

Producción científico-técnica del INTA San Luis 2.^a Parte

José Daniel Giulietti; Daniel Nicolás Arroyo



Producción científico-técnica del INTA San Luis 2^{da} Parte.

Editores: Ing. Agr. José Daniel Giulietti - Ing. RN Daniel Nicolás Arroyo

Diseño de tapa: Lucia A. Cornejo.

Fotografía de tapa: Martin S. Chichahuala.

Compaginación: Daniel N. Arroyo.

2018

Producción científico-técnica del INTA San Luis 2da Parte.

José Daniel Giulietti y Daniel Nicolás Arroyo

Producción científico-técnica del INTA San Luis : 2da parte / Nora Raquel Andrada ... [et al.] ; compilado por José Daniel Giulietti; Daniel Nicolás Arroyo; fotografías de Martín Santos Chichahuala; prólogo de Javier Marcelo Genovés. - 1a ed. - San Luis : Ediciones INTA, 2018.

190 p. ; 28 x 20 cm.

ISBN 978-987-521-917-5

1. Medio Ambiente. 2. Agricultura. 3. Hidrología. I. Andrada, Nora Raquel II. Giulietti, José Daniel, comp. III. Arroyo, Daniel Nicolás, comp. IV. Chichahuala, Martín Santos, fot. V. Genovés, Javier Marcelo, prolog.

CDD 630.7

INDÍCE DE CAPÍTULOS

| | |
|---|------------|
| 1- ¿PUEDE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL SER UNA SALIDA A LA CRISIS ECOLÓGICA O ES MÁS RETÓRICA? Celdrán, D. J. | 13 |
| 2- LAS COMUNIDADES DE MALEZAS EN CULTIVOS DE MAÍZ Y SOJA EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS. Rauber, R. B. et al. | 29 |
| 3- GOLPES DE CALOR DURANTE EL LLENADO DE LOS GRANOS EN MAÍZ: UN FACTOR DE ESTRÉS HABITUAL EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS. Mayer, L. M. et al. | 41 |
| 4- PRODUCCIÓN DE CULTIVOS TRANSGÉNICOS. Terenti Romero, C. M. | 73 |
| 5- RELEVAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE FITOPATÓGENOS PRESENTES EN <i>DIGITARIA ERIANTHA</i> STEUDEL. SOBRE PARCELAS FERTILIZADAS CON UREA. Bravo, M.B. et al. | 81 |
| 6- BALANCE HÍDRICO DE DIFERENTES ESCENARIOS EN LA CUENCA EL MORRO, SAN LUIS. Saenz, C. A. et al. | 95 |
| 7- IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN ZONAS ÁRIDAS. Meyer, J. N. et al. | 109 |
| 8- MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS EN SAN LUIS. ALGUNAS REFLEXIONES. Colazo, J. C. et al. | 129 |
| 9- TRAMA DE LA CADENA DEL MAIZ EN SAN LUIS. Díaz, J. R. | 139 |
| 10- ALGUNOS DESARROLLOS INSTRUMENTALES Y METODOLÓGICOS REALIZADOS EN LA E.E.A. SAN LUIS. Echeverría, J. C. | 163 |

PRÓLOGO

En el conjunto de la abundante producción intelectual de la EEA San Luis a lo largo de sus 61 años, pocas obras como esta dejan ver la complejidad del trabajo que abordan sus profesionales.

Los capítulos de la presente publicación pueden leerse como aportes individuales -si realizamos la lectura habitual destacando de la producción científica y técnica sus conclusiones, descubrimientos, hallazgos y recomendaciones- pero este volumen nos abre las puertas al proceso de construcción del conocimiento proponiendo un recorrido por las diferentes fases de nuestro trabajo y por las preocupaciones de sus protagonistas en cada una de ellas.

El lector encontrará resultados novedosos y avances de trabajos aún en desarrollo que constituirán valiosos aportes a la producción (a través del conocimiento de las comunidades de malezas, de los factores de estrés para los cultivos, del conocimiento de fitopatógenos en pasturas o la caracterización de cadenas de valor) acompañados de estudios y reflexiones sobre el estado, importancia y proyección local de otras disciplinas (transgénesis, Nitrógeno o manejo de suelos); podrá vislumbrar el trabajo generalmente oculto que implica desarrollar y validar nuevos instrumentos y métodos necesarios para llevar a cabo ensayos, experimentos y relevamientos necesarios; será testigo de la preocupación por ofrecer nuevas perspectivas y soluciones a problemas actuales (cuenca de El Morro) y del lugar destacado que representa la comunicación y la educación ambiental y científica.

En otras palabras, la obra da cuenta del proceso de construcción de conocimiento en función de la utilidad que la sociedad le reconozca, lo que constituye parte esencial de nuestra misión institucional.

Ing. Agr. Javier Marcelo Genoves
Director de la Estación Experimental Agropecuaria San Luis

LISTA DE AUTORES

Andrada, Nora Raquel

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales, Universidad Nacional de San Luis.

Magister Scientiae en Producción Vegetal. Universidad Nacional de Río Cuarto. Fitopatología. Departamento de Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de San Luis.

Email: nrandrada@gmail.com

Arroyo, Daniel Nicolás

Ingeniero de Recursos Naturales, Universidad Nacional de La Rioja, Sede Universitaria Chemical.

Magister Scientiae en Prevención y Control de la Desertificación, Universidad Nacional de La Rioja, Sede Universitaria Chemical.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.

Email: arroyo.daniel@inta.gob.ar

Bravo, María Belén

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales, Universidad Nacional de San Luis.

Especialista en Protección Vegetal, Universidad Católica de Córdoba.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.

Email: bravo.belen@inta.gob.ar

Celdrán, Diego Javier

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales, Universidad Nacional de San Luis.

Master en Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.

Email: celdran.diego@inta.gob.ar

Cirilo, Alfredo Gabriel

Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Magister Scientiae en Producción Vegetal y Doctor en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Coordinador Nacional de la Red de Ecofisiología Vegetal de INTA

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Buenos Aires. Argentina.
Email: cirilo.alfredo@inta.gob.ar

Colazo, Juan Cruz

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa.
Doctor en Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: colazo.juan@inta.gob.ar

Demaria, Manuel Rodolfo

Biólogo, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de La Córdoba.
Doctor en Ciencias Ambientales, Programa Cartografía, Teledetección y SIG, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, España.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: demaria.manuel@inta.gob.ar

De Dios Herrero, Juan Martin

Licenciado en química –orientación agrícola- Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: dediosherrero.juan@inta.gob.ar

Díaz, Jorge Raúl

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales, Universidad Nacional de San Luis.
Magister en Economía y Negocios. Universidad Nacional de San Luis.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: diaz.jorger@inta.gob.ar

Ducasse, Daniel Adrián

Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
Ph.D. in Plant Pathology. University of Kentucky.

Instituto de Patología Vegetal. Centro de Investigaciones Agropecuarias.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria., Córdoba.
Email ducasse.daniel@inta.gob.ar

Echeverría, Juan Carlos

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa.
Maestro en Ciencias, Especialista en Entomología y Acarología. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: echeverria.juan@inta.gob.ar

Hurtado, Paula

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.
Magister Scientiae en Ciencias del Suelo, Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: hurtado.paula@inta.gob.ar

Maddonni, Gustavo Angel

Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
Magister Scientiae en Producción Vegetal y Doctor en área Ciencias Agropecuarias. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
Investigador Independiente de Investigaciones Científicas y Técnicas. Miembro del IFEVA. Director de la Escuela para Graduados “Alberto Soriano”, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
Email: maddonni@agro.uba.ar

Mayer, Luis Ignacio

Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
Doctor en área Ciencias Agropecuarias. Escuela para Graduados “Alberto Soriano”, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: mayer.luis@inta.gob.ar

Meyer, Jesica Natalia

Microbióloga, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales.
Universidad Nacional de Río Cuarto.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: meyer.jesica@inta.gob.ar

Piccinetti, Carlos Fabian

Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Luján.
Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMyZA). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Castelar, Bs. As., Argentina
Email: piccinetti.carlos@inta.gob.ar

Rauber, Ruth Bibiana

Licenciada en Ciencias Biológicas, Universidad de Buenos Aires.
Doctora en el Área Ciencias Biológicas, Universidad de Buenos Aires.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: rauber.ruth@inta.gob.ar

Rusoci, Nicolás Eduardo

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: rusoci.nicolas@inta.gob.ar

Saenz, Claudio Alejandro

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales, Universidad Nacional de San Luis.
Máster en Riego y Drenaje, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: saenz.claudio@inta.gob.ar

Terenti Romero, Claudia Mabel

Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales, Universidad Nacional de San Luis
Doctora en Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria San Luis. Argentina.
Email: terenti.claudia @inta.gob.ar

Terenti, Oscar Antonio

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales,
Universidad Nacional de San Luis.

Magister Scientiae en Tecnología de Semillas. Facultad de Ciencias
Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental
Agropecuaria San Luis. Argentina.

Email: terenti.oscar@inta.gob.ar

CAPÍTULO 1

¿PUEDE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL SER UNA SALIDA A LA CRISIS ECOLÓGICA O ES MÁS RETÓRICA?

Celdrán, D. J.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Luis. Argentina.

| | |
|--|----|
| 1- PREFACIO:..... | 14 |
| 2- ANÁLISIS DE UN MÉTODO DE CASOS COMO DISPARADOR:..... | 14 |
| 3- TRATAREMOS DE DESGLOSAR ALGUNOS INTERROGANTES QUE NOS PLANTEA EL MÉTODO DE CASOS..... | 15 |
| 4- CRISIS AMBIENTAL Y EDUCACIÓN. | 16 |
| 5- MARCO TEÓRICO DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL (EA); EL DESARROLLO SOSTENIBLE..... | 17 |
| 6- FORTALEZAS DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL. | 19 |
| 7- DESIGUALDAD, EXCLUSIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL..... | 21 |
| 8- POSIBLES RESPUESTAS A LA PREGUNTA INICIAL; ENTRE OBVEDADES Y PESIMISMO..... | 22 |
| 9- BIBLIOGRAFÍA. | 25 |

...“Profeso ese género de conocimientos que consiste en distinguir a primera vista un caballo de una cabra, un eucalipto de un plátano. Pero más allá de esas categorías diáfanas se extiende la ambigua región de las acacias y el misterioso territorio de los cotiledones y fanerógamas”...

(Ernesto Sábato)

...”Yo escapo de los charlatanes pero soy uno de ellos._ ¿alguna vez perdonara Dios mis pecados antes de bendecirme y situarme en el mundo de las ideas, la verdad y el afecto, donde los charlatanes no existen?”...

(Khalil Gibrán)

1- PREFACIO:

Estas breves líneas quizás intentan ser de una prosa más narrativa que científica y para muchos paladares puritanos no pasen de ser un refrito. Bajo ningún punto de vista, es mi intención contribuir aún más a la banalización de términos como sostenibilidad y educación ambiental, debemos ser conscientes de que cuando abusamos de las palabras y no significamos sus contenidos, irremediablemente vamos al vaciamiento del significado de las mismas. Es muy difícil no caer en contradicciones o ser poco claro con estos temas, por ese motivo puse en el epígrafe, a modo de paraguas, las palabras del gran escritor libanés Khalil Gibran. Espero que el resto de los autores de este libro y Ud. querido lector, perdonen mis pecados y estas palabras sirvan como disparador de futuras discusiones y reflexiones de la temática ambiental en la EEA INTA San Luis, y particularmente en el rol de la educación ambiental, sin perdernos en los tortuosos y lúgubres caminos de la retórica y la semántica.

2- ANÁLISIS DE UN MÉTODO DE CASOS COMO DISPARADOR:

Un método de casos es un instrumento educativo, que se presenta como un texto narrado, que incluye información sobre un problema real, con un eje principal, en este caso: La pobreza como causa (una de las tantas) y consecuencia de la degradación ambiental.

“Todavía no amanece y Julián ya está listo para salir al campo, su desayuno fue una taza de mate cocido, el pan se terminó la noche anterior. Luego de recorrer varios kilómetros a pie, atravesando extensas urbanizaciones, innumerables basurales y campos de cultivo, llega al sitio elegido, prepara sus tramperos, alista a sus pájaros llamadores y espera que el día llegue con varios cardenales. Perdido en sus cavilaciones, se pregunta que le paso a aquel arroyo de aguas cristalinas y buena pesca. Sigue rumiando y no sabe dónde estarán todos esos árboles que antes formaban el bosque y por qué cuesta cada vez más atrapar un cardenal. Con nostalgia piensa en el paisaje de su infancia, pero le preocupa la subsistencia de su familia, no consigue trabajo y debe cuidar de su familia. Si tiene suerte y captura alguno, tendrá que ir hasta el pueblo y venderlos. Ese poco de dinero, pondrá fin al reclamo de su estómago, que no se contentó con aquel frugal mate cocido.

Julián desconoce el rol de los pájaros en los ecosistemas, en realidad nunca oyó hablar de ecosistema. A sus 58 años ignora que el tráfico o venta ilegal de animales, es señalado por Interpol como el ilícito que más dinero mueve en el mundo, detrás del tráfico de drogas y armas. Jamás oyó hablar de la ley Nacional 22.421, de conservación de fauna silvestre, que en su capítulo VIII, menciona que será reprimido con prisión, quien capture y comercialice animales silvestres. Si le contáramos a Julián, sobre leyes, penas y castigos, quizás nos diría: que la pobreza en sí misma es una celda estrecha y agobiante.

Muy lejos del hábitat natural de los cardenales, Estefanía, después de mucha insistencia, logro que su padre la lleve a la feria de Pompeya, el sueño anhelado de su mascota se haría realidad: un vistoso y cantor pájaro. Su padre luego de regatear hábilmente el precio, consigue un hermoso cardenal, que estima; lucirá muy bien en el balcón de su coqueta casa. Paradójicamente, el padre de Estefanía; cree que este regalo estimulara el amor y el respeto hacia la naturaleza por parte de su hija.

Estefanía desconoce, que de cada 10 cardenales capturados, solo 1 llega con vida al mercado, también ignora que Julián recibió solo 5 pesos, mientras que su padre pago 500. Solo un pequeño grupo de personas, en la total ilegalidad, se beneficiara de las necesidades (muy distintas por cierto) de Julián y de ella. Aunque lo más trágico de su ignorancia, pasa por ser el motor (la demanda) de un negocio, que amenaza a la biodiversidad y nos pone en riesgo a todos”...

3- TRATAREMOS DE DESGLOSAR ALGUNOS INTERROGANTES QUE NOS PLANTEA EL MÉTODO DE CASOS.

¿Estamos frente a una crisis ambiental?; ¿Somos nosotros los principales responsables, junto a la forma de organización socioeconómica?; ¿Qué aporte puede hacer la educación en general y la educación ambiental en particular, para revertir esta crisis?; ¿Se puede seguir funcionando con los modelos de desarrollo actuales?; ¿Qué y cuanto estamos dispuestos a resignar de nuestras “comodidades”, en pos de conservar el planeta? ¿La pobreza como principal producto de nuestro sistema socio-económico, es causa o consecuencia de la degradación ambiental?

Para comenzar vamos hablar de lo que algunos autores conciben como crisis ambiental y el rol de la educación, luego haremos un poco de historia sobre educación ambiental, a la cual a partir de ahora nos referiremos en el resto del texto como EA y por ultimo asociaremos la pobreza-educación-daño ambiental, pero bajo ningún punto de vista creemos que este sea el único factor en juego, todo por el contrario es una pequeña parte de un sistema por demás complejo.

4- CRISIS AMBIENTAL Y EDUCACIÓN.

En palabras de Enrique Leff (2007) “La crisis ambiental de nuestro tiempo es el signo de una nueva era histórica. Esta encrucijada civilizatoria es ante todo una crisis de la racionalidad de la modernidad y remite a un problema del conocimiento” continua diciendo. “La degradación ambiental es resultado de las formas de conocimiento a través de las cuales la humanidad ha construido el mundo y lo ha destruido por su pretensión de universalidad, de generalidad y de totalidad; por su objetivación y cosificación del mundo” y concluye “La crisis ambiental no es una catástrofe ecológica que irrumpe en el desarrollo de una historia natural”. Las expresiones de esta crisis ambiental, se reflejan en la pérdida de suelos y recursos hídricos, deforestación, desertificación, salinización, extinción de especies, cambios climáticos, contaminación atmosférica, lo que repercute en la disminución en la calidad de vida de la población en general.

Novo (1998) habla de ciertas actitudes con respecto a la naturaleza, que desencadenaron la problemática actual: Consideración del hombre como centro del planeta; una comprensión atomizada del mundo y de la vida; la estimación de la naturaleza como un bien inagotable; la valoración de las necesidades por encima de los recursos; la identificación del “progreso” con el mero crecimiento económico y la máxima acumulación de bienes; la omisión de “la presencia de otros” en nuestra vidas; la sobrevaloración del espacio y el modo de vida urbano; la primacía absoluta del presente sobre los planteamientos a medio y largo plazo; la falacia de “la neutralidad” de nuestros actos.

Si la degradación ambiental, tiene epicentro en un problema de conocimiento, de cómo percibimos a la naturaleza, la educación se erige como una herramienta fundamental para encausar la relación hombre-naturaleza. En INTA desde su creación en el año 1956,

consideró como un tema de capital importancia la educación. El Decreto-Ley 21.680/56 de creación del INTA fijó en su misión original la asistencia educacional técnica y cultural del productor rural y su familia y el mejoramiento de las comunidades que integran. Moyano Diaz et al. (2011) manifiestan que la importancia educativa se sustenta implícitamente en la idea de que lo que está a la base de los problemas ambientales es el sistema de creencias que las personas tienen respecto del ambiente.

En tanto que Freire (1971) decía que “la educación verdadera es praxis, reflexión y acción del hombre sobre el mundo para transformarlo”. Quizás recibimos demasiados años una educación deficitaria con respecto a la naturaleza, nos enseñaron a dominar y subyugar, a someter sin comprender, esa educación en un contexto decimonónico, nos llevó a transformar el mundo, dejando de lado a la naturaleza y sobre todo a los menos favorecidos.

Siguiendo con los achaques a la educación del pasado o tradicional, podríamos mencionar, el frecuente olvido del contexto, léase la realidad de cada región. La educación no puede ser una isla que cierre sus puertas a la realidad social, económica y política. Está llamada a recoger las expectativas, sentimientos, vivencias y problemas del pueblo (Freire 1971). Cuando vemos los años que pasaron desde estas lucidas afirmaciones, es inevitable caer en el desánimo, son muchos años sin grandes cambios, esperemos que el siglo XXI traiga viento a favor. Y refuerzo esta idea con una frase del mismo Freire “La educación no cambia al mundo: cambia a las personas que van a cambiar el mundo”.

5- MARCO TEÓRICO DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL (EA); EL DESARROLLO SOSTENIBLE.

