su autonomía. Ediciones INTA, La Plata, Buenos Aires. 111 pp.

Frediani, J.C. 2010. Lógicas y tendencias de la expansión residencial en áreas periurbanas. El Partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina, entre 1990 y 2010 D. Tesis, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. 459 pp. On line: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/3203>

García, M. 2011. El cinturón hortícola platense: ahogándonos en un mar de plásticos. Un ensayo acerca de la tecnología, el ambiente y la política. THEOMAI n° 23, primer semestre 2011.

García M. 2012. Análisis de las transformaciones de la estructura agraria hortícola platense en los últimos 20 años. El rol de los horticultores bolivianos. Tesis doctoral de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.

García, M. 2015. Horticultura de La Plata (Buenos Aires). Modelo productivo irracionalmente exitoso. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, 114(3): 190-201.

García, M. & L. Mierez. 2007. Cultivos al aire libre. Importancia y razones en la región hortícola más capitalizada. Boletín Hortícola, 12(35).

Giobellina, B. 2017. El cinturón verde de Córdoba: hacia un plan integral para la preservación, recuperación y defensa del área periurbana de producción de alimentos. Coordinadora Beatriz Giobellina; producción cartográfica Nicolás Mari, et al. 1a ed. Manfredi, Córdoba: Ediciones INTA. 35 pp. On line: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-el-cinturon-verde-de-cordoba_0.pdf

Giobellina, B. 2018. La alimentación de las ciudades: transformaciones territoriales y cambio climático en el Cinturón Verde de Córdoba. Compiladora: Beatriz Giobellina. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Ediciones INTA. 258 pp. On line: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_la_alimentacion_de_las_ciudades.pdf

Gómez, N., A. Rodrigues Capítulo, D.C. Colautti, A.J. Mariñelarena, M. Licursi, J. Cochero, ...& J. García de Souza. 2017. La puesta en valor de los servicios ecosistémicos que ofrecen los arroyos de llanura como una medida de mitigación de las inundaciones: el caso del A° Del Gato en el Partido de La Plata. Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos (EMEAP), 8.

Hunt, L., C. Bonetto, V.H. Resh, D.F. Buss, S. Fanelli, N. Marrochi & M.J. Lydy. 2016. Insecticide concentrations in stream sediments of soy production regions of South America. Science of the Total Environment, 547: 114-124.

Hurtado, M.A., J.E. Giménez, M.G. Cabral, M. Da Silva, O.R. Martínez, M.C. Camilión C.A. Sánchez, D.

Muntz, J.A. Gebhard, L. Forte, L. Boff, A. Crincoli & H. Lucesoli. 2006. Análisis ambiental del partido de La Plata: Aportes al ordenamiento territorial. Consejo Federal de Inversiones, La Plata. 124 pp.

Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (INDEC). 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas (2010). On line: https://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135

Jensen, K. & M. Birche. 2018. El paisaje y la forma de expansión en la ciudad de La Plata: lineamientos y estrategias para la planificación del crecimiento urbano. In X Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Córdoba, Junio 2018. Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori. Universitat Politècnica de Catalunya.

Karol, J.L. & G.A. San Juan. 2018. Saber qué hacer: construcción de un sistema para la gestión integrada del riesgo hídrico en la región del Gran La Plata. Eds. Jorge L. Karol; Gustavo San Juan. - 1a edición especial - Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, La Plata. 347 pp. On line: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67730>

Liscia, S., R. Amarilla, D. Bacchiega, D. Brea, J. Carner, P. Cielli & F. Zarate. 2013. Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada. La Plata: UNLP, Facultad de Ingeniería, Departamento de Hidráulica. 53 pp. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27334>.

Mac Loughlin, T. M., L. Peluso & D.J. Marino. 2017. Pesticide impact study in the peri-urban horticultural area of Gran La Plata, Argentina. Science of the Total Environment, 598: 572-580.

Marasas, M.E., V. Fernández, G. Baloriani, G. Cap, C. Larrosa & J. Rouaux. 2011. Estudio de la Agrobiodiversidad en Sistemas de Producción Hortícola Familiar. Buenos Aires, Argentina. VII Congreso Brasileiro de Agroecología. Cuadernos de Agroecología, 6 (2).

Marasas, M.E., V. Fernández & N. Dubrovsky Berenzstein. 2014. Agrobiodiversidad en sistemas hortícolas familiares. Revista Leisa, 30 (1): 26-28.

Martellozzo, F., F. Amato, B. Murgante & K.C. Clarke. 2018. Modelling the impact of urban growth on agriculture and natural land in Italy to 2030. Applied Geography, 91: 156-167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.004>

Martin-López, B., J. González, S. Díaz, I. Castro & M. García Llorente. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. Ecosistemas. 2007/3. Disponible en: (URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=500&id_Categoria=1&tipo=portada)

Matteucci, S.D., J. Morello, A. Rodríguez, G.D. Buzai & C. Baxendale. 1999. El crecimiento de la metrópoli y los cambios de biodiversidad: el caso de Buenos Aires. En: S.D. Matteucci; O.T. Solbrig; J. Morello y G. Halffter. 1999. Biodiversidad y uso de la tierra. Conceptos y ejemplos de Latinoamérica. EUDEBA-UNESCO, Buenos Aires. Pp. 549-580.