El término educación ambiental, vio la luz por primera vez, allá por 1972 en la Conferencia de Estocolmo. Por su parte UNESCO, en la carta de Belgrado, del año 1975 la concibe como herramienta para la formación de una nueva concepción del desarrollo, que reconoce la relación hombre-naturaleza. El derrotero de la EA, llegó a puerto seguro y encontró un terreno fértil para enraizar, allá por 1987, cuando la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo Humano aprobaron por unanimidad un documento

denominado Nuestro Futuro Común, el cual presento el puntapié inicial, de una reflexión global, sobre la crisis ambiental y se comenzó a hablar de desarrollo sostenible. La comisión lo definió, “como el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”

La FAO explica que el mensaje principal del informe, es que no puede haber un crecimiento económico sostenido sin un medio ambiente sostenible y agrega que ha llegado el momento de elevar el desarrollo sostenible a la categoría de ética global, en que la protección del medio ambiente se reconozca como el cimiento sobre el que descansa el desarrollo económico y social a largo plazo. El largo plazo (pensar en las generaciones futuras) quizás sea el principio filosófico rector de lo que entendemos por sustentabilidad, tener presente que nuestras acciones actuales repercuten en el futuro.

Retomando lo mencionado en el prefacio, la definición de desarrollo sostenible fue seriamente criticada y tildada de ambigua. Quizás la ambigüedad permitió un uso y abuso del término, que lo llevo a perder la contundencia y despojarlo de sus principios filosóficos con que fue pensado originalmente. Mucho se ha hablado, se habla y hablara de que es y que no es el desarrollo sostenible. Haciendo un breve ejercicio y escribiendo en los buscadores de internet más utilizados por todos nosotros, las palabras sustentabilidad y sostenibilidad, arrojan los siguientes resultados: En el caso de Bing para el término sustentabilidad aparecen 1.180.000 resultados, mientras que para sostenibilidad lo hacen 2.140.000 de resultados; Yahoo! por su parte encuentra 2.180.000 y 4.000.000 de resultados para sustentabilidad y sostenibilidad respectivamente; por último Google revela 8.670.000 de resultados para sustentabilidad y 17.200.000 para sostenibilidad. Vaya que se ha escrito bastante sobre el tema y es fundado el temor en banalizar el mensaje.

Por su parte el Artículo 41, de la Constitución Nacional Argentina, versa: “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras”... si observamos en el artículo 41 está incluida la definición de sustentabilidad. Queda claro que en el paradigma de la sustentabilidad, la EA jugaría un rol destacado, por ahora con resultados agrídulces.

En esencia nos dicen Sureda y Colom Cañellas (1989) “la EA es consecuencia del cambio de lectura que el hombre empieza a realizar, a fines de la década de los sesenta, del escenario de su vida”. Durante siglos, la educación se centró exclusivamente en el mejoramiento del individuo, fue absolutamente antropocéntrica. Pero, en la segunda mitad del siglo XX, y animada por la necesidad de responder a una problemática ecológica que ya se dejaba sentir, nació un movimiento educativo que amplió su campo de acción: la educación ambiental (Novo 2009). La EA, termina cobrando sentido en el contexto y bajo el paradigma de la sostenibilidad, como mencionamos en el apartado anterior.

Como bien sabrá el lector, el principio del desarrollo sostenible está basado en tres pilares; Ambiental-Social-Económico, por mucho tiempo solo se buscó maximizar o fortalecer el pilar económico en detrimento de lo social y lo ambiental, la educación ambiental tiene como finalidad (o al menos intenta) revertir esta disparidad y balancear los 3 pilares, por ahora esto sigue en el campo de las utopías.

6- FORTALEZAS DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL.

Cuando hace referencia a la EA Novo (2006) manifiesta que su acento educativo, no se pone sólo en atender a las capacidades o destrezas individuales, ni en formar profesionales para el mercado, sino en incorporar dentro del acto educativo los problemas de la sociedad en distintas escalas tanto locales como globales. González Gaudiano (2003) hace referencia que la EA ofrece un enorme potencial que no ha sido del todo usufructuado. Sus características intrínsecamente interdisciplinarias, que permiten el encuentro de saberes y prácticas provenientes de las más diversas áreas del conocimiento, facilitan la estructuración de los contenidos curriculares que suelen estar escindidos entre sí. Y concluye diciendo que la EA es un vínculo natural para construir asociaciones conceptuales y dar un nuevo sentido al material trabajado en el aula.

Vemos como la EA intenta romper la férrea estructura de la educación compartimentada, carente de relación entre contenidos y mucho menos reflexión crítica. Plantea un cambio de paradigma y para lograrlo se apoya en la multidisciplinariedad y se nutre de todas las disciplinas. Por ejemplo, ya no explica la contaminación atmosférica simplemente desde el

aspecto físico químico, sino que incorpora el contexto socio-económico y cultural del fenómeno de la contaminación y busca accionar para prevenir y revertir.

Según Jiménez Tello et al. (2015). La EA es un proceso dinámico y participativo, que tiene como meta despertar en la población una conciencia que la haga identificarse con la problemática ambiental a escala global y local. Esta conciencia ambiental es un concepto multidimensional que busca reconocer las relaciones de interacción e independencia que se dan entre el entorno y las personas, promoviendo una relación entre ellos con el fin de garantizar el sostenimiento y calidad de las generaciones actuales y venideras (en estas palabras también está encerrado el concepto de sustentabilidad).

Para Varela (2003), los principios que deben regir la EA deben tener en cuenta que: El medio ambiente se considera como una realidad del contexto; la EA se considera como un proceso continuo e interdisciplinario, que debe enfatizar en la participación, en la prevención de problemas y en el trabajo de búsqueda de soluciones; busca prevenir los problemas ambientales a nivel local, regional y global.

El investigador nórdico Søren Breiting, en el año 1997 ya hablaba de una nueva EA, que se diferenciaba de la tradicional, incorporando una visión más amplia e inclusiva con las siguientes particularidades: Desarrollo de competencia para la acción; todos deberíamos implicarnos en las soluciones de los problemas ambientales; existen muchas direcciones posibles para el desarrollo; busca armonía con nuestros descendientes; las humanidades y las ciencias sociales como principales materias en EA; uso sostenible como una medida creada por el hombre de lo que juzgamos uso adecuado teniendo en cuenta los usos futuros; con mucho énfasis en la equidad entre las personas; enfocada sobre intereses en conflicto y con énfasis en la ecología humana. Durante mucho tiempo, el estudio de la naturaleza se llevó cabo escindido del hombre, por un lado estudiábamos los ecosistemas y por otro las cuestiones humanas, como si no formáramos parte de los ecosistemas o no fuéramos la principal fuerza modificadora del ambiente.

Observemos que tanto Novo (1996), Varela (2003) y Søren Breiting (1997) manifiestan posiciones desde un nuevo paradigma, en donde la naturaleza y nosotros no estamos disociados, formamos parte de un todo repleto de contradicción e incertidumbre, que nos permite transitar la complejidad, dejando de lado el reduccionismo y la simplificación de otrora.

7- DESIGUALDAD, EXCLUSIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

El círculo vicioso de la desigualdad según la UNESCO (2016), es el siguiente: “A lo largo del tiempo se van estableciendo conexiones entre las diferentes dimensiones de la desigualdad. Los niños de familias de bajos ingresos y otros grupos marginados que viven en zonas rurales suelen, frecuentemente, tener menos acceso que los demás niños a una educación de calidad; y, posteriormente, la desigualdad en el rendimiento escolar desemboca en desigualdades en materia de empleo e ingresos. Esto ilustra el círculo vicioso de la desigualdad y los mecanismos que la reproducen. Del mismo modo, la interacción de las desigualdades socioeconómicas con la desigualdad política –en ámbitos como la capacidad para hacerse escuchar, la representación y el grado de influencia– hace que los grupos de personas más afectados por la desigualdad suelen ser los que tienen menos fuerza para hacer frente a su situación y cambiarla”.

La tasa de pobreza en América Latina, según datos de la CEPAL se situó en el 28,2% en 2014 y en 2017 subió 1 punto porcentual, llegando a 29,2%, hablamos de más de 175 millones de pobres. Para la UNESCO (2015) El crecimiento económico y la creación de riqueza han reducido los índices mundiales de pobreza, pero en todo el mundo han aumentado la vulnerabilidad, la desigualdad, la exclusión y la violencia en el interior de las sociedades y entre éstas.

En tanto, para la CEPAL también creció la indigencia en 2016, y pasó del 11,8% al 12,4% a nivel regional. Esto significa que en América latina hay 75 millones de personas en situación de extrema pobreza. Detrás de estos números, sin embargo, existen diferencias en la situación de cada país. En la Argentina, informó el INDEC, el segundo trimestre de 2016 cerró con un 32,2% de pobreza y un 6,3% de indigencia. Con mis básicos y rudimentarios conocimientos matemáticos, llego a la conclusión que prácticamente el 40 % de nuestros compatriotas, estarán poco receptivos a la EA, y es entendible están más preocupados en poder comer.

8- POSIBLES RESPUESTAS A LA PREGUNTA INICIAL; ENTRE OBVIIDADES Y PESIMISMO.

García y Navarro (2011) nos dicen que “nuestra sociedad es muy contradictoria, se han popularizado tan extraordinariamente los vocablos sostenibilidad, ecológico, renovable, etc., que se han convertido en la solución a todos los problemas ambientales, en ocasiones desde ámbitos cuyos objetivos entran en conflicto con la defensa del entorno natural, por ejemplo: las grandes empresas dedicadas a la explotación de combustibles fósiles. Desde determinados ambientes han comprendido que lo verde vende y, desde la publicidad, se ha llegado a identificar consumo y sostenibilidad”. Vuelvo a mi temor inicial de banalizar los conceptos, hoy nos encontramos saturados de “productos sostenibles”, pero nuestras actitudes no parecen haber cambiado mucho, nuestro Dios sigue siendo el consumo. Jover (2011) hace mención al consumismo y dice; El consumismo a través del mercado se convierte no solo en la única ideología verdadera sino en el criterio de éxito social y medida suprema de satisfacción de necesidades reales o ficticias.

Ya en 1972 Georgescu-Roegen (et al.) se referían en los siguientes términos...”La realidad de que nuestro sistema es finito y de que ningún gasto de energía es gratis nos pone frente a una decisión moral en cada momento del proceso económico.” Lo finito de los recursos no resiste debate alguno, sin embargo nuestras actitudes y nivel de utilización, no se corresponden con la realidad de un planeta finito. Muchos sectores esperan ansiosos alcanzar niveles de consumo despilfarrantes y sentirse en el primer mundo. ¿Es este deseo condenable? ¿No puede el tercer mundo anhelar progreso? deberíamos definir qué tipo de progreso, seguramente no podremos alcanzar el progreso de antaño, el que solamente se vinculaba al aumento del PBI. Siempre teniendo presente que “Nada que disminuya los derechos de las personas y las comunidades, ni nada que amenace la sostenibilidad ambiental del planeta, puede considerarse progreso” (PNUD 2016)

Foladori (2007) manifiesta que es hora de repensar todo el discurso sobre sustentabilidad y ambientalismo. Y agrega en defensa de su argumento, “si consideramos que la irrupción de la conciencia ambiental internacional se da a principios de la década del setenta, resulta que ya estamos a más de 30 años. En ese ínterin se han escrito toneladas de papel, se han realizado cientos de conferencias internacionales, se implementaron decenas de medidas de política económica, se establecieron múltiples acuerdos por parte

de las asociaciones empresariales y comerciales; acuerdos bi y multinacionales, y se introdujeron legislaciones ambientales en prácticamente todos los países”. Foladori concluye “El resultado, sin embargo, es mínimo. Avances en algunos indicadores ambientales en los países más desarrollados, pero nada significativo. Y, lo peor es el avance en la desigualdad social”.

Castro et al. (2014) hacen referencia en un estudio hecho en Chile con alumnos de secundaria y menciona que el conocimiento ambiental no incidió en la conducta pro ambiental de los alumnos. Digamos que el conocimiento enciclopédico por sí solo no basta para que tengamos actitudes a favor del ambiente, lo que nos está hablando de lo complejo y multifacético de la problemática ambiental. De igual manera, muchísimas personas manifiestan una profunda preocupación por el deterioro ambiental y no cambian su forma de actuar. En estudios de Berenguer y Corraliza (2000); Bertoldo et al. (2013) estos concluyen que la preocupación no se traduce necesariamente en acciones concretas sobre el ambiente. Bertoldo et al. (2013) hablan de una brecha entre creencias-comportamiento. La educación debería incluir conocimiento académico y colaborar con cambios actitudinales, intencionalmente digo colaborar, porque considero que los cambios actitudinales deben ser trabajados en conjunto con la familia, otra institución que se vio diezmada por nuestro actual sistema de vida.

En un contexto de desigualdad social, hacer hincapié en la EA es agregarle un puñado de sal al mar. Pensemos en las muchas familias que no tienen sus necesidades básicas cubiertas, ¿qué diferencia les puede hacer las toneladas de documentos escritos o grandes proyectos de mejora de la EA para el nivel educativo? Probablemente ninguna, quizás si pudieran disponer de las toneladas de papel escrito y venderlo se asegurarían algunas cenas algo más succulentas de lo habitual.

Una vez resuelta (como si existiera voluntad de hacerlo!) la injusta distribución de la riqueza global podríamos comenzar a focalizarlos en el tipo de EA a impartir en nuestros jóvenes. Se debe generar en los estudiantes inquietudes y capacidades de respuesta frente a los problemas ambientales, que sean capaces de establecer su propia opinión y sepan que a través de su accionar son capaces de influir en el medio que los rodea (García y Navarro 2011). Los cambios del mundo actual se caracterizan por niveles nuevos de complejidad y contradicción. Estos cambios generan tensiones para las que la educación tiene que preparar a los individuos y las comunidades, capacitándolos para

adaptarse y responder (UNESCO 2015). La educación no puede seguir pariendo ciudadanos apáticos, indiferentes al sufrimiento del “otro” y sobre todo ciudadanos sin autocritica y reflexión, que no miren más allá de sus propios ombligos.

La educación en general y la ambiental en particular, son una de las tantas aristas que puede presentar la solución a la crisis ambiental. Edel Navarro et al. (2006) hablan de la educación como un instrumento eficaz para incidir en los comportamientos colectivos, educación en sentido amplio y en sentido permanente que se inicia en la escuela y que debe continuarse a lo largo de toda la vida del hombre. Hemos asistido a desastres ambientales patrocinados por Académicos, con el único afán de ganar más y más, hace falta un compromiso real, tampoco pensemos que donar irrisorias suma de dinero para salvar a las ballenas nos hace comprometidos con la causa ambiental, es un tanto más complicado el asunto y requiere de mayor nivel de esfuerzo. Tampoco es coherente acoplarse a modas “ecológicas” comprando todo orgánico y por otro lado no exigimos a los dueños de las fincas productoras que respeten a sus empleados cumpliendo con la normativa laboral, esto es un sin sentido.

La UNESCO (2015) plantea que educación tienen que encontrar los medios para responder a estos desafíos, tomando en consideración las numerosas cosmovisiones y los sistemas de conocimiento alternativos, así como nuevas fronteras de la ciencia y la tecnología. Y es la misma UNESCO la que manifiesta que nunca ha sido más urgente replantear la finalidad de la educación y la organización del aprendizaje. Siguiendo con el replanteo educativo que propone la UNESCO, pregunto: ¿EA para quién? ¿Tiene sentido seguir buscando mejorar la EA, mientras millones de personas ayer no almorzaron? Para reforzar esto, hecho mano a la filosofía urbana del actor argentino Capusotto, que se pregunta...“¿la educación la deben recibir los pobres para seguir siendo pobres pero con buenos modales, o también la tienen que tener aquellos que hacen que hayan más pobres, para empezar a preocuparse por que no los haya?”...

Como hemos visto a lo largo de estos párrafos, son más los interrogantes que las certezas, siento que solo confirmé lo que ya sabíamos, lo que ignoramos y nos limita, sigue afuera, por ahora el mundo de la verdad y las ideas se presenta esquivo.

9- BIBLIOGRAFÍA.

Berenguer Jaime Maria y José Antonio Corraliza. Preocupación ambiental y comportamientos ecológicos. *Psicothema* 2000. Vol. 12, nº 3, pp. 325-329.

Bertoldo et al., 2013 R. Bertoldo,P. Castro,A. Bousfield Pro-environmental beliefs and behaviors: Two levels of response to environmental social norms *Revista Latinoamericana de Psicología*, 45 (2013), pp. 435-446 <http://dx.doi.org/10.14349/rlp.v45i3.1485>

Castro, R. B., Neaman, A., Reyes, F. V., & Elizalde, P. G. (2014). El conocimiento ambiental y el comportamiento proambiental de los estudiantes de la Enseñanza media, en la Región de Valparaíso (Chile) Environmental knowledge and pro-environmental behavior of high schoolstudents, in the Valparaíso Region (Chile). *Revista de educación* nº 364. Abril-Junio 2014, 364, 66.

Corral-Verdugo Víctor y Jose de Queiroz Pinheiro. Aproximaciones al estudio de la conducta sustentable. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano* 2004, 5(1y2), 1-26

Edel Navarro, Ruben; Ramírez Garrido, Maria. Del Socorro J. Construyendo el significado del cuidado ambiental: un estudio de caso en educación secundaria REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, vol. 4, núm. 1, 2006,pp. 52-70 Red Iberoamericana de Investigación Sobre Cambio y Eficacia Escolar.Madrid, España

Educación Ambiental, DGCyE .Equipos de especialistas de Ciencias Naturales y Ciencias Sociales de la Dirección Provincial de Educación Primaria, DGCyE, 2010. http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/sistemaeducativo/educprimaria/documentos_de_trabajo/descargas/educacion_ambiental_primaria.pdf

<http://www.fao.org/docrep/s5780s/s5780s09.htm>

Freire. Paulo. "La educación como práctica de la libertad"1971. 3a edición. Edit. Tierra Nueva. Montevideo. Uruguay.

Freire, Paulo. La educación como práctica de la libertad. México. Siglo XXI editores. Segunda edición revisada 2011.p.9

Foladori Guillermo Paradojas de la sustentabilidad: ecológica vs social. TRAYECTORIAS AÑO IX, NÚM. 24 MAYO-AGOSTO 2007.

García Jaén, Mercedes y Palop Navarro, ¿Qué piensan y cómo dicen que actúan los alumnos y profesores de un centro de educación secundaria sobre la gestión del agua, la energía y los residuos? ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 2011, 29(1), 061–074

González Gaudiano, E. (2003). Por una escuela no con medio ambiente, sino con ambiente completo. <http://www.anea.org.mx/docs/Gonzalez-LaEAylaEscuela.pdf>

Informe Regional sobre Desarrollo Humano para América Latina y el Caribe 2016.

Jiménez Tello Maria José, África Yebra-Rodríguez y Francisco Guerrero. Las bases de la Educación Ambiental. Ini Inv, e6: a1 (2015).

Jover Daniel. Claves para superar el proyecto cultural-educativo capitalista. PAPELES de relaciones ecosociales y cambio global N° 115 2011, pp. 13-24

Leff, E. (2007). La complejidad ambiental. Revista Virtual Gaia Scientia 1(1)

Moyano-Díaz, Emilio Felipe A. Cornejo, Ismael Gallardo. Creencias y conductas ambientales, liberalismo económico y felicidad Acta Colombiana de Psicología 14 (2): 69-77, 2011.

Nicholas Georgescu-Roegen, Kenneth Boulding y Herman Daly (1972).

Novo, M. (1998): La Educación Ambiental: bases éticas, conceptuales y metodológicas. Madrid. UNESCO. Universitas.

Novo Maria (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. Revista de Educación, número extraordinario 2009, pp. 195-217.

Novo Maria (2006). El desarrollo sostenible. Su dimensión ambiental y educativa. Madrid: Pearson/UNESCO

Sábato Ernesto 1979. Apologías y rechazos .Sobre algunos males de la educación.

Søren Breiting 1997. Hacia un nuevo concepto de educación ambiental. Trabajo fue presentado en la Conferencia de Intercambio de Experiencias Prometedoras en Educación Ambiental en Gran Bretaña y los países nórdicos, celebrada en Karlslunde, Dinamarca entre el 11 y el 13 de noviembre de 1994.

Sureda, J. y Colom, A. (1989). Pedagogía ambiental. Barcelona, España: Ediciones CEAC

UNESCO 2015. Replantear la educación ¿Hacia un bien común mundial?

UNESCO. El Informe Mundial sobre Ciencias Sociales 2016.

UNESCO 2005. Informe mundial de la UNESCO. Hacia las sociedades del conocimiento.

Varela, M. (2003) Principios de la Educación Ambiental, En: Guía Metodológica de Educación Ambiental. Material de apoyo para educadores de la región “Madre de las Aguas”

CAPÍTULO 2

LAS COMUNIDADES DE MALEZAS EN CULTIVOS DE MAÍZ Y SOJA EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS.

Rauber, R. B.; Demaría, M. R. y Arroyo, D. N.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Luis. Argentina.

| | |
|-----------------------|----|
| 1- INTRODUCCIÓN | 29 |
| 2- RELEVAMIENTO | 31 |
| 3- RESULTADOS..... | 32 |
| 4- CONCLUSIONES | 36 |
| 5- BIBLIOGRAFÍA..... | 38 |

1- INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional, junto al crecimiento económico mundial, ha llevado a un incremento en la demanda alimenticia que ha intensificado el uso de la tierra, tanto en los sistemas ganaderos como agrícolas. En consecuencia, la superficie destinada a la agricultura ha aumentado de manera explosiva en las últimas décadas a escala global (de la Fuente y Suárez 2008; Gasparri y Grau 2009; Grau et al. 2008). Siguiendo esta tendencia mundial, Argentina ha mostrado una tasa de expansión considerable debido a cambios tecnológicos, como por ejemplo la introducción de técnicas de mínima labranza, cultivos transgénicos, y condiciones favorables de mercado relacionadas con el incremento en la demanda de algunos cultivos, como la soja por los países asiáticos (Paruelo et al. 2005; Grau et al. 2005). Este proceso de agriculturización se ha caracterizado por una expansión de la frontera agrícola desde la Pampa Húmeda hacia el oeste semiárido, principalmente a expensas de ecosistemas nativos (Demaría 2008; Viglizzo et al. 2011).

Los cultivos de soja y maíz son los más difundidos en la región semiárida central argentina (San Luis). La soja, introducida principalmente a partir la década de 1990, es

actualmente el cultivo más importante en esta región semiárida. Su adaptación a las limitaciones climáticas y mayor rentabilidad, junto a un paquete tecnológico basado en el uso de herbicidas y labranza mínima que reduce los riesgos de erosión del suelo y la evaporación directa, le dieron ventaja sobre otros cultivos. Por otro lado, el cultivo del maíz se considera fundamental para reducir los impactos negativos del monocultivo de soja y es ampliamente utilizado en las rotaciones agrícolas. Este cultivo, que fue el más importante por más de un siglo por la posibilidad de ser usado como cultivo de cosecha o forraje para el ganado doméstico, es actualmente el segundo en superficie debido a la importante expansión de la soja (Garay y Colazo 2015).

Entre los principales problemas que enfrenta la producción agrícola figuran los inconvenientes ambientales y económicos que genera la presencia de distintas malezas. Las especies invasoras son capaces de alterar completamente el sistema que invaden, a través de cambios en la biota del suelo, el ciclado de nutrientes, la hidrología, etc. (Callaway et al. 2004; Firn y Buckley 2010; Liao et al. 2008). En el aspecto económico, las malezas constituyen una de las principales causas de pérdida de rendimiento de los cultivos por competencia por nutrientes, luz y agua, contaminación del producto cosechado, obstaculización de la cosecha, aumento del riesgo de incidencia de plagas y enfermedades, toxicidad o por la liberación de compuestos alelopáticos (Zimdahl 2004). Para la región semiárida central argentina, donde la sustentabilidad de la agricultura es cuestionada y el rendimiento inestable, se ha estimado que la pérdida de producción por la presencia de malezas puede alcanzar hasta el 80% (Garay et al. 2005).

En los sistemas agrícolas, la estructura de la comunidad de malezas está determinada por condiciones ambientales, prácticas agrícolas (tipo de labranza, rotación de cultivos, uso de herbicidas, fecha de siembra, e historia agrícola) y presión de propágulos (Booth y Swanton 2002). La dominancia del cultivo; es decir, la influencia del cultivo sobre la comunidad de malezas, es también un factor determinante en el ensamblaje de la comunidad de malezas. Esta dominancia actúa a través de la arquitectura del canopeo, fisiología, patrón diferencial de uso del recurso y prácticas de manejo (Poggio et al. 2004; Mas et al. 2010; Poggio y Ghera 2011). Probablemente, entre los mecanismos más importantes involucrados podemos mencionar la competencia por recursos tales como luz, nutrientes y agua, pero también el ambiente, que condiciona la morfología y la fenología de cultivos y malezas (Rajcan y Swanton 2001).

Las relaciones entre la comunidad de malezas y los tipos de cultivo o sistema de manejo han sido ampliamente estudiadas principalmente en ambientes húmedos o subhúmedos de la región pampeana (Ghersa y León 1999; Poggio et al. 2004, 2013; de la Fuente et al. 2006). Sin embargo, estas relaciones no han sido exploradas en ambientes semiáridos de Argentina. El objetivo de este trabajo fue describir la comunidad de malezas en la región semiárida central argentina y explorar relaciones entre estas comunidades y tipos de cultivos y prácticas de manejo realizadas. Este estudio es particularmente interesante dado que esta región corresponde a la frontera agrícola semiárida, recientemente transformada a la agricultura.

2- RELEVAMIENTO

El estudio se llevó a cabo sobre campos de cultivo ubicados en el centro de la provincia de San Luis dentro de la provincia fitogeografía del Espinal (Cabrera 1976). Originariamente la región estaba cubierta por bosques de caldén (*Prosopis caldenia*), los cuales presentaban un estrato arbóreo dominado por esta especie y un estrato herbáceo mixto dominado por pastos perennes C3 y C4. El área se encuentra en la actualidad profundamente modificada debido a su aptitud para las actividades agrícolas y ganaderas.

La temperatura media anual de la región es de 15.8° C con una precipitación media anual de 669 mm. Las precipitaciones presentan un marcado coeficiente de variación interanual del 21%, siendo el invierno la estación más seca y variable del año (74%) y el verano la más lluviosa y menos variable (31%). El suelo es un Entisol Ustipsamente típico, con textura arenosa franco gruesa.

En febrero de 2014 se relevaron 53 lotes agrícolas elegidos al azar (24 de soja y 29 de maíz), sobre un área aproximada de 560 km², correspondiente a una misma serie de suelo (Peña Zubiarte y d'Hiriart 2007). En cada lote, tres personas caminaron durante 30 minutos y registraron todas las especies vegetales presentes. La cobertura de cada especie fue estimada por el método de Braun-Blanquet adaptado según Mueller-Dumbois y Ellenberg (1974). Todos los lotes seleccionados cumplieron con las siguientes condiciones: 1) el área relevada fue lo bastante grande como para contener todas las especies de la comunidad de malezas (25-100 m² para comunidades agrícolas); 2) las

condiciones de hábitat fueron uniformes dentro del área muestreada; y 3) la cobertura del cultivo fue homogénea. Los bordes de lotes fueron excluidos. Luego de la cosecha, se realizó una entrevista a los productores para obtener información sobre el manejo realizado en cada lote. El cuestionario contaba con preguntas orientadas a describir las distintas prácticas agrícolas implementadas. A través de este cuestionario se obtuvo información sobre: tipo de labranza, tiempo histórico bajo uso agrícola continuo, fecha de siembra, fertilizaciones, aplicaciones de herbicidas, rendimiento de la cosecha, precipitaciones, rotaciones, etc.

3- RESULTADOS

Fueron identificadas 81 especies de malezas en el área estudiada. En maíz se encontraron 76 especies distintas y en soja 44. De todas las especies encontradas, 39 fueron comunes a ambos cultivos. Al analizar ambos cultivos en conjunto, la cobertura media de malezas en el área de estudio fue de alrededor del 15% (Fig. 2.1). Si bien el valor absoluto de cobertura media en maíz fue mayor que en soja (20,47 vs. 8,83, respectivamente), las diferencias no fueron significativas debido a la gran variabilidad entre lotes. Además, la cobertura de malezas fue mucho más variable en maíz (CV=155,02) que en soja (CV=109,33).

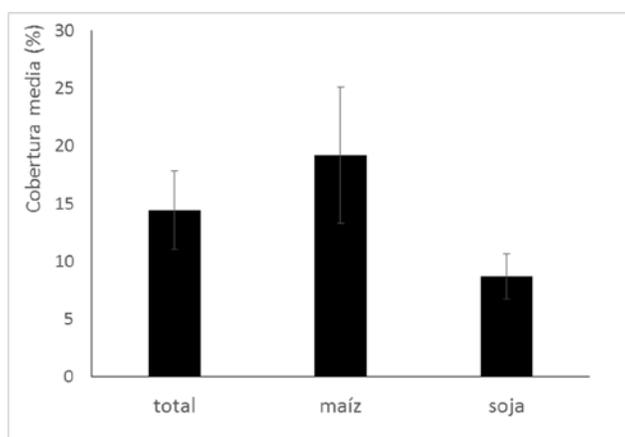


Figura 2.1: Cobertura media de malezas \pm error estándar. Comparación entre maíz y soja: prueba de Mann-Whitney, $p=0.19$.

Con respecto a las especies encontradas dentro de los lotes agrícolas de la región, *Cenchrus pauciflorus* fue la más constante y además la más abundante (Tabla 2.1). Esta especie se encontró principalmente en cultivo de maíz (Tabla 2.2). En soja también fue la más abundante, aunque con valores absolutos de abundancia menores que en maíz (Tabla 2.3). La segunda especie más constante fue *Salsola kali*, aunque con cobertura mucho más baja. Si bien la frecuencia de *Cynodon dactylon* fue intermedia, ocupando el décimo lugar en frecuencia, en aquellos lotes donde se la encontró presentó abundancia relativamente alta con respecto a las demás especies (Tabla 2.1 y 2.2).

Tabla 2.1: Frecuencia porcentual y media de cobertura de las 15 especies más encontradas en la región.

| Especie | Frecuencia porcentual (%) | Media de cobertura (%) |
|--------------------------------|---------------------------|------------------------|
| <i>Cenchrus pauciflorus</i> | 67.92 | 8.33 |
| <i>Salsola kali</i> | 66.04 | 0.92 |
| <i>Conyza bonariensis</i> | 54.72 | 3.25 |
| <i>Cucumis anguria</i> | 50.94 | 1.19 |
| <i>Portulaca oleracea</i> | 47.17 | 1.52 |
| <i>Chenopodium album</i> | 39.62 | 0.83 |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> | 41.51 | 3.98 |
| <i>Amaranthus hybridus</i> | 37.74 | 0.61 |
| <i>Gaya parviflora</i> | 33.96 | 0.62 |
| <i>Cynodon dactylon</i> | 32.08 | 4.97 |
| <i>Sorghum halepense</i> | 30.19 | 0.5 |
| <i>Sphaeralcea bonariensis</i> | 26.42 | 0.5 |
| <i>Portulaca grandiflora</i> | 20.75 | 0.5 |
| <i>Prosopis caldenia</i> | 18.87 | 0.5 |
| <i>Tribulus terrestris</i> | 15.09 | 0.75 |

Tabla 2.2: Frecuencia porcentual y media de cobertura de las 10 especies más encontradas en cultivos de maíz.

| ESPECIE | Frecuencia porcentual (%) | Media de cobertura (%) |
|------------------------------|---------------------------|------------------------|
| <i>Cenchrus pauciflorus</i> | 83 | 10.54 |
| <i>Salsola kali</i> | 69 | 1.2 |
| <i>Cucumis anguria</i> | 52 | 1.43 |
| <i>Gaya parviflora</i> | 52 | 0.63 |
| <i>Portulaca oleracea</i> | 48 | 1.11 |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> | 48 | 3.29 |
| <i>Conyza bonariensis</i> | 45 | 3.73 |
| <i>Chenopodium album</i> | 41 | 1.08 |
| <i>Amaranthus hybridus</i> | 38 | 0.68 |
| <i>Cynodon dactylon</i> | 31 | 8.44 |

En cultivos de soja, la especie más constante y una de las más abundantes fue *Conyza bonariensis* (Tabla 2.3). La segunda especie más frecuente fue *Salsola kali*, aunque siempre se la encontró en menor abundancia.

Tabla 2.3: Frecuencia porcentual y media de cobertura de las 10 especies más encontradas en cultivos de soja.

| ESPECIE | Frecuencia porcentual (%) | Media de cobertura (%) |
|--------------------------------|---------------------------|------------------------|
| <i>Conyza bonariensis</i> | 63 | 2.83 |
| <i>Salsola kali</i> | 58 | 0.5 |
| <i>Portulaca oleracea</i> | 46 | 2.05 |
| <i>Cenchrus pauciflorus</i> | 46 | 3.5 |
| <i>Cucumis anguria</i> | 46 | 0.86 |
| <i>Chenopodium album</i> | 38 | 0.5 |
| <i>Amaranthus hybridus</i> | 33 | 0.5 |
| <i>Sorghum halepense</i> | 29 | 0.5 |
| <i>Sphaeralcea bonariensis</i> | 29 | 0.5 |
| <i>Cynodon dactylon</i> | 29 | 0.5 |

A partir de las encuestas realizadas a los productores, se estimó un rendimiento medio de 4776 kg/ha de maíz y 2784 kg/ha de soja (Tabla 2.4). Se estimó el rendimiento del cultivo en unidades de glucosa, el mismo fue ligeramente mayor en maíz que en soja (107,0 vs 85,5, respectivamente). La fecha de siembra media fue igual para ambos cultivos, aunque la amplitud fue mucho mayor para el maíz. El 85-90% de los lotes fue manejado según un plan de rotaciones, siendo el cultivo de sorgo otro participante de esta práctica pero en una frecuencia mucho menor.

Tabla 2.4: Manejo agronómico en cultivos de soja y maíz. Para las fertilizaciones, entre paréntesis, el porcentaje de lotes tratados.

| VARIABLES agronómicas | Maíz | Soja |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹) | 4776 | 2784 |
| Rendimiento energético (GJ ha ⁻¹) | 107.0 ± 10.4 | 85.5 ± 8.2 |
| Fecha de siembra (media) | 19-nov-16 (entre 5-10 y 30-12) | 18-nov-16 (entre 1-11 y 20-12) |
| Cultivo anterior (% de campos) | | |
| Soja | 76.2 | 10 |
| Maíz | 14.3 | 90 |
| Sorgo | 9.5 | - |
| Fertilizaciones (kg/ha) | | |
| Nitrógeno | 26.8 (88) | 7.6 (13) |
| Fósforo | 34.6 (71) | 9.8 (40) |
| Azufre | 5.1 (29) | 6.8 (33) |
| Herbicidas (% de los campos) | | |
| Barbecho | 89.5 | 100 |
| Post-emergentes | 100 | 93.3 |
| Pre-emergentes / post-emergente temprano | 85 | 20 |
| Hoja ancha | 79 | 100 |
| Pastos | 5.3 | 13.3 |
| Hoja ancha-pastos | 100 | 93.3 |

4- CONCLUSIONES

La comunidad de malezas difirió entre los cultivos de maíz y de soja en la región semiárida central argentina. La diferencia de riqueza de especies entre los cultivos se debe aparentemente a los atributos de los cultivos, como la estructura del canopeo, la fenología y la ecofisiología, como así también a las diferencias de manejo. Las diferencias en la identidad de los cultivos, y en los sistemas de producción crean heterogeneidad espacial y temporal entre los campos, que potencialmente permitiría la colonización por malezas adaptadas al ambiente modificado (Swanton et al. 1993).

La comunidad de malezas de los cultivos de maíz fue más rica en especies que la de soja. El cultivo de maíz podría ser más permisivo para el establecimiento y crecimiento de las malezas acompañantes con respecto a la soja. En maíz, el canopeo más abierto proveería sitios seguros para el establecimiento de más especies, e incluso el establecimiento de especies con varias cohortes por estación como *Cenchrus pauciflorus*. La soja posee un canopeo mucho más cerrado, reduciendo la oportunidad de intercepción de luz a nivel del suelo por las malezas (Pengelly et al. 1999; Maddonni et al. 2001). Estas condiciones diferenciales de canopeo entre los cultivos podrían, consecuentemente, interferir con el establecimiento y el crecimiento de las malezas.

Por otra parte, el manejo diferencial entre los cultivos influiría fuertemente en la comunidad de malezas presentes. En maíz, el rango de siembra más amplio, las tasas de fertilización más altas, podrían favorecer el establecimiento de las malezas antes de que el canopeo del cultivo impida la llegada de luz a las malezas. La aplicación de herbicidas también difirió entre cultivos condicionando, probablemente, las especies presentes en los lotes. Las diferencias observadas en las comunidades de malezas del cultivo de soja y maíz fortalecen la recomendación de realizar rotaciones entre ambos cultivos para garantizar no solo la conservación del suelo, sino también la reducción de la dominancia de algunas malezas y facilitar su control a menores costos.