Médico, C.M. 2016. La vegetación como posibilidad de integración espacial, ambiental y social en los paisajes de interfase urbano-rural de la provincia de Mendoza. Revista de las Facultades de Arquitectura e Ingeniería.

On line: <http://www.um.edu.ar/ojs-new/index.php/FAI/article/view/794>

Merchán, A.G. 2016. Valorización de la tierra en el Cinturón Hortícola Platense D. Tesis, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 174 pp. On line: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53577>

Morello, J. & S.D. Matteucci. 1997. El modelo agrícola del Núcleo Maicero como sistema complejo. En: J. Morello y O.T. Solbrig (comps.), *La Pampa Ondulada: granero del mundo hasta cuando?*. Orientación Gráfica Editora, SRL, Buenos Aires. Pp. 201-231.

Morello, J.H., G.D. Buzai, C. Baxendale, A. Rodríguez, S.D. Matteucci, R.E. Godagnone & R.R. Casas. 2000. Urbanización y consumo de tierra fértil. *Ciencia Hoy*, 10(55): 50-61.

Morello, J., S.D. Matteucci, A.F. Rodríguez, M.E. Silva, P. Mesopotámica, P. Llana & P. Medanosa. 2012. Ecorregiones y complejos Ecosistémicos de Argentina. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires.

Mountrakis, G., J. Im & C. Ogole. 2011. Support vector machines in remote sensing: A review. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 66: 247-259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.11.001>

Newbold, T., L.N. Hudson, S.L. Hill, S. Contu, I. Lyenko, R.A. Senior ... & J. Day. 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520(7545), 45. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature14324>

Nicholls, C.I. 2009. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. En: *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (Comp. Altieri, M.), pp. 207-228. SOCLA. Medellín, Colombia.

Nieto, D.P. & G.A. Rivas. 2006. Estudio socio-territorial de la actividad hortícola en el partido de La Plata 1998-2002. *Geograficando: Revista de Estudios Geográficos*, 2(2).

Noss, R.F. 1991. *Landscape connectivity: different functions at different scales. Landscape linkages and biodiversity.* Island Press, Washington, DC, USA, 27-39.

Paleologos, M.F., C.C. Flores, S.J. Sarandon, S.A. Stupino & M.M. Bonicatto. 2008. Abundancia y diversidad de la entomofauna asociada a ambientes semi-naturales en fincas hortícolas de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de agroecología*, 3(1).

QGIS Development Team. 2016. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>

Ramankutty, N., E. Amato, T.C. Monfreda & J.A. Foley. 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22. DOI:

<https://doi.org/10.1029/2007GB002952>

Risser, P.G., J.R. Karr, & R.T.T. Forman. 1984. *Landscape ecology: directions and approaches.* Illinois Natural History Survey Special Publ. 2, Champaign.

Rositano, F., M. López, P. Benzi & D.O. Ferraro. 2012. Servicios de los ecosistemas: un recorrido por los beneficios de la naturaleza. *Agronomía & Ambiente*, 32(1-2). On line: <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/5>

Saquet, M.A. 2015. Por una geografía de las territorialidades y las temporalidades: una concepción multidimensional orientada a la cooperación y el desarrollo territorial. La Plata, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. 153 pp.

Sarandón S.J., C.C. Flores, E. Abbona, M.J. Iermanó, M.L. Blandi, M. Oyhamburu & M. Presutti. 2015. Subproyecto "Análisis del uso de agroquímicos asociado a las actividades agropecuarias de la Provincia de Buenos Aires". En: *Relevamiento de la utilización de agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires. Mapa de situación e incidencias sobre la salud.* Defensor del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires y UNLP. 16-495.

Stupino, S.A., A.C. Ferreira, J. Frangi & S.J. Sarandón. 2007. Agro biodiversidad vegetal en sistemas hortícolas orgánicos y convencionales (La Plata, Argentina). *Cadernos de Agroecología*, 2(1).

Stupino, S., S.J. Sarandón & J. Frangi. 2009. Características de la Diversidad Cultivada y su Relación con la Diversidad Vegetal Asociada en Fincas Hortícolas Bajo Diferente Manejo en La Plata, Argentina. *Cadernos de Agroecología*, 4(1): 213-216.

United Nations. 2011. *The great green technological transformation.* United Nations publication.

United Nations. 2015. *The 2030 Agenda for Sustainable Development and its Sustainable Development Goals.* On line: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>

Uy, P.D. & N. Nakagoshi. 2008. Application of land suitability analysis and landscape ecology to urban greenspace planning in Hanoi, Vietnam. *Urban Forestry & Urban Greening*, 7(1): 25-40.

World Bank. 2018. *Understanding poverty.* Land topic. On line: <http://www.worldbank.org/en/topic/land>

Yang, J. & Z. Jinxing. 2007. The failure and success of greenbelt program in Beijing. *Urban forestry & urban greening*, 6(4): 287-296.