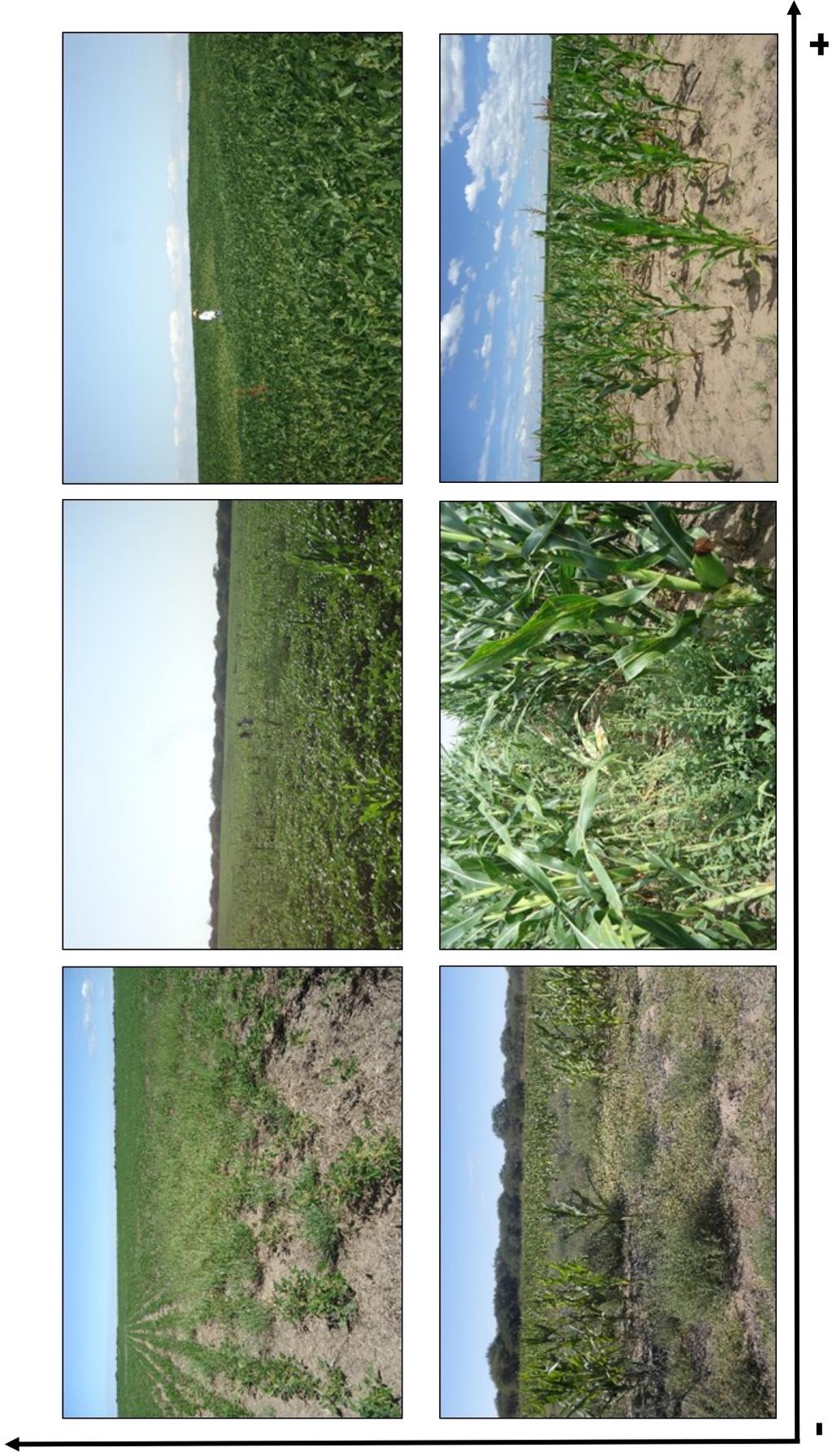


Figura 2: Gradiente mostrando sitios de cultivos de más a menos enmalezados (de izquierda a derecha), fila superior cultivo de soja y fila inferior cultivo de maíz.

5- BIBLIOGRAFÍA

Booth B.D. y Swanton C.J. 2002. Assembly theory applied to weed communities. *Weed Science* 50: 2-13

Callaway R.M., G.C. Thelen, A. Rodriguez y W.E. Holben. 2004. Soil biota and exotic plant invasion. *Letters to Nature* 427: 731- 733

Cabrera A.L. 1976. *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. Segunda Edición.* Editorial Acme. Buenos Aires

de la Fuente E. y Suárez S. 2008. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral* 18:239-252

de la Fuente E.B., Suárez S.A. y Ghera C.M. 2006. Soybean weed community composition and richness between 1995 and 2003 in the Rolling Pampas (Argentina). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115: 229–236

Demaría, M.R., Aguado Suárez, I. y Steinaker, D.F. 2008. Reemplazo y fragmentación de pastizales pampeanos semiáridos en San Luis, Argentina. *Ecología Austral* 18:55-70

Firn J. y Y.M. Buckley. 2010. Impacts of invasive plants on Australian rangelands. *Rangelands* 32: 48- 51

Garay J.A. y Colazo J.C. 2015. El cultivo de maíz en San Luis. *Información Técnica N° 188.* INTA Ediciones.

Garay J., Terenti O.A., Funes M.O., Giullietti J.D. y Gerardo U. 2005. Control de malezas herbáceas y arbustivas en cultivos anuales y perennes en San Luis. INTA EEA San Luis. *Información Técnica N° 168*

Gasparri N.I. y Grau H.R. 2009. Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972–2007). *Forest Ecology and Management* 258: 913–921

Ghera C.M. y León R.J.C. 1999. Successional changes in agroecosystems of the rolling pampa. In: Walker LR (Ed.) *Ecosystems of the World 16. Ecosystems of disturbed ground.* Elsevier

Grau H.R., Gaspari N.I., y Aide T.M. 2005. Agriculture expansion deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environmental Conservation* 32:140-148

Grau H.R., Gaspari N.I. y Aide T.M. 2008. Balancing food production and nature conservation in the Neotropical dry forests of northern Argentina. *Global Change Biology* 14: 985–997

Liao C., Peng R., Luo Y., Zhou X., Wu X., Fang C., Chen J. y Li B. 2008. Altered ecosystem carbon and nitrogen cycles by plant invasion: a meta-analysis. *New Phytologist* 177: 706–714

Maddonni G.A., Otegui M.E. y Cirilo A.G. 2001. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Field Crop Research* 71: 183-193

Mas M.T., Verdu A.M.C., Kruk B.C., De Abelleira D., Guglielmini A.C. y Satorre E.H. 2010. Weed communities of transgenic glyphosate-tolerant soyabean crops in ex-pasture land in the southern Mesopotamic Pampas of Argentina. *Weed Research* 50: 320–330

Mueller–Dombois D. y Ellenberg H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley, Nueva York

Paruelo J.M, Guerschman J.P. y Verón S.R. 2005. Cambios en el patrón espacial de uso de la tierra en Argentina. *Ciencia Hoy* 15: 14-23

Pengelly B.C., Blamey F.P.C. y Muchow R.C. 1999. Radiation interception and the accumulation of biomass and nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. *Field Crops Research* 63: 99-112

Peña Zubiarte C.A. y d’Hiriart A. 2007. *Carta de suelos de la República Argentina*. Hoja San Luis, Provincia de San Luis. INTA y gobierno de San Luis.

Poggio S.L., Chaneton E.J. y Ghera C.M. 2013. The arable plant diversity of intensively managed farmland: effects of field position and crop type at local and landscape scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 166: 55–64.

Poggio S.L. y Ghera C.M. 2011. Species richness and evenness as a function of biomass in arable plant communities. *Weed Research* 51: 241-249

Poggio S.L., Satorre E.H. y de la Fuente E.B. 2004. Structure of weed communities occurring in pea and wheat crops in the Rolling Pampa (Argentina). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 225–235

Rajcan I. y Swanton C.J. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. *Field Crops Res.* 71: 139-150

Swanton C.J., Clements D.R. y Derksen D.A. 1993. Weed Succession under Conservation Tillage: A Hierarchical Framework for Research and Management. *Weed Technology* 7: 286-297

Viglizzo E.F., Frank F.C., Carreño L.V., Jobbágy E.G., Pereyra H., Clatt J., Pincén D., Ricard F.M. 2011. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology* 17: 959-973

Zimdahl R.L. 2004. *Weed-Crop interaction: a review*. Blackwell Publishing. Iowa, USA

CAPÍTULO 3

GOLPES DE CALOR DURANTE EL LLENADO DE LOS GRANOS EN MAÍZ: UN FACTOR DE ESTRÉS HABITUAL EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS.

Mayer, L. M.¹; Cirilo, A. G.²; Maddonni, G. A.³

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Luis. Argentina.

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Pergamino, Bs.As. Argentina.

³Dpto. de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, UBA e IFEVA, CONICET.

| | |
|--|----|
| 1- INTRODUCCIÓN | 42 |
| 2- MATERIALES Y MÉTODOS..... | 44 |
| 2.1 Descripción del diseño experimental y tratamientos..... | 44 |
| 2.2 Mediciones y cuantificaciones | 46 |
| 2.2.1 Radiación fotosintéticamente activa incidente e interceptada, y eficiencia en su uso | 46 |
| 2.2.2 Biomasa de planta, rendimiento en grano y sus componentes numéricos | 48 |
| 2.2.3 Dinámica del crecimiento de los granos..... | 48 |
| 2.2.4 Contenido de carbohidratos solubles | 49 |
| 2.3 Normalización y análisis estadístico de los datos | 50 |
| 3- RESULTADOS..... | 51 |
| 3.1 Número, peso individual de los granos, y su dinámica de crecimiento | 51 |
| 3.2 Relación fuente/destino post-floración, y radiación fotosintéticamente activa incidente e interceptada, y eficiencia en su uso | 53 |
| 3.3 Carbohidratos solubles en el tallo | 56 |
| 4- DISCUSIÓN | 58 |
| 5- CONCLUSIONES..... | 62 |

1- INTRODUCCIÓN

Habitualmente, el estrés por calor en las plantas es interpretado como un ascenso intempestivo de la temperatura por encima de un nivel umbral cuya duración es suficiente para causar daños irreversibles en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Wahid et al. 2007). El nivel de daño capaz de ser ejercido depende de características propias del estrés (e.g., intensidad, duración y ritmo del incremento térmico; Al-Khatib y Paulsen 1999; Crafts-Brandner y Salvucci 2000). A partir de las posibles interacciones que pueden emerger entre estos aspectos resulta complejo determinar un único valor umbral de temperatura por encima del cual un proceso o evento se deprime o inhibe. Aun así, en maíz se ha extendido el uso de 35 °C como valor representativo de temperatura estresante basado en el elevado número de respuestas negativas observadas en procesos de desarrollo (Tollenaar et al. 1979; Cicchino et al. 2010a) y crecimiento (Jones et al. 1981; Jones et al. 1984; Singletary et al. 1994; Wilhelm et al. 1999; Sinsawat et al. 2004), e incluso en eventos reproductivos (Herrero y Johnson 1980; Mitchell y Petolino 1988; Dupuis y Dumas 1990; Commuri y Jones 2001) frente a niveles de temperatura semejantes.

Las temperaturas extremadamente altas (i.e., >35 °C) son comunes en las principales áreas productivas del mundo donde se cultivan cereales de verano, incluidas aquellas de la Argentina. Dichas temperaturas inciden mayormente durante breves lapsos de tiempo (i.e., como golpes de calor) dentro de la etapa de los cultivos en la cual crecen los granos (Stone, 2001). Severas pérdidas de productividad en maíz, asociadas probablemente a (i) disminuciones en la tasa fotosintética (Burke 1990; Crafts-Brandner y Salvucci 2000; 2002), (ii) aumentos en la tasa de desarrollo (Olsen et al. 1993; Cicchino et al. 2010a) y respiración (Penning de Vries et al. 1979), y (iii) fallas en los procesos reproductivos (Schoper et al. 1986; Cicchino et al. 2010b; Rattalino Edreira et al. 2011a), han sido atribuidas al proceso de calentamiento global (Lobell y Asner 2003; Lobell y Field 2007; Tao et al. 2008; Schlenker y Lobell 2010; Sakurai et al. 2011). En este sentido, la incidencia de golpes de calor ha aumentado progresivamente durante las últimas décadas

(Alexander et al. 2006), constituyéndose como el principal factor responsable de estas pérdidas de productividad (Schlenker y Roberts 2009; Lobell et al. 2011).

Estudios recientes (Rattalino Edreira et al., 2011b; Maddonni, 2012) basados en registros climáticos de los últimos 28-40 años, han cuantificado la ocurrencia de golpes de calor para las diferentes áreas productivas de maíz en la Argentina. Varios días con esta característica acontecen anualmente durante el periodo post-floración de llenado activo de los granos pudiendo afectar drásticamente su tamaño final. Particularmente en la provincia de San Luis, ubicada dentro de la región semiárida central del país, se ha constatado la ocurrencia ineludible de ciclos de golpes de calor durante los meses de diciembre y enero, y parte de febrero (Fig. 3.1), coincidentes con el periodo de llenado activo de los granos de los maíces de secano allí sembrados entre mediados de septiembre y fines de octubre. Asimismo, es necesario considerar que el aumento global en la frecuencia de golpes de calor previsto hacia finales de este siglo para la mayor parte del mundo (Field et al. 2012) comprometerá aún más el presente escenario productivo.

Experimentos a campo en maíz revelaron que las temperaturas superiores a 35 °C alrededor de la etapa reproductiva del cultivo causan efectos negativos sobre su crecimiento, mediados principalmente por cambios en la eficiencia para transformar la radiación interceptada en biomasa (Cicchino et al. 2010b; Rattalino Edreira y Otegui 2012). Si eventualmente las reducciones en el crecimiento del cultivo por el estrés térmico ocurren dentro de la ventana de tiempo en la cual los granos son los destinos prioritarios de asimilados, podrían traducirse en caídas severas en la disponibilidad de la fuente por grano (i.e., en la relación fuente/destino post-floración) y limitar así, la duración del periodo de llenado.

El objetivo del presente estudio fue analizar en detalle el impacto de breves episodios de calor extremo (i.e., temperaturas >35 °C durante ca. 4 h por día) en dos momentos distintos del periodo de llenado activo sobre (i) el peso individual de los granos, su (ii) dinámica, y (iii) sus determinantes eco-fisiológicos, para híbridos de maíz con tipo de grano distintivo en condiciones de crecimiento a campo.

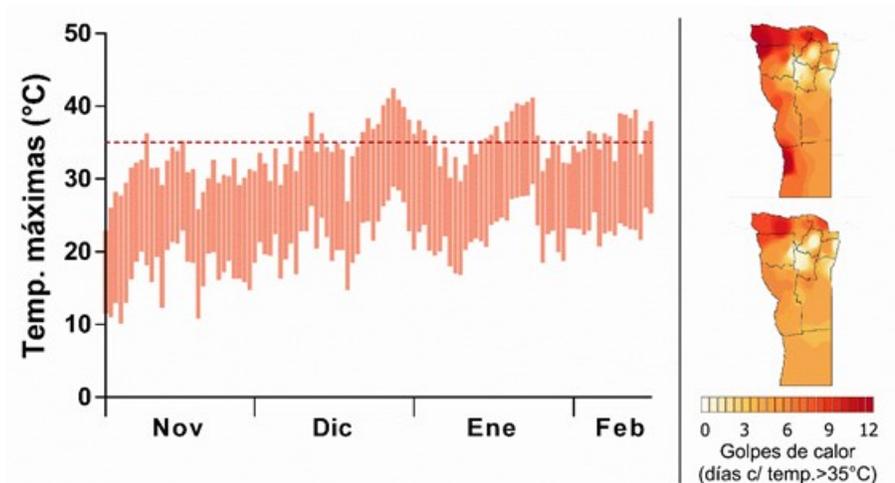


Figura 3.1: Evolución del rango de temperaturas máximas diarias (panel izquierdo, barras verticales) y, mapa de distribución espacial de la cantidad de golpes de calor para la segunda quincena de diciembre (panel derecho, arriba) y enero (panel derecho, abajo) para distintas localidades de la provincia de San Luis durante la campaña 2015-2016. La línea discontinua en el panel izquierdo indica el umbral de cómputo de los golpes de calor (35 °C).

2- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del diseño experimental y tratamientos

En este estudio se seleccionó un sitio experimental cuya probabilidad de incidencia de episodios de calor extremo fuera nula con la intención de aplicar artificialmente tratamientos de calentamiento controlado en condiciones de crecimiento a campo. Así, se condujeron dos experimentos (Exp1: 2009-2010; Exp2: 2010-2011) en un predio de la Universidad de Buenos Aires, Argentina (34 ° 35 'S, 58 ° 29' W) sobre un suelo franco arcillo limoso (Vertic Argjudol; Soil Survey Staff 2010). Los tratamientos resultaron de la combinación entre cuatro híbridos de maíz (H) con distinto tipo de grano (colorado duro o flint [Flint]; pisingallo [Pop]; semi-dentado templado [Te]; semi-dentado templado y tropical [TeTr]), dos regímenes de temperatura aplicados durante las horas del día (control sin calentamiento; estresante), y dos momentos diferentes del llenado activo de los granos (M) de 15 d de duración (M₁: temprano; M₂: tardío), durante los cuales se impusieron los regímenes de temperatura. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de parcelas subdivididas, con el momento del llenado en la parcela principal (con tres repeticiones), el híbrido en la subparcela, y el régimen de temperatura en la sub-subparcela. Las

subparcelas comprendieron seis hileras de 15 m de longitud orientadas en dirección este – oeste y separadas a 0,5 m de distancia entre sí. Las sub-subparcelas comprendieron tres metros lineales de las cuatro hileras centrales de cada subparcela (ca. 6 m²). La densidad final de todos los Exp fue de 9 plantas m⁻². Los cultivos fueron fertilizados con urea (200 kg N ha⁻¹) en V6 (Ritchie y Hanway 1982). Mediante riego por goteo, el metro superior del perfil del suelo se mantuvo cercano a la capacidad de campo a lo largo de toda la estación de crecimiento de los cultivos. Las malezas, enfermedades y plagas fueron adecuadamente controladas.

Al inicio de cada momento de aplicación de los regímenes de temperatura, las sub-subparcelas del tratamiento estresante se cubrieron con una capa plástica de polietileno transparente (100 µm de espesor) montada sobre una estructura de madera (i.e., mini-invernáculos; Cicchino et al. 2010a; Fig. 3.2 A, B, C) para provocar un incremento significativo de la temperatura del aire especialmente durante las horas del día de mayor radiación incidente (ca. 11.00 – 14.00 h). Este tratamiento pretendió en días diáfanos elevar la temperatura del aire a la altura de la espiga apical hasta valores comprendidos en el rango de 35 a 42 °C (Fig. 3.2 D). Más detalles acerca del sistema de calentamiento pueden encontrarse en Rattalino Edreira et al. (2011b; 2014).

El tratamiento estresante durante M₁ comenzó aproximadamente 18 a 20 d después de que el 50% de las plantas en cada subparcela haya alcanzado R₁, y finalizó 15 d después. El tratamiento de calentamiento durante M₂ se inició aproximadamente 32-35 d después de que el 50% de las plantas en cada subparcela haya alcanzado R₁, y finalizó 15 d después. Todas las estructuras fueron instaladas y desinstaladas al principio y al final de su correspondiente momento de aplicación de los regímenes de temperatura, respectivamente. Con estos tratamientos se procuró sortear el efecto de las altas temperaturas sobre el aborto de granos y la división de células endospermáticas durante la fase lag (Capitanio et al. 1983; Reddy y Daynard 1983), de modo tal de no afectar el número de granos por planta ni el peso potencial de los granos (Badu-Apraku et al. 1983; Gambín et al. 2006).

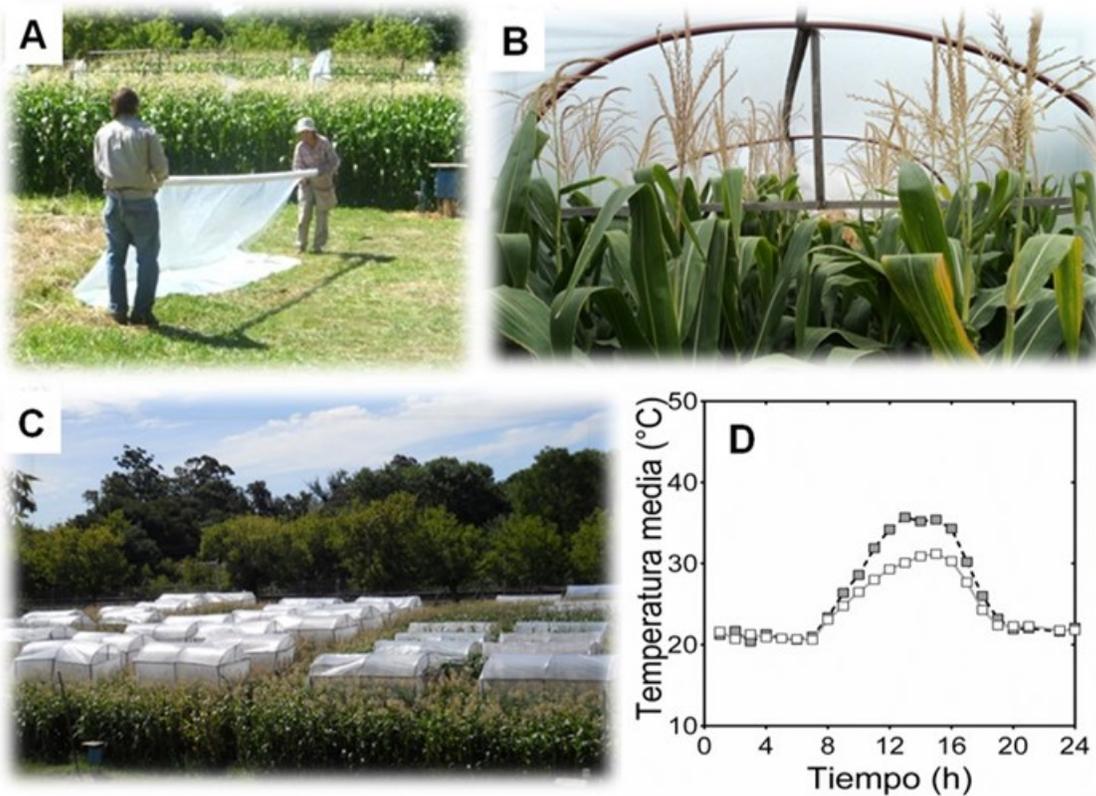


Figura 3.2: Imágenes de (i) el montaje de polietileno cristal sobre las estructuras de madera destinadas a los tratamientos controles y estresantes (A), (ii) el interior de un mini-invernáculo (B), (iii) la imposición de todos tratamientos de temperatura (C), y (iv) la evolución horaria de la temperatura del aire a la altura de la espiga apical de cuatro híbridos de maíz (colorado duro, Flint; pisingallo, Pop; semi-dentado templado, Te; semi-dentado templado y tropical, TeTr) dentro de los mini-invernáculos de los tratamientos controles (símbolos blancos) y estresantes (símbolos grises) en un día diáfano durante el período de imposición de los regímenes térmicos (promedio de Exp, M e H) (D).

2.2 Mediciones y cuantificaciones

2.2.1 Radiación fotosintéticamente activa incidente e interceptada, y eficiencia en su uso

Durante todo el ciclo del cultivo se registraron diariamente la temperatura media del aire y la radiación fotosintéticamente activa (RFA) incidente (RFA_{INC}) mediante una estación meteorológica (Weather Monitor II, Davis Instruments, USA) ubicada a 100 m del sitio experimental. Teniendo en cuenta que los cultivos aquí estudiados contaron con un

suministro óptimo de los factores limitantes del crecimiento (e.g., agua y nutrientes; van Ittersum y Rabbinge 1997), el análisis del impacto de los golpes de calor sobre el crecimiento post-floración se focalizó en sus determinantes eco-fisiológicos, i.e., sobre la captura de la RFA_{INC} y la eficiencia de uso de la misma (Sinclair y Muchow 1999).

La fracción de RFA_{INC} interceptada por el cultivo ($fRFA_i$) se determinó semanalmente a partir de R_1 mediante el empleo de un sensor cuántico lineal (Cavabar, Cavadevices, Argentina). En cada sub-subparcela, se realizaron mediciones instantáneas de la RFA_{INC} fuera de los mini-invernáculos y al tope del canopeo (RFA_0 ; en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Durante el período de imposición de los regímenes térmicos, los valores de RFA_0 fueron corregidos por la atenuación producida por el polietileno (ca. -15%) para obtener la RFA_{INC} dentro de los mini-invernáculos y al tope del canopeo (RFA_1). En cada sub-subparcela también se realizaron cuatro mediciones por debajo de las hojas verdes basales y por sobre las senescentes (RFA_2 ; en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Las mediciones de RFA_0 y RFA_2 se realizaron en días diáfanos durante el momento de mayor altura solar (entre las 11.30 y 14.00 h), ubicando el sensor en forma diagonal a las hileras. En cada fecha de medición se estimaron los valores de $fRFA_i$ (Ec. [3.1]):

$$fRFA_i = 1 - (RFA_2 / RFA_1) \quad [3.1]$$

La $fRFA_i$ diaria entre observaciones fue estimada por interpolación lineal. La RFA_{INC} se corrigió por la atenuación producida por el polietileno, y la RFA interceptada por el cultivo (RFA_{INT}) durante el llenado efectivo de granos se calculó mediante la suma diaria del producto entre RFA_{INC} y $fRFA_i$ en dicho período. La eficiencia de uso de la radiación (i.e., EUR; en g MJ^{-1}) se calculó como el cociente entre el crecimiento del cultivo post-floración (en g m^{-2}) y la RFA_{INT} (en MJ m^{-2}) durante el llenado activo de los granos. Los valores medios de $fRFA_i$ y RFA_1 durante el llenado activo de los granos se calcularon mediante el promedio de los valores diarios de ambas variables.

2.2.2 Biomasa de planta, rendimiento en grano y sus componentes numéricos

En el estado de V_6 , se marcaron aproximadamente 46 plantas de cada sub-subparcela, a las que se les registró la fecha de floración femenina (i.e., silking, primer estigma visible). Treinta y siete de estas plantas se utilizaron para evaluar la dinámica de crecimiento de los granos durante el período de llenado activo. Las nueve plantas restantes fueron utilizadas para (i) estimar la biomasa de las plantas en R_1+15 d (ca. 15 días después de R_1), y (ii) medir la biomasa final de las plantas en R_6 . Las estimaciones de biomasa en R_1+15 d se realizaron por medio de modelos alométricos ampliamente utilizados en esta especie (Maddonni y Otegui 2004; Echarte et al. 2006). La espiga apical de cada planta (no se observaron espigas sub-apicales fértiles) fue trillada manualmente para contar el número de granos por planta (NGP), y pesar dichos granos, determinando así, el rendimiento en grano por planta. El peso individual de los granos se calculó como el cociente entre el rendimiento en grano por planta y el NGP. El crecimiento de la planta durante el periodo post-floración se calculó como la diferencia entre la biomasa total de la planta en R_6 y la biomasa total estimada en R_1+15 d. La relación fuente/destino post-floración (RFDPF) se cuantificó como el cociente entre el crecimiento de las plantas durante el llenado activo de los granos y el NGP. Para trasladar estas variables a escala de cultivo, simplemente se multiplicó su valor por la densidad de plantas.

2.2.3 Dinámica del crecimiento de los granos

El crecimiento de los granos durante el período posterior a la floración fue caracterizado por medio de muestreos periódicos de granos correspondientes a las plantas marcadas. Las espigas apicales de dos plantas por sub-subparcela fueron muestreadas semanalmente desde 15-20 d después de R_1 hasta 10-15 d después de R_6 . En cada fecha de muestreo, se extrajeron 10-15 granos de las espiguillas 10 a 15 contabilizadas desde la base, para evitar la posible variación en el peso de los granos debida a la posición en la espiga (Tollenaar y Daynard 1978; Borrás y Otegui 2001; Tanaka y Maddonni 2009). El peso individual de los granos se registró luego de secar los granos en

una estufa de aire forzado a 65 °C durante al menos 96 h. La tasa de crecimiento de los granos durante el llenado activo y la duración de dicho periodo, se estimaron mediante el ajuste de la respuesta del peso individual de los granos al tiempo, desde R_1 , por medio de un modelo bi-lineal con plateau (Ecs. [3.2 - 3.3]):

$$PG = a + b \text{ DDR}_1, \text{ para } \text{DDR}_1 \leq c \quad [3.2]$$

$$PG = a + b c, \text{ para } \text{DDR}_1 > c \quad [3.3]$$

donde PG es el peso individual de los granos, DDR_1 son los días desde R_1 , a es la ordenada al origen, b es la tasa de crecimiento de los granos durante el período de llenado efectivo de los granos (en $\text{mg grano}^{-1} \text{ d}^{-1}$), y c es la duración del período de llenado de los granos (en días). La duración de la fase lag (en días) se estimó a través de la abscisa al origen (i.e., $-a/b$). La duración del período de llenado activo de los granos (en días) se calculó como la diferencia entre la duración del llenado de los granos y la duración de la fase lag (i.e., $c - [-a/b]$).

2.2.4 Contenido de carbohidratos solubles

El contenido de carbohidratos solubles en agua (CHS) del tallo y las vainas, indicativo de la fuente de asimilados de reserva, se midió quincenalmente a partir de ca. R_1+15 d (momento de máxima acumulación, Badu-Apraku et al., 1983) hasta ca. 7-14 días después de R_6 . En cada muestreo se cortaron 2 plantas por sub-subparcela (ca. 10-12 plantas en R_6) a nivel del suelo y se separaron el tallo y las vainas del resto de los órganos de la planta. Los tallos fueron cortados en forma longitudinal para facilitar su secado, y posteriormente fueron colocados junto a las vainas (de aquí en adelante a este conjunto se lo denominará tallo) estufa de aire forzado a 70 °C durante al menos 96 h hasta alcanzar un peso constante. Las muestras de tallos secos fueron pesadas y molidas adecuadamente como para atravesar una malla de 1 mm de apertura. Luego, las

muestras se acondicionaron mediante extracciones secuenciales con etanol y agua para la determinación de la concentración de CHS siguiendo el método del reactivo Anthrona (Dreywood 1946; Yemm y Willis 1954). El contenido total de CHS del tallo (en g planta⁻¹) se computó como el producto entre el peso seco del tallo y la concentración de CHS en el mismo. El consumo aparente de CHS del tallo durante el llenado activo se utilizó como indicador de la re-movilización de asimilados de reserva hacia los granos, computándose como la diferencia entre el valor máximo y mínimo de CHS del tallo, observados próximos a R₁+15 d y R₆, respectivamente. Es necesario señalar que en su estimación pudieron incurrir sesgos asociados a las pérdidas respiratorias de las partes vegetativas de las plantas bajo temperaturas extremas (Penning de Vries et al. 1979).

2.3 Normalización y análisis estadístico de los datos

Para que los datos de diferentes combinaciones de tratamientos fueran comparables, la respuesta de cada rasgo al régimen de temperatura fue normalizada como la variación porcentual con respecto al tratamiento control no calentado (Ec. [3.4]):

$$VN = 100 * (VA_E - VA_C) / VA_C \quad [3.4]$$

donde VN es el valor normalizado de un rasgo dado, VA_E y VA_C son los respectivos valores absolutos del rasgo para el régimen de temperatura estresante y control, respectivamente.

Se utilizó la prueba T del software InfoStat Profesional 2012 (Di Rienzo et al. 2012) para detectar diferencias significativas (p<0,05) entre las medias de los diferentes rasgos. Mediante el software GraphPad Prism 4.0 (GraphPad Software, San Diego, Estados Unidos) se realizaron análisis de regresión lineal para establecer relaciones entre los rasgos estudiados. Los parámetros de los modelos (la pendiente y la ordenada al origen) se compararon mediante la prueba F de la suma extra de cuadrados (p<0,05) del mismo software. Los modelos desarrollados a partir de las Ecs. (3.2 - 3.3) fueron ajustados por medio del software TBLCURVE (Jandel-Scientific 1991). En el Exp1, no se incluyó el híbrido Te sometido a los golpes de calor durante etapas tardías del llenado debido a

fallas en el establecimiento de este genotipo (la humedad excesiva del suelo afectó la emergencia de las plántulas).

3- RESULTADOS

3.1 Número, peso individual de los granos, y su dinámica de crecimiento

Como era de esperarse, las temperaturas extremas impuestas durante M_1 o M_2 no afectaron el NGP (datos no presentados). Por el contrario, la mayoría de los tratamientos estresantes redujeron el peso individual de los granos, registrándose además, efectos diferenciales entre M e H (Fig. 3.3; Fig.3.4). Mayoritariamente, el impacto del estrés por calor sobre el peso individual de los granos fue más alto durante M_1 (ca. -35%) que durante M_2 (ca. -23%; Fig. 3.3; Fig.3.4). El peso individual de los granos del híbrido Pop fue el menos afectado por las altas temperaturas (entre ca. -5 y -18%; Fig.3.3 B, D). En cuanto a la dinámica del crecimiento de los granos, los tratamientos de calentamiento provocaron reducciones en la duración del período de llenado activo de los granos, que resultaron ligeramente más marcadas cuando los tratamientos se impusieron durante M_1 (ca. -28%) que durante M_2 (ca. -23%; Fig.3.3; Fig.3.4). En promedio, los híbridos Flint y Pop presentaron acortamientos menos pronunciados de este período (ca. -10%) que los híbridos Te y TeTr (ca. -34%; Fig. 3.3; Fig.3.4). Por su parte, la respuesta de la tasa de llenado activo de los granos al estrés térmico fue significativamente más moderada que aquella de la duración, y estuvo condicionada al genotipo. Dicha respuesta fue ligeramente positiva para los híbridos Te y TeTr (ca. +6,5 y +4,5%; respectivamente), y negativa para Flint (ca. -8,2%), (Fig.3.3; Fig.3.2). Para el híbrido Pop esta variable no fue alterada por el estrés (Fig.3.3 B, D).

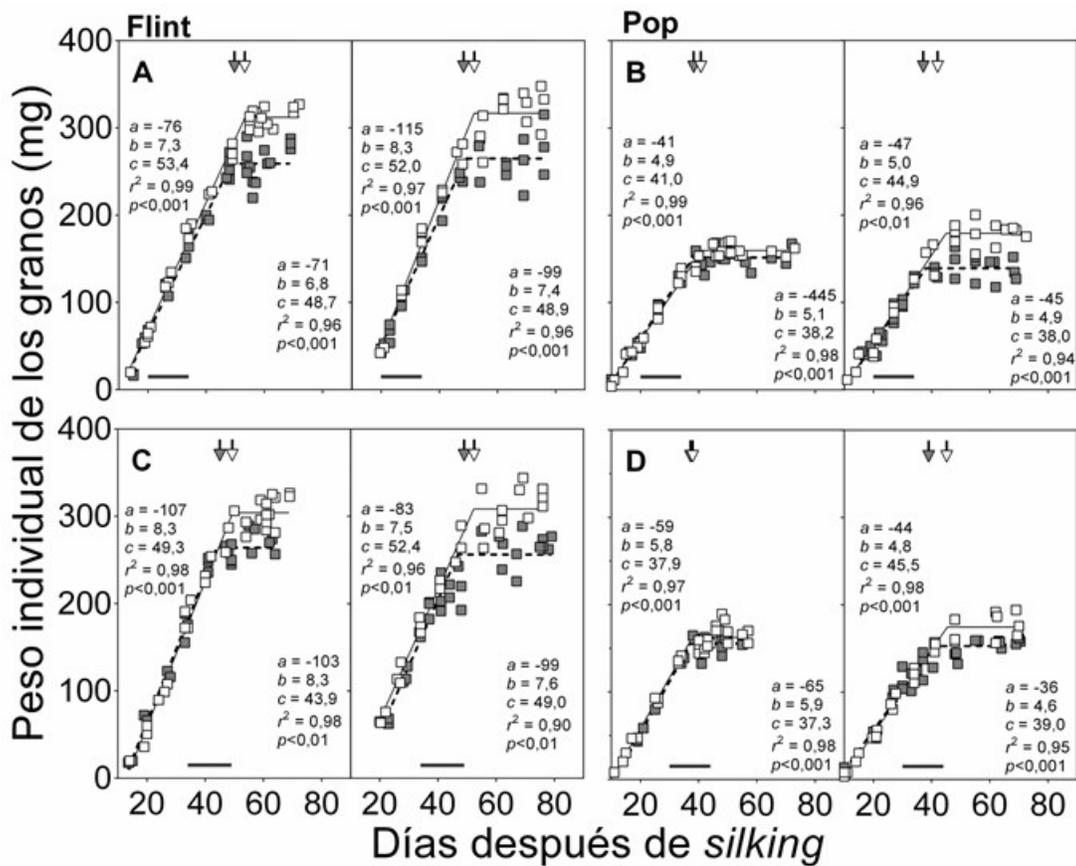


Figura 3.3 Evolución del peso individual de los granos de dos híbridos de maíz (colorado duro, Flint [A, C]; pisingallo, Pop [B, D]) expuestos a dos regímenes de temperatura contrastantes (control sin calentamiento [símbolos blancos]; estresante [símbolos grises]) durante etapas tempranas (A, B) o tardías (C, D) del llenado activo de los granos en dos experimentos (2009-2010 [izquierda]; 2010-2011 [derecha]). Cada punto corresponde a una repetición. Las flechas en la parte superior de cada figura señalan el día de ocurrencia de la madurez fisiológica. Las barras horizontales sobre el eje x indican la oportunidad de aplicación del tratamiento estresante. Las líneas y detalles indican los modelos bi-lineales con plateau (Ecs. [3.2 - 3.3]) ajustados a los conjuntos de datos.