Notas al pie

¹<http://foroagrario.org/>

²<https://owncloud.rio20.net/index.php/s/mxcpl26uQZcBg17>

ANEXO

Tabla A. Descripción de las categorías de cobertura/uso del suelo identificadas para el Partido de La Plata.

Categorías de uso/cobertura del suelo	Descripción
Urbanización	Área urbana con alta y baja densidad de ocupación, desarrollo de infraestructura, edificios, rutas y caminos. Incluye countries, barrios privados, nuevas áreas urbanas en construcción y usos especiales como las industrias y el autódromo.
Parquizaciones Herbáceas	Áreas de vegetación herbácea con mantenimiento privado o municipal; incluyendo sectores del aeródromo y las grandes áreas semi-naturales como las reservas naturales cercanas al área urbana, donde prevalecen diversas gramíneas (<i>Paspalum</i> sp., <i>Cynodondactylun</i> , <i>Pennisetum</i> sp., <i>Festucas</i> sp., <i>Lolium perenne</i> , etc).
Parquizaciones arboladas	Áreas forestadas, localizadas fuera del área urbana, formando montes y cortinas rompeviento, conformadas principalmente por especies exóticas (e.g. <i>Acacia melanoxilon</i> , <i>Ligustrum</i> sp., <i>Fraxinus</i> sp., <i>Populus alba</i> , <i>Morus</i> sp., <i>Acers</i> sp., <i>Quercus</i> sp.).
Agua	Lagos, lagunas y cuerpos de agua temporales, incluyendo canteras inundadas.
Invernáculos	Horticultura y floricultura bajo estructuras de invernaderos. Esta categoría incluye las estructuras pertenecientes a granjas industriales principalmente productoras de huevos (estructuras con una respuesta espectral similar a la de los invernaderos).
Horticultura	Horticultura realizada al aire libre.
Agricultura	Cultivos agrícolas extensivos, principalmente soja, maíz sorgo y avena. No incluye aquellas pequeñas áreas con cultivos de cobertura pertenecientes a campos ganaderos. Incluye sectores del aeródromo donde se desarrollan producciones extensivas.
Ganadería	Áreas destinadas a la cría de ganado, principalmente de tipo vacuno. Esta categoría incluye tambos y haras.
Plantaciones Forestales	Plantaciones forestales para uso comercial (<i>Pinustaeda</i> , <i>Eucalyptus</i> sp.)
Pastizales	Pastizales caracterizados por <i>Cinaracardunculus</i> , <i>Dipsacus</i> sp., <i>Pennisetum</i> sp., <i>Cortaderiaselloana</i> , etc. de crecimiento espontáneo, sin mantenimiento privado ni municipal, principalmente asociados a lotes abandonados cercanos a las áreas urbana y de producción hortícola. Incluye sectores del aeródromo con crecimiento de vegetación espontánea sin ningún tipo de mantenimiento.
Vegetación Riparia	Vegetación espontánea de bajo porte, asociada a arroyos, principalmente <i>Typhas</i> sp., <i>Iris pseudacorus</i> ., etc; y árboles y arbustos de crecimiento espontáneos asociados a arroyos, como <i>Salix</i> sp. <i>Erytrina crista-galli</i> , <i>Ocotea acutifolia</i> , <i>Cephalanthusglabratus</i> , <i>Arundodonax</i> , etc.

Tabla B. Matriz de confusión de la clasificación realizada a partir de imágenes satelitales Landsat del año 2015, y tabla con los valores de precisión del producto, precisión del usuario, precisión global y coeficiente Kappa. La numeración de la matriz se corresponde a las siguientes categorías: 1-Urbanización, 2—Invernáculos, 3-Agua, 4-Parquizaciones Arboladas, 5-Parquizaciones Herbáceas, 6- Pastizal, 7-Plantaciones forestales, 8-Vegetación Ribereña, 9-Horticultura, 10-Agricultura y 11-Ganadería.

Matriz de confusión												
Clasificación	Referencia											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
1	4046	0	0	0	31	2	0	0	0	0	0	4079
2	0	478	1	0	0	0	0	0	1	0	0	480
3	7	0	106	0	0	0	0	17	0	0	0	130
4	14	0	0	221	0	0	0	4	0	0	0	239
5	13	0	0	0	452	14	0	3	3	0	16	501
6	15	0	0	4	0	985	0	6	2	15	16	1043
7	0	0	0	0	0	0	172	0	0	0	0	172
8	22	0	0	1	0	1	0	1165	0	0	106	1295
9	1	0	0	0	0	15	0	0	579	0	6	601
10	0	0	0	1	0	2	0	2	0	534	0	539
11	26	0	0	6	0	0	0	77	5	0	3422	3536
Total	4144	478	107	233	483	1019	172	1274	590	549	3566	12615

Clasificación	Precisión del producto	Precisión del usuario
1	97.64	99.19
2	100	99.58
3	99.06	81.54
4	94.85	92.47
5	93.58	90.22
6	96.66	94.44
7	100	100
8	91.44	89.96
9	98.13	96.34
10	97.27	99.07
11	95.96	96.78
Precisión global = 96.39		
Coeficiente Kappa = 0.95		