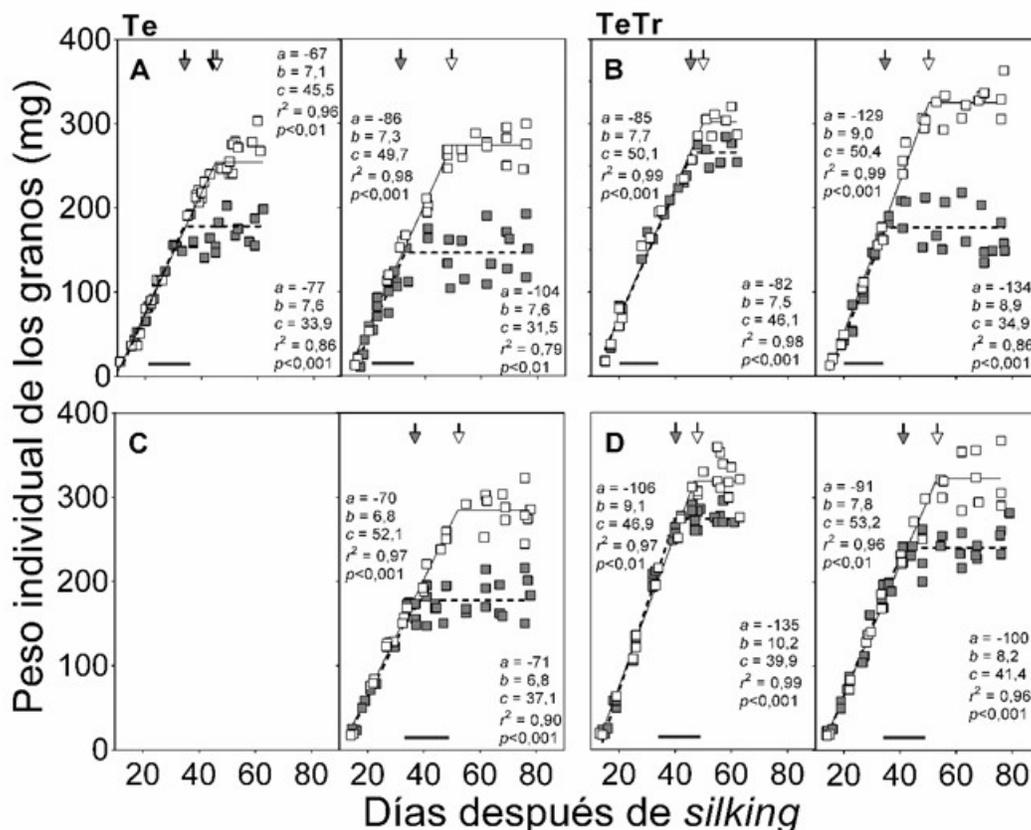


Figura 3.4 Evolución del peso individual de los granos de dos híbridos de maíz (semi-dentado templado, Te [A, C]; semi-dentado templado y tropical, TeTr [B, D]) expuestos a dos regímenes de temperatura contrastantes (control sin calentamiento y estresante) durante etapas tempranas (A, B) o tardías (C, D) del llenado activo de los granos en dos experimentos (2009-2010 [izquierda]; 2010-2011 [derecha]). Símbolos, flechas, barras horizontales, líneas y detalles como en la Fig.3.1.

3.2 Relación fuente/destino post-floración, y radiación fotosintéticamente activa incidente e interceptada, y eficiencia en su uso

Los episodios de calor extremo disminuyeron la RFD_{PF} de todos los cultivos (Fig.3.5). Dado que el número de destinos (i.e., número de granos fijados) no fue alterado por el régimen de temperatura (sección 3.1, arriba), se desprende que las reducciones en la RFD_{PF} causadas por el estrés térmico fueron mediadas exclusivamente por el efecto negativo sobre la fuente (i.e., sobre el crecimiento del cultivo) durante el mismo periodo. De hecho, hubo una relación directa y proporcional entre las respuestas de estas últimas variables al estrés ($y = -1,1 + 0,97 x$; $r^2=0,94$; $p<0,001$). Así, el estrés por calor promovió reducciones en el crecimiento post-floración, o en la RFD_{PF} , que tendieron a ser más

drásticas para los híbridos Te y TeTr (ca. -70%) que para los híbridos Flint y Pop (ca. -35%; Fig.3.5). Además, en M₁ la respuesta negativa de estos atributos a las altas temperaturas tendió a ser más fuerte que en M₂ (ca. -60 y -45%, respectivamente; Fig.3.5). Indistintamente, los cambios en el crecimiento o en la RFDPF explicaron la mayor parte de la variación en el peso individual de los granos a través de un único modelo lineal ajustado a todo el conjunto de datos ($r^2=0,72$; $p<0,001$, Fig.3.5). Sin embargo, la magnitud de las reducciones en la variable independiente fue menor que la de aquellas en el peso individual de los granos, evidenciado por el valor de la pendiente (0,4) significativamente ($p<0,001$) menor a 1 (Fig.3.5).

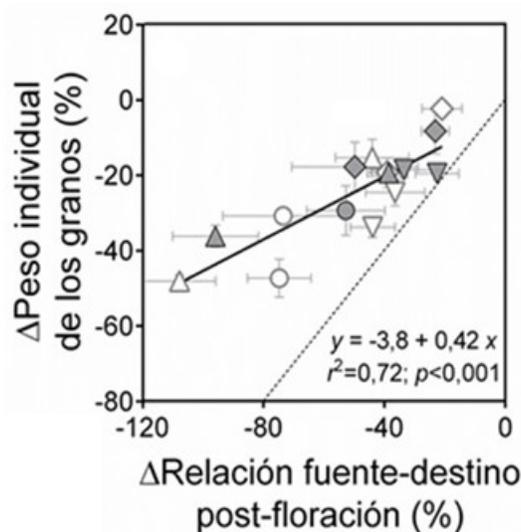


Figura 3.5 Relación entre el efecto del estrés por calor (cuantificado como diferencia porcentual respecto al tratamiento control) durante etapas tempranas (símbolos grises) o tardías post-floración (símbolos blancos) sobre el peso individual de los granos y aquél sobre la relación fuente/destino durante ese mismo periodo de cuatro híbridos de maíz (colorado duro, Flint [triángulos invertidos]; pisingallo, Pop [rombos]; semi-dentado templado, Te [círculos]; semi-dentado templado y tropical, TeTr [triángulos]) en dos experimentos. Cada punto representa el valor medio de tres repeticiones \pm el error estándar. La línea continua y detalles indican el modelo lineal ajustado al conjunto de datos. La línea discontinua muestra la relación 1:1 entre las variables.

Es importante destacar que, los cambios en el crecimiento del cultivo post-floración promovidos por las altas temperaturas fueron parcialmente explicados por aquellos en la

RFA_{INT} acumulada ($r^2=0,58$; $p<0,01$; Fig.3.6 A). La pendiente del modelo lineal ajustado al conjunto de datos (pendiente igual a 1,3) difirió significativamente ($p<0,05$) de 1, indicando que las reducciones en el crecimiento del cultivo post-floración fueron determinadas además por cambios en otro determinante eco-fisiológico. Así, las disminuciones de la EUR post-floración lograron explicar la mayor parte de las caídas en el crecimiento del cultivo bajo condiciones de estrés durante el llenado (el ajuste del modelo se ubicó cercano a la línea 1:1; $r^2=0,93$; $p<0,001$; Fig.3.6 B).

Cabe mencionar que, las variaciones observadas en la RFA_{INT} post-floración producto del estrés térmico estuvieron íntimamente asociadas a cambios en la duración del periodo de llenado activo de los granos ($r^2=0,89$; $p<0,001$) y no a cambios en la fRFA_i (datos no presentados).

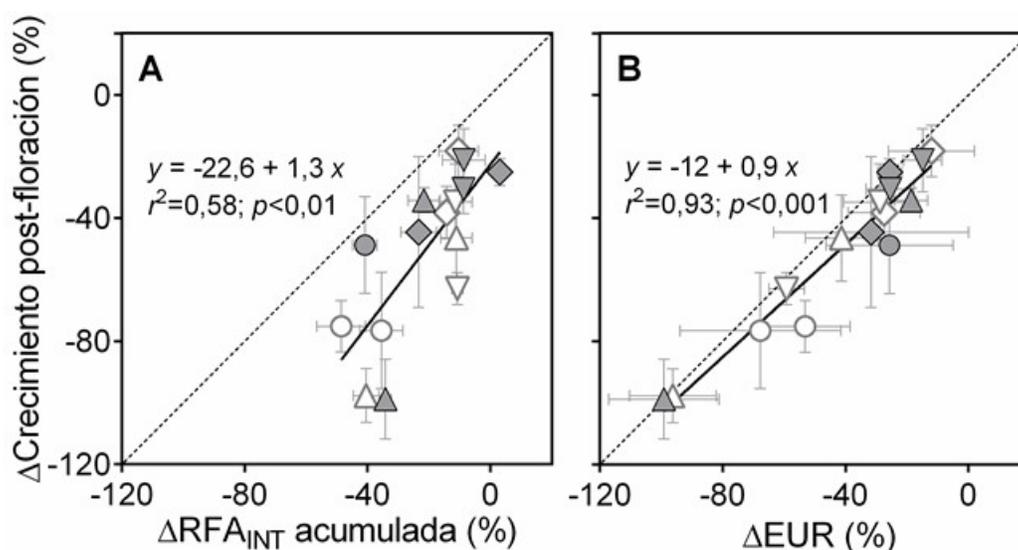


Figura 3.6 Relación entre el efecto del estrés por calor (cuantificado como diferencia porcentual respecto al tratamiento control) durante etapas tempranas o tardías del llenado sobre el crecimiento del cultivo durante post-floración y aquél sobre (i) la radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada (RFA_{INT}) acumulada durante el mismo periodo (A), y (ii) la eficiencia de uso de la RFA_{INT} (EUR) (B), de cuatro híbridos de maíz en dos experimentos. Las líneas continuas y detalles indican los modelos lineales ajustados a todo el conjunto de datos. La línea discontinua muestra la relación 1:1 entre las variables. Símbolos como en la Fig.3.3.

3.3 Carbohidratos solubles en el tallo

A partir del inicio del llenado activo de los granos los valores absolutos de contenido de CHS en el tallo de todas las combinaciones de tratamientos tendieron a disminuir, a una tasa dependiente del régimen térmico, hasta valores mínimos en días cercanos a la madurez fisiológica (Fig.3.7; Fig.3.8). Dicho agotamiento de CHS en el tallo fue más abrupto para los tratamientos de temperatura estresante que para aquellos de temperatura no estresante. Si bien los tratamientos estresantes durante M_1 no siempre promovieron un nivel agotamiento de CHS mayor a aquellos estresados durante M_2 , sí anticiparon el momento de inicio de la reducción (Fig.3.7; Fig.3.8).

De acuerdo a estos resultados, se registraron diferencias porcentuales entre los regímenes de temperatura en el consumo aparente de CHS, aunque la magnitud de dichas diferencias estuvo condicionada por el genotipo. Mientras que los híbridos Flint y Pop aumentaron el consumo de CHS en forma moderada (ca. +28 y +25%, respectivamente) en respuesta al estrés por calor, los híbridos Te y TeTr lo hicieron de forma más acentuada (ca. +49 y +59%; respectivamente). Adicionalmente, los aumentos registrados en el consumo aparente de CHS de todas las combinaciones de tratamientos se relacionaron linealmente con las disminuciones en el crecimiento post-floración (o en la RFD_{PF}) del cultivo ($r^2=0,55$; $p<0,05$; $y = 9.1 - 0,65 x$).

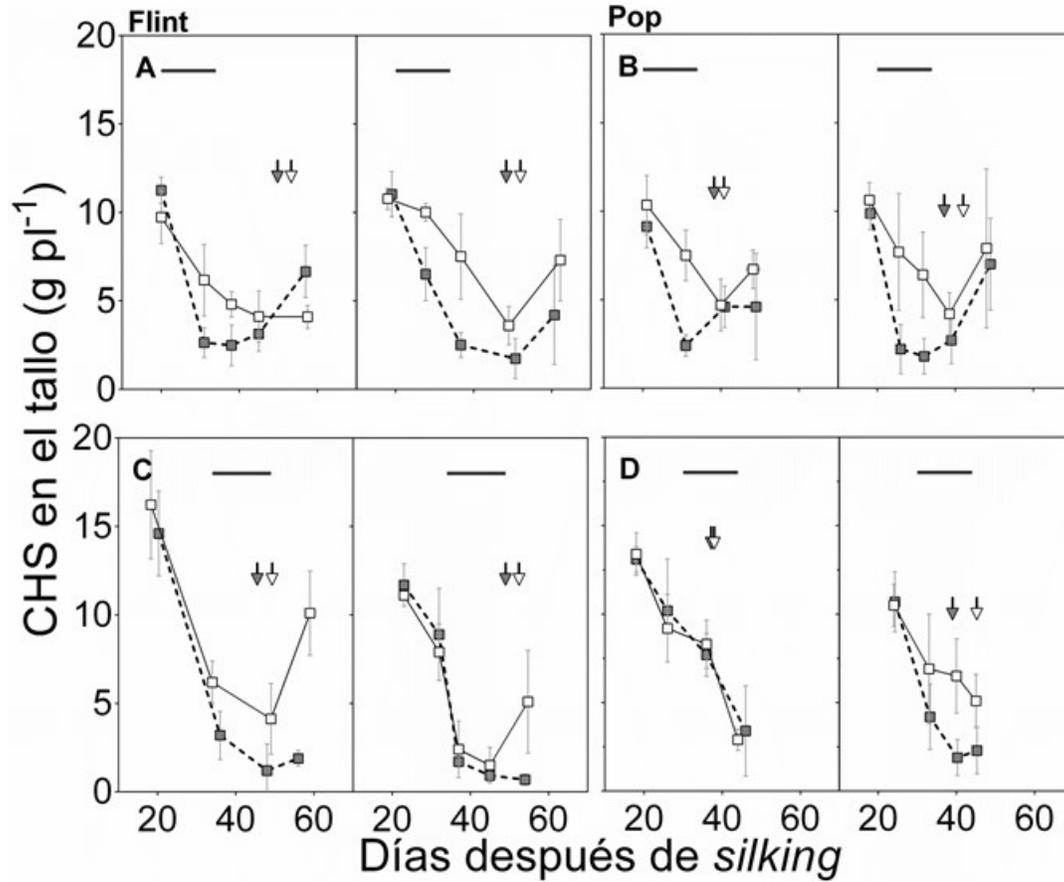


Figura 3.7 Evolución del contenido de carbohidratos solubles (CHS) en el tallo de dos híbridos de maíz (colorado duro, Flint [A, C]; pisingallo, Pop [B, D]) expuestos a dos regímenes de temperatura contrastantes (control sin calentamiento y estresante) durante etapas tempranas (A, B) o tardías (C, D) del llenado activo de los granos en dos experimentos (2009-2010 [izquierda]; 2010-2011 [derecha]). Cada punto representa el valor medio de tres repeticiones \pm el error estándar. Símbolos, flechas y barras horizontales como en la Fig.3.1.

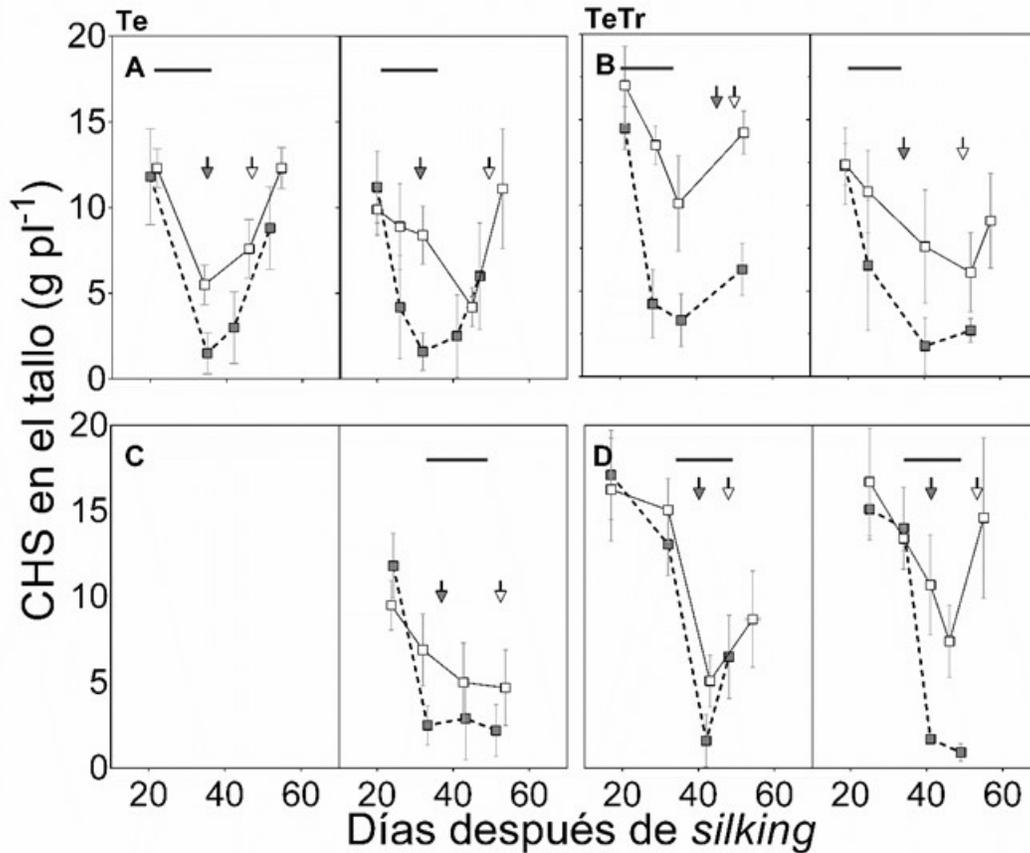


Figura 3.8 Evolución del contenido de carbohidratos solubles (CHS) en el tallo de dos híbridos de maíz (semi-dentado templado, Te [A, C]; semi-dentado templado y tropical, TeTr [B, D]) expuestos a dos regímenes de temperatura contrastantes (control sin calentamiento y estresante) durante etapas tempranas (A, B) o tardías (C, D) del llenado activo de los granos en dos experimentos (2009-2010 [izquierda]; 2010-2011 [derecha]). Cada punto representa el valor medio de tres repeticiones \pm el error estándar. Símbolos, flechas y barras horizontales como en la Fig.3.1.

4- DISCUSIÓN

Las temperaturas extremadamente altas generan un ambiente desfavorable para el crecimiento y los procesos reproductivos del maíz, provocando pérdidas en el rendimiento en grano (Schoper et al. 1987; Cicchino et al. 2010b; Rattalino Edreira et al. 2011a). La magnitud de estas alteraciones puede depender de (i) la etapa de desarrollo en la que se encuentra el cultivo al momento de ocurrencia del estrés por calor, (ii) la intensidad del estrés, y (iii) la sensibilidad del genotipo (Hall 1992; Wahid et al. 2007).

En el presente estudio, estas condiciones fueron evidenciadas por el amplio rango de variaciones negativas en el crecimiento post-floración del cultivo y en el peso individual de sus granos como resultado de la incidencia de breves episodios de calor extremo durante diferentes estadios ontogénicos en dos años experimentales sobre híbridos de maíz con tipos de grano distintivos (colorado duro, pisingallo y semi-dentado). El calentamiento del aire promovido a través de los mini-invernáculos fue de tal magnitud que se alcanzaron temperaturas extremas, alejadas del rango considerado óptimo para el proceso de fotosíntesis (Duncan y Hesketh 1968; Christy et al. 1986) y de llenado de los granos en esta especie (Thompson 1986; Brooking 1993; Singletary et al. 1994; Stone 2001).

Los cultivos de maíz sometidos a calor extremo redujeron su crecimiento post-floración principalmente a través de caídas de la EUR, y en menor medida, de la RFAINT acumulada. En términos generales, las caídas en la EUR resultaron más severas cuando los golpes de calor incidieron (i) sobre los híbridos semi-dentados (i.e., Te y TeTr) que sobre el colorado duro y pisingallo (i.e., Pop y el Flint), y (ii) durante etapas tempranas que durante aquellas tardías del llenado de los granos. Estos resultados, junto con otros derivados de deficiencias hídricas (Earl y Davis 2003) y nitrogenadas (Muchow y Davis 1988; Muchow y Sinclair 1994) e incluso de golpes de calor (Cicchino et al. 2010b; Rattalino Edreira y Otegui 2012), disienten de aquellos documentados para condiciones restrictivas en los que las diferencias en la producción de biomasa están basadas preponderantemente en cambios de la captura del recurso lumínico (Boyer 1970; Uhart y Andrade 1995b; Sadras y Milroy 1996; Stone et al. 2000; Chenu et al. 2008). Si bien estas respuestas diferenciales probablemente estén sustentadas en la temporalidad e intensidad específicas de la incidencia de cada restricción, para el caso puntual de los golpes de calor la respuesta resultó unívoca.

Las reducciones en la EUR fueron atribuibles principalmente a (i) un deterioro de la capacidad fotosintética de las hojas (Berry y Bjorkman 1980; Burke 1990; Crafts-Brandner y Salvucci 2002; Sinsawat et al. 2004) con el concomitante incremento de la respiración de mantenimiento (Penning de Vries et al. 1979), y probablemente (ii), a un contenido de nitrógeno foliar deficiente (Muchow y Sinclair 1994) por una re-translocación incrementada de N hacia los granos (Uhart y Andrade 1995a). En este trabajo, el síntoma visual de la menor capacidad asimilatoria de las hojas fue la pérdida de pigmentación verde (i.e., clorofila; Sprague y Curtis 1933; Brougham 1960) en las hojas aún no senescentes del

estrato medio y superior del canopeo, como fue reportado para otras especies bajo estrés por calor (Fokar et al. 1998) u otras condiciones adversas (Soval-Villa et al. 2002). Asimismo, la intensidad con la cual se manifestó dicho síntoma difirió entre los híbridos en correspondencia con la respuesta diferencial de la EUR al estrés por calor (i.e., Te y Tetr > Flint y Pop).

Por otra parte, las disminuciones en la RFAINT acumulada post-floración, principalmente notorias para los híbridos Te y TeTr, pudieron atribuirse a la ocurrencia anticipada de la madurez fisiológica, y por ende, a una menor duración de la etapa de crecimiento post-floración. Singularmente, la anticipación conjunta de la madurez fisiológica y la senescencia foliar por efecto de las altas temperaturas determinó la falta de cambios sustanciales en la fRFAi promedio para dicho periodo. Colectivamente, estos resultados respaldan evidencias previas de la baja influencia de los episodios de temperaturas extremas sobre la captura del recurso lumínico (Cicchino et al. 2010b) y de la existencia de variabilidad genotípica en la respuesta de la EUR al estrés (Rattalino Edreira y Otegui 2012); y permiten extenderlas hasta estadios tardíos del llenado activo de los granos y genotipos con tipo de grano distintivo. A partir de estos resultados, se podría considerar la retención de clorofila o el carácter staygreen como expresión de la tolerancia al calor (Van Herwaarden et al. 1998; Reynolds et al. 2000). Otros atributos, e.g., el ajuste osmótico, la conductancia estomática, la temperatura del canopeo, no deberían desestimarse en ambientes productivos donde confluyen la incidencia de golpes de calor y las deficiencias hídricas (Reynolds et al. 2007).

Las reducciones en el crecimiento post-floración debidas a las altas temperaturas constituyeron severas limitaciones por fuente para el crecimiento activo de los granos, que derivaron en caídas de hasta un 50% en su tamaño final. Dichas caídas, así como para otras condiciones de crecimiento post-floración restrictivas (Egharevba et al. 1976; Jones y Simmons 1983; Jones y Brenner 1987; Ouattar et al. 1987; NeSmith y Ritchie 1992; Westgate 1994; Andrade y Ferreiro 1996; Echarte et al. 2006; Sala et al. 2007; Melchiori y Caviglia 2008; Tanaka y Maddonni 2009), fueron el reflejo del cese prematuro de su llenado activo. Para la mayoría de las combinaciones de tratamientos, la respuesta observada en el peso individual de los granos a la reducción en la RFDPF por efecto del estrés térmico (i.e., se observó un cambio del 40% en el peso individual de los granos por cambio del 100% en la relación fuente/destino) se adecuó al modelo empírico

desarrollado para esta especie de acuerdo a una vasta recopilación bibliográfica (Borrás et al. 2004). Concretamente, dicha respuesta se ubicó por encima del percentil 50 de los datos reportados en la literatura, i.e., entre los casos menos responsivos del tamaño final de los granos a condiciones de crecimiento adversas. Estos resultados junto con aquellos derivados del seguimiento del contenido de CHS en el tallo a lo largo del llenado de los granos permitieron robustecer evidencias previas en maíz (Badu-Apraku et al. 1983; Rattalino Edreira y Otegui 2012) y trigo (Blum et al. 1994) sobre el rol decisivo de los asimilados de reserva en la contribución al crecimiento de los granos bajo condiciones de estrés térmico. El consumo aparente de CHS del tallo se incrementó en función de la disminución en la RFDPF, indicando que las plantas calentadas, con una fotosíntesis actual limitada, estuvieron forzadas a recurrir a una mayor cantidad de asimilados de reserva que las plantas no calentadas para sostener el llenado de los granos (Rattalino Edreira et al. 2014). Más aún para aquellos casos en los que el acortamiento del periodo de llenado activo por efecto del estrés térmico fue más drástico (i.e., híbridos semi-dentados calentados especialmente durante el llenado temprano), el agotamiento de CHS fue casi total y coincidió temporalmente con el cese prematuro del llenado. Estos hallazgos, coincidentes con los reportados previamente por Rattalino Edreira et al. (2014), se contraponen a los documentados para trigo en los que los cultivares más tolerantes al estrés mostraron un mayor consumo de asimilados de reserva y una pérdida de clorofila o senescencia más exacerbados (Blum et al. 1994; Fokar et al. 1998; Tahir y Nakata 2005). Si bien los resultados en trigo no fueron originados en ensayos a campo, y en algún caso pudieron proceder de efectos confundidos del estrés sobre el número de granos fijados, la fuerte contraposición entre las evidencias de ambas especies exigiría una investigación más profunda y precisa de este tema, capaz de aislar el efecto de la respiración sobre el consumo de CHS en el tallo, y analizar la factibilidad de avanzar sobre la mejora del potencial de rendimiento de los híbridos comerciales de maíz, a través de la partición a espiga de esas reservas (Cirilo y Andrade 1994; Vega et al. 2001).

Por otra parte, los golpes de calor también determinaron cambios en la tasa de llenado de los granos pero que, a diferencia de aquellos en la duración del llenado, no repercutieron sustancialmente en su tamaño final. Mientras que para los híbridos Te y TeTr, el efecto fue ligeramente positivo y coincidente con lo reportado previamente bajo temperaturas moderadamente altas durante el llenado activo (Tollenaar y Bruulsema 1988b; Muchow

1990; Singletary et al. 1994; Wilhelm et al. 1999), para el híbrido Flint resultó ligeramente negativo. Este último efecto podría estar asociado a una fuerte inhibición del proceso de fotosíntesis sumada a una capacidad insuficiente de las reservas para sostener un flujo uniforme de foto-asimilados hacia los granos (Duncan et al. 1965). Sin embargo el hecho de que este híbrido no haya sido el más susceptible al estrés en términos de crecimiento y agotamiento de CHS durante post-floración discrepa con esta idea. Por otra parte, las caídas observadas en la tasa de crecimiento de los granos frente a temperaturas extremadamente altas (Tollenaar y Bruulsema 1988a; Singletary et al. 1994), sugerirían que la variación genotípica en la respuesta de este atributo al estrés térmico podría estar basada en diferencias en (i) la intensidad del calentamiento de los granos ($T_e > T_{eTr}$) debida a características morfo-fisiológicas de la espiga distintivas, y/o (ii) el valor umbral de temperatura por encima del cual dicho atributo se resiente. Estos hallazgos, junto con otros estudios que evaluando el calentamiento localizado de la espiga o de granos cultivados in vitro reportaron cambios en la tasa de llenado efectivo (Jones et al. 1984; Kniewel et al. 1984; Singletary et al. 1994), sostienen la existencia de un efecto directo de las altas temperaturas sobre el ritmo de crecimiento de los granos, no mediado por cambios en la tasa de crecimiento potencial establecida previamente (Reddy y Daynard 1983; Gambín et al. 2006), ni por el estado fisiológico de la plantas (e.g., crecimiento post-floración, consumo de CHS del tallo). Es probable que dicho efecto esté vinculado a alteraciones de la actividad enzimática y metabolismo internos de los granos (Barnabás et al. 2008).

5- CONCLUSIONES

La incidencia de los golpes de calor durante el llenado de maíz, frecuente en varias zonas productivas del país, entre ellas las correspondientes a la región semiárida central del país en la provincia de San Luis, promovió mermas del rendimiento asociadas exclusivamente a caídas en el tamaño final de los granos. Los golpes de calor ocurridos durante el llenado, en especial aquellos durante las etapas tempranas, redujeron la actividad de la fuente de los cultivos a través de caídas en la captura de radiación solar y en mayor medida a través de caídas en la eficiencia de uso de la radiación solar capturada. Esto produjo un desbalance entre la disponibilidad de asimilados de las

plantas y la demanda por parte de los granos (i.e., una relación fuente/destino reducida) que se tradujo en el cese prematuro del llenado, con la consecuente reducción del tamaño final de los granos. El incremento en la re-movilización de reservas hacia los granos contribuyó a sostener su crecimiento ante la incidencia de los golpes de calor. La magnitud de dicha contribución dependió del grado de reducción del crecimiento post-floración provocado por el estrés térmico. Teniendo la precaución que la información aquí reportada no refiere a un número elevado de híbridos con un tipo de grano característico, se pudo establecer que las variaciones en la susceptibilidad del tamaño individual de los granos a los golpes de calor entre los genotipos no estarían asociadas a una respuesta diferencial de sus reservas para sostener el llenado ni del metabolismo y actividad enzimática internos de sus granos, sino que estarían asociadas a una respuesta diferencial de su aparato fotosintético a las altas temperaturas.

6- BIBLIOGRAFÍA

Al-Khatib, K., Paulsen, G.M., 1999. High-temperature effects on photosynthetic processes in temperate and tropical cereals. *Crop Science* 39, 119-125.

Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A.M.G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D.B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., Vazquez-Aguirre, J.L., 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 111, D05109.

Andrade, F.H., Ferreiro, M.A., 1996. Reproductive growth of maize, sunflower and soybean at different source levels during grain filling. *Field Crops Research* 48, 155-165.

Badu-Apraku, B., Hunter, R.B., Tollenaar, M., 1983. Effect of temperature during grain filling on whole plant and grain yield in maize (*Zea mays* L.). *Canadian Journal of Plant Science* 63, 357-363.

Barnabás, B., Jager, K., Feher, A., 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant Cell and Environment* 31, 11-38.

Berry, J., Bjorkman, O., 1980. Photosynthetic Response and Adaptation to Temperature in Higher Plants. *Annual Review of Plant Physiology* 31, 491-543.

Blum, A., Sinmena, B., Mayer, J., Golan, G., Shpiler, L., 1994. Stem reserve mobilisation supports wheat-grain filling under heat stress. *Functional Plant Biology* 21, 771-781.

Borrás, L., Otegui, M.E., 2001. Maize kernel weight response to postflowering source–sink ratio. *Crop Science* 49, 1816-1822.

Borrás, L., Slafer, G.A., Otegui, M.E., 2004. Seed dry weight response to source–sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research* 86, 131-146.

Boyer, J.S., 1970. Leaf Enlargement and Metabolic Rates in Corn, Soybean, and Sunflower at Various Leaf Water Potentials. *Plant Physiology* 46, 233-235.

Brooking, I.R., 1993. Effect of temperature on kernel growth rate of maize grown in a temperate maritime environment. *Field Crops Research* 35, 135-145.

Brougham, R.K., 1960. The Relationship between the critical Leaf Area, Total Chlorophyll Content, and Maximum Growth-rate of some Pasture and Crop Planst. *Annals of Botany* 24, 463-474.

Burke, J.J., 1990. Variation among Species in the Temperature Dependence of the Reappearance of Variable Fluorescence following Illumination. *Plant Physiology* 93, 652-656.

Capitanio, R., Gentinetta, E., Motto, M., 1983. Grain weight and its components in maize inbred lines. *Maydica* 28, 365-379.

Cárcova, J., Otegui, M.E., 2001. Ear temperature and pollination timing effects on maize kernel set. *Crop Science* 41, 1809-1815.

Cicchino, M., Rattalino Edreira, J.I., Otegui, M.E., 2010a. Heat stress during late vegetative growth of maize: Effects on phenology and assessment of optimum temperature. *Crop Science* 50, 1431-1437.

Cicchino, M., Rattalino Edreira, J.I., Uribelarrea, M., Otegui, M.E., 2010b. Heat Stress in Field-Grown Maize: Response of Physiological Determinants of Grain Yield. *Crop Science* 50, 1438-1448.

Cirilo, A., Andrade, F.H., 1994. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Science* 34, 1039-1043.

Commuri, P.D., Jones, R.J., 2001. High temperatures during endosperm cell division in maize: A genotypic comparison under in vitro and field conditions. *Crop Science* 41, 1122-1130.

Crafts-Brandner, S.J., Salvucci, M.E., 2000. Rubisco activase constrains the photosynthetic potential of leaves at high temperature and CO₂. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 97, 13430–13435.

Crafts-Brandner, S.J., Salvucci, M.E., 2002. Sensitivity of photosynthesis in a C₄ plant, maize, to heat stress. *Plant Physiology* 129, 1773-1780.

Chenu, K., Chapman, S.C., Hammer, G.L., McLean, G., Salah, H.B.H., Tardieu, F., 2008. Short-term responses of leaf growth rate to water deficit scale up to whole-plant and crop levels: an integrated modelling approach in maize. *Plant, Cell & Environment* 31, 378-391.

Christy, A.L., Williamson, D.R., Wideman, A.S., 1986. Maize source development and activity. En: Shannon, J.C., Knievel, D.P., Boyer, C.D. (Eds.), *Regulation of Carbon and Nitrogen Reduction and Utilization in Maize*. American Society of Plant Physiology, Rockville, MD, pp. 11-20.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L.A., Tablada, E.M., Robledo, C.W., 2012. InfoStat version 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. www.infostat.com.ar (fecha de acceso 10 Nov. 2014).

Dreywood, R., 1946. Qualitative Test for Carbohydrate Material. *Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition* 18, 499-499.

Duncan, W.G., Hatfield, A.L., Ragland, J.L., 1965. The Growth and Yield of Corn. II. Daily Growth of Corn Kernels¹. *Agronomy Journal* 57, 221-223.

Duncan, W.G., Hesketh, J.D., 1968. Net Photosynthetic Rates, Relative Leaf Growth Rates, and Leaf Numbers of 22 Races of Maize Grown at Eight Temperatures¹. *Crop Science* 8, 670-674.

Dupuis, I., Dumas, C., 1990. Influence of temperature stress on in vitro fertilization and heat shock protein synthesis in maize (*Zea mays* L.) reproductive tissues. *Plant Physiology* 94, 665-670.

Earl, H.J., Davis, R.F., 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal* 95, 688-696.

Echarte, L., Andrade, F.H., Sadras, V.O., Abbate, P.E., 2006. Kernel weight and its response to source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. *Field Crops Research* 96, 307-312.

Egharevba, P.N., Horrocks, R.D., Zuber, M.S., 1976. Dry Matter Accumulation in Maize in Response to Defoliation. *Agronomy Journal* 68, 40-43.

Field, C.B., Barros, V., Stocker, T., Dahe, Q., Dokken, D., Ebi, K., Mastrandrea, M., Mach, K., Plattner, G., Allen, S., 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.

Fokar, M., Blum, A., Nguyen, H., 1998. Heat tolerance in spring wheat. II. Grain filling. *Euphytica* 104, 9-15.

Gambín, B.L., Borrás, L., Otegui, M.E., 2006. Source-sink relations and kernel weight differences in maize temperate hybrids. *Field Crops Research* 95, 316-326.

Hall, A.E., 1992. Breeding for Heat Tolerance. En: Janick, J. (Ed.), *Plant Breeding Reviews*. John Wiley & Sons, Inc., Riverside, pp. 129-168.

Herrero, M.P., Johnson, R.R., 1980. High temperature stress and pollen viability of maize. *Crop Science* 20, 796-800.

Jandel-Scientific, 1991. Table Curve V 3.0. User's Manual Version 3.0 AISN Software. Jandel-Scientific, Corte Madera, CA.

Jones, R.J., Brenner, M.L., 1987. Distribution of abscisic acid in maize kernel during grain filling. *Plant Physiology* 83, 905-909.

Jones, R.J., Gengenbach, B.G., Cardwell, V.B., 1981. Temperature effects on in vitro kernel development of maize. *Crop Science* 21, 761-766.

Jones, R.J., Ouattar, S., Crookston, R.K., 1984. Thermal environment during endosperm cell division and grain filling in maize: Effects on kernel growth and development in vitro. *Crop Science* 24, 133-137.

Jones, R.J., Simmons, S.R., 1983. Effect of altered source-sink ratio on growth of maize kernels. *Crop Science* 23, 129-134.

Knievel, D.P., Collava, K.O., Smith, R.L., 1984. Maize kernel growth rate and chemical composition response to temperature. *Agronomy Abstracts*, p. 109.

Lobell, D.B., Asner, G.P., 2003. Climate and Management Contributions to Recent Trends in U.S. Agricultural Yields. *Science* 299, 1032.

Lobell, D.B., Field, C.B., 2007. Global scale climate-crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters* 2, 1-7.

Lobell, D.B., Schlenker, W., Costa-Roberts, J., 2011. Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science* 333, 616-620.

Maddonni, G., 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina—a probabilistic approach. *Theoretical and Applied Climatology* 107, 325-345.

Maddonni, G.A., Otegui, M.E., 2004. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. *Field Crops Research* 85, 1-13.

Melchiori, R.J.M., Caviglia, O.P., 2008. Maize kernel growth and kernel water relations as affected by nitrogen supply. *Field Crops Research* 108, 198-205.

Mitchell, J.C., Petolino, J.F., 1988. Heat stress effects on isolated reproductive organs of maize. *Plant Physiology* 133, 625-628.

Muchow, R.C., 1990. Effect of high temperature on grain-growth in field-grown maize. *Field Crops Research* 23, 145-158.

Muchow, R.C., Davis, R., 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment II. Radiation interception and biomass accumulation. *Field Crops Research* 18, 17-30.

Muchow, R.C., Sinclair, T.R., 1994. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field-grown maize and sorghum. *Crop Science* 34, 721-727.

NeSmith, D.S., Ritchie, J.T., 1992. Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water-deficit during grain-filling. *Field Crops Research* 29, 23-35.

Olsen, J.K., McMahon, C.R., Hammer, G.L., 1993. Prediction of Sweet Corn Phenology in Subtropical Environments. *Agronomy Journal* 85, 410-415.

Ouattar, S., Jones, R.J., Crookston, R.K., Kajeiou, M., 1987. Effect of drought on water relations of developing maize kernels. *Crop Science* 27, 730-735.

Penning de Vries, F.W.T., Wiltage, J.M., Gremer, R., 1979. Rates of respiration and of increase in structural dry matter in young wheat, ryegrass and maize plants in relation to temperature, to water stress and to their sugar content. *Annals of Botany* 44, 595-609.

Rattalino Edreira, J.I., Budakli Carpici, E., Sammarro, D., Otegui, M.E., 2011a. Heat stress effects around flowering on kernel set of temperate and tropical maize hybrids. *Field Crops Research* 123, 62-73.

Rattalino Edreira, J.I., Maddonni, G.A., Otegui, M.E., 2011b. Golpe de calor y productividad en maiz: el ambiente y la genética. AAPRESID, pp. 15-20.

Rattalino Edreira, J.I., Mayer, L.I., Otegui, M.E., 2014. Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: Kernel growth, water relations and assimilate availability for grain filling. *Field Crops Research* 166, 162-172.

Rattalino Edreira, J.I., Otegui, M.E., 2012. Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: Differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. *Field Crops Research* 130, 87-98.

Reddy, V.M., Daynard, T.B., 1983. Endosperm characteristics associated with rate of grain filling and kernel size in corn. *Maydica* 28, 339-355.

Reynolds, M.P., Delgado B, M.I., Gutiérrez-Rodríguez, M., Larqué-Saavedra, A., 2000. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment: I: Genetic diversity and crop productivity. *Field Crops Research* 66, 37-50.

Reynolds, M.P., Pierre, C.S., Saad, A.S.I., Vargas, M., Condon, A.G., 2007. Evaluating potential genetic gains in wheat associated with stress-adaptive trait expression in elite genetic resources under drought and heat stress. *Crop Science* 47, S-172-189.

Ritchie, S.W., Hanway, J.J., 1982. How a corn plant crop develops. Spec. Rep. 48. Iowa State Univ. of Sci. and Technol., Coop. Ext. Serv., Ames, IA.

Sadras, V.O., Milroy, S.P., 1996. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: A review. *Field Crops Research* 47, 253-266.

Sakurai, G., Iizumi, T., Yokozawa, M., 2011. Varying temporal and spatial effects of climate on maize and soybean affect yield prediction. *Climate Research* 49, 143-154.

Sala, G.R., Westgate, M.E., Andrade, F.H., 2007. Source/sink ratio and the relationship between maximum water content, maximum volume, and final dry weight of maize kernels. *Field Crops Research* 101, 19-25.

Schlenker, W., Lobell, D., B., 2010. Robust negative impacts of climate change on African agriculture. *Environmental Research Letters* 5, 014010.

Schlenker, W., Roberts, M.J., 2009. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106, 15594-15598.

Schoper, J.B., Lambert, R.J., Vasilas, B.L., 1986. Maize pollen viability and ear receptivity under water and high temperature stress. *Crop Science* 26, 1029-1033.

Schoper, J.B., Lambert, R.J., Vasilas, B.L., Westgate, M.E., 1987. Plant factors controlling seed set in maize. *Plant Physiology* 83, 121-125.

Sinclair, T.R., Muchow, R.C., 1999. Radiation Use Efficiency. En: Donald, L.S. (Ed.), *Advances in Agronomy*. Academic Press, pp. 215-265.

Singletary, G.W., Banisadr, R., Keeling, P.L., 1994. Heat stress during grain filling in maize: Effects on carbohydrate storage and metabolism. *Australian Journal of Agricultural Research* 21, 829-841.

Sinsawat, V., Leipner, J., Stamp, P., Fracheboud, Y., 2004. Effect of heat stress on the photosynthetic apparatus in maize (*Zea mays* L.) grown at control or high temperature. *Environmental and Experimental Botany* 52, 123-129.

Soil Survey Staff. 2010. *Keys to soil taxonomy*, 11th ed. USDA-NRCS, Washington, DC.

Soval-Villa, M., Wood, C.W., Guertal, E.A., 2002. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affected by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. *Journal of Plant Nutrition* 25, 2129-2142.

Sprague, H.B., Curtis, N., 1933. Chlorophyll content as an index of the productive capacity of selfed lines of corn and their hybrids. *Journal of the American Society of Agronomy*.

Stone, P., 2001. The effects of heat stress on cereal yield and quality. *Crop responses and adaptations to temperature stress*, 243-291.

Stone, P.J., Wilson, D.R., Reid, J.B., Gillespie, R.N., 2000. Water deficit effects on sweet corn. I. Water use, radiation use efficiency, growth, and yield. *Australian Journal of Agricultural Research* 52, 103-113.

Tahir, I.S.A., Nakata, N., 2005. Remobilization of Nitrogen and Carbohydrate from Stems of Bread Wheat in Response to Heat Stress during Grain Filling. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191, 106-115.

Tanaka, W., Maddonni, G.Á., 2009. Maize Kernel Oil and Episodes of Shading during the Grain-Filling Period. *Crop Science* 49, 2187-2197.

Tao, F., Yokozawa, M., Liu, J., Zhang, Z., 2008. Climate-crop yield relationships at provincial scales in China and the impacts of recent climate trends. *Climate Research* 38, 83-94.

Thompson, L.M., 1986. Climatic Change, Weather Variability, and Corn Production¹. *Agronomy Journal* 78, 649-653.

Tollenaar, M., Bruulsema, T.W., 1988a. Effects of temperature on rate and duration of kernel dry matter accumulation of maize. *Canadian Journal of Plant Science* 68, 935-940.

Tollenaar, M., Bruulsema, T.W., 1988b. Efficiency of maize dry matter production during periods of complete leaf area expansion. *Agronomy Journal* 80, 580-585.

Tollenaar, M., Daynard, T.B., 1978. Kernel growth and development at two positions on the ear of maize (*Zea mays*). *Canadian Journal of Plant Science* 58, 189-197.

Tollenaar, M., Daynard, T.B., Hunter, R.B., 1979. Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Science* 19, 363-366.

Uhart, S.A., Andrade, F.H., 1995a. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. *Crop Science* 35, 183-190.

Uhart, S.A., Andrade, F.H., 1995b. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. *Crop Science* 35, 1376-1383.

van Ittersum, M.K., Rabbinge, R., 1997. Concept of production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combination. *Field Crops Research* 52, 197-208.

Van Herwaarden, A., Richards, R., Farquhar, G., Angus, J., 1998. 'Haying-off', the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertiliser. III. The influence of water deficit and heat shock. *Australian Journal of Agricultural Research* 49, 1095-1110.

Vega, C.R.C., Andrade, F.H., Sadras, V.O., 2001. Reproductive partitioning and seed set efficiency in soybean, sunflower and maize. *Field Crops Research* 72, 163-175.

Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., Foolad, M.R., Khair, A., 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany* 61, 199-223.

Westgate, M.E., 1994. Water Status and Development of the Maize Endosperm and Embryo during Drought. *Crop Science* 34, 76-83.

Wilhelm, E.P., Mullen, R.E., Keeling, P.L., Singletary, G.W., 1999. Heat stress during grain filling in maize: effects on kernel growth and metabolism. *Crop Science* 39, 1733-1741.

Yemm, E.W., Willis, A.J., 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal* 57, 508-514.

CAPÍTULO 4

PRODUCCIÓN DE CULTIVOS TRANSGÉNICOS.

Terenti Romero, C. M.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Luis. Argentina

| | |
|--|----|
| 1- INTRODUCCIÓN..... | 73 |
| 2- BREVE RESEÑA HISTÓRICA..... | 74 |
| 3- SITUACIÓN MUNDIAL DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS..... | 76 |
| 4- CONSIDERACIONES FINALES | 77 |
| 5- BIBLIOGRAFIA | 80 |

1- INTRODUCCIÓN.

Las plantas transgénicas, cultivos transgénicos o genéticamente modificados (GM), se comenzaron a cultivar comercialmente en 1996 y desde ese entonces su adopción global ha aumentado en forma considerable y con tasas sin precedentes en la historia de la agricultura. Este rápido crecimiento de 1,7 a 125 millones de hectáreas en trece años, de los cuales en el 2015 se cultivaron en Argentina 24,5 millones de hectáreas, (maíz, soja y algodón) (Figura N°4.1), refleja la alta admisión de los productores, a esta tecnología. Estos Cultivos GM ofrecen varios beneficios, tales como la reducción de los costos de producción, mayor flexibilidad en el manejo de los cultivos, disminución en el empleo de agroquímicos, mayor rendimiento y calidad; resistencia a insectos y un incremento de biomasa total. De esta forma, los cultivos transgénicos pueden ser diseñados tomando en cuenta el uso posterior en procesos agroindustriales.

En el mejoramiento clásico de las plantas cultivadas, las características fenotípicas de interés son determinadas por genes, siendo transferidas a la progenie mediante cruzamientos. Estos métodos convencionales de mejoramiento se enfrentan a una serie de problemas, como por ejemplo una

reducción del pool génico, incompatibilidad sexual y un determinado tiempo para que se transfieran los caracteres deseables a los cultivos de interés. Este proceso puede durar décadas en especies bianuales, perennes y altamente heterocigotas. Es por ello que la aplicación de herramientas de biología molecular permitió la producción de plantas con nuevas características, las que no podrían haber sido introducidas por las técnicas de mejoramiento tradicional, debido en muchos casos, a incompatibilidades entre las especies involucradas en el cruzamiento. La combinación de técnicas de biología molecular, cultivo de tejidos y transferencia de genes representa una herramienta poderosa para introducir nuevas características. Existen distintos métodos de obtención de material transgénico, y han sido desarrollados para poder transferir y expresar genes de interés en cultivos. La transferencia de los mismos se realiza principalmente por medio de métodos biológicos con vectores bacterianos o virales y por transferencia directa por métodos físicos como bombardeo génico.

2- BREVE RESEÑA HISTÓRICA

Principales logros obtenidos de la investigación transgénica que se inicia en 1981.

1981. Se obtienen los primeros callos vegetales transgénicos.

1983. Se obtienen cultivos de tabaco transgénicos.

1986. Se realizan por primera vez ensayos de campo de cultivos transgénicos, en EE.UU. y Europa. En EE.UU. la Agencia de Protección Ambiental (EPA) aprueba al tabaco como primer cultivo GM.

1987. Se generan cultivos transgénicos resistentes a insectos y herbicidas. También se obtienen cultivos de algodón GM, y se desarrolla la técnica por transferencia directa (bombardeo génico).

1988. Se modifican genéticamente cultivos de soja y arroz, y comienzan los ensayos a campo con cultivos de tomate transgénico de maduración retardada.

1990. La empresa Calgene (Monsanto) de investigación y desarrollo de biotecnología conduce el primer ensayo de campo exitoso con cultivos de algodón GM (tolerantes al herbicida Bromoxynil), y el investigador Michael Fromm, reporta la modificación genética estable del maíz.

1992. Se anuncia la transformación estable de trigo. Se implementan a nivel mundial alrededor de 400 ensayos de campo con cultivos transgénicos.

1994. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) aprueba el primer cultivo de tomate transgénico utilizado como alimento. Los frutos de tomate transgénico GM permanecen firmes por más tiempo, facilitando su uso en la industria y la comercialización.

1995. La EPA (USA) aprueba la soja tolerante a herbicida.

1996. Se aprueba a nivel mundial la comercialización de los primeros cultivos transgénicos (soja, algodón y maíz). Particularmente en Argentina, se aprueba la comercialización de la soja tolerante a glifosato.

1998. En Argentina, se aprueba la comercialización de maíces GM tolerantes al herbicida glufosinato de amonio y resistentes a lepidópteros, y también el algodón GM resistente a lepidópteros.

2001. En Argentina, se aprueba para su comercialización el algodón GM tolerante al herbicida glifosato.

2003. Siete millones de agricultores siembran 67,7 millones de hectáreas de cultivos GM en 18 países. Argentina ocupa el segundo lugar, con 14 millones de hectáreas de soja, maíz y algodón. La adopción asciende al 98%, 50% y 20% de la superficie total para estos cultivos, respectivamente.

2004. Argentina autoriza el primer maíz tolerante a herbicida, anticipándose por primera vez a una aprobación regulatoria de la Unión Europea.

2005. En Argentina se cumplen 10 años de cultivos GM. Los beneficios económicos a nivel nacional acumulados desde el comienzo de su adopción, en 1996; ascienden a 20 mil millones de dólares.

2006. Los cultivos transgénicos alcanzan las 100 millones de hectáreas en todo el mundo.

2007. Argentina siembra maíz con características acumuladas (resistencia a insectos y tolerancia a herbicida) y Brasil autoriza un maíz GM por primera vez, iniciando una etapa de aceleración en las aprobaciones y en la adopción de transgénicos.

2009. Argentina siembra también algodón con características acumuladas (resistencia a insectos y tolerancia a herbicida) y supera las 20 millones de hectáreas de cultivos GM. La adopción representa el 100% de la soja, el 98% del algodón y el 82% del maíz.

2010. Se cumplen 15 años de cultivos GM en la agricultura argentina. Los beneficios acumulados a nivel nacional alcanzan los 72 mil millones de dólares.

2012. Unos 17 millones de agricultores siembran 170 millones de hectáreas de cultivos GM en 28 países. Argentina ocupa el tercer lugar, con casi 24 millones de hectáreas de soja, maíz y algodón. Argentina autoriza la siembra comercial de maíces con cuatro y cinco genes acumulados para el control de malezas e insectos.

2013. Se aprueban en Argentina para su siembra, consumo y comercialización una soja tolerante al herbicida imidazolinona y un maíz resistente a lepidópteros y tolerante a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio. El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca anuncia la renovación y modernización del marco regulatorio Argentino para organismos genéticamente modificados, que acumula 5 aprobaciones comerciales en soja, 20 en maíz y 3 en algodón, además de superar 1.000 autorizaciones para ensayos a campo.

2014. Se aprueba en Argentina para su siembra, consumo y comercialización un maíz resistente a lepidópteros y tolerante a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio.

2015. Se aprueban en Argentina nuevos cultivos transgénicos para siembra, consumo y comercialización tres en soja, uno tolerante a la sequía; otro tolerante a los herbicidas 2,4 D, glifosato y glufosinato de amonio y por último una soja con alto contenido de ácido oleico y tolerante a los herbicidas inhibidores de acetolactato sintetasa (ALS) y glifosato. También se aprueba una papa resistente al virus Y (sigla en inglés PVY), y un algodón tolerante a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio.

3- SITUACIÓN MUNDIAL DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS

En el año 2015, 28 países cultivaron 179,7 millones de hectáreas con cultivos transgénicos tales como, maíz, soja, algodón, canola, remolacha azucarera, alfalfa, papaya, calabaza, papa (patata), álamo y berenjena. Estados Unidos con 70,9 millones de hectáreas, Brazil 44,2 millones de hectáreas y Argentina 24,5 millones de hectáreas, el resto para los demás países se muestra en la Figura N° 4.2 y Tabla N° 4.1 (James C, 2015).

En la actualidad los cultivos GM son muy eficientes, compitiendo en el mercado de comercialización y exportación de los mismos. Han permitido además reducir el uso de pesticidas.

4- CONSIDERACIONES FINALES

Los avances biotecnológicos han evolucionado rápidamente en los últimos años y siguen evolucionando día a día. La velocidad de adopción de transgénicos en la Argentina se ve reflejada en un incremento considerable de la superficie cultivada siendo actualmente de 24,5 millones de Has de algodón, maíz y soja, con características deseables. Dichos avances, se han logrado mediante la investigación en ingeniería genética y en el empleo de fondos destinados a ese fin. Esta situación ha permitido en pocos años obtener una elevada producción de cultivos transgénicos en 28 países del mundo, que han sido materia prima para la agroindustria y elaboración de productos y sub-productos alimenticios para la población, conteniendo características mejoradas de interés compatibles con la seguridad alimentaria. En este sentido, se estima que los cultivos transgénicos cumplirán un rol muy importante, abasteciendo de agro-alimentos a la población mundial, intensificándose sustentablemente la producción de los mismos.

Visto el avance que ha tenido la investigación sobre organismos GM se estima que estos cultivos cumplen y cumplirán roles de gran importancia en la producción de agroalimentos, para una población cada vez más hambrienta y necesitada principalmente de proteínas y aminoácidos de calidad.

Figura Nº 4.1: Evolución de los cultivos genéticamente modificados en Argentina (en millones de hectáreas) Fuente: Argenbio.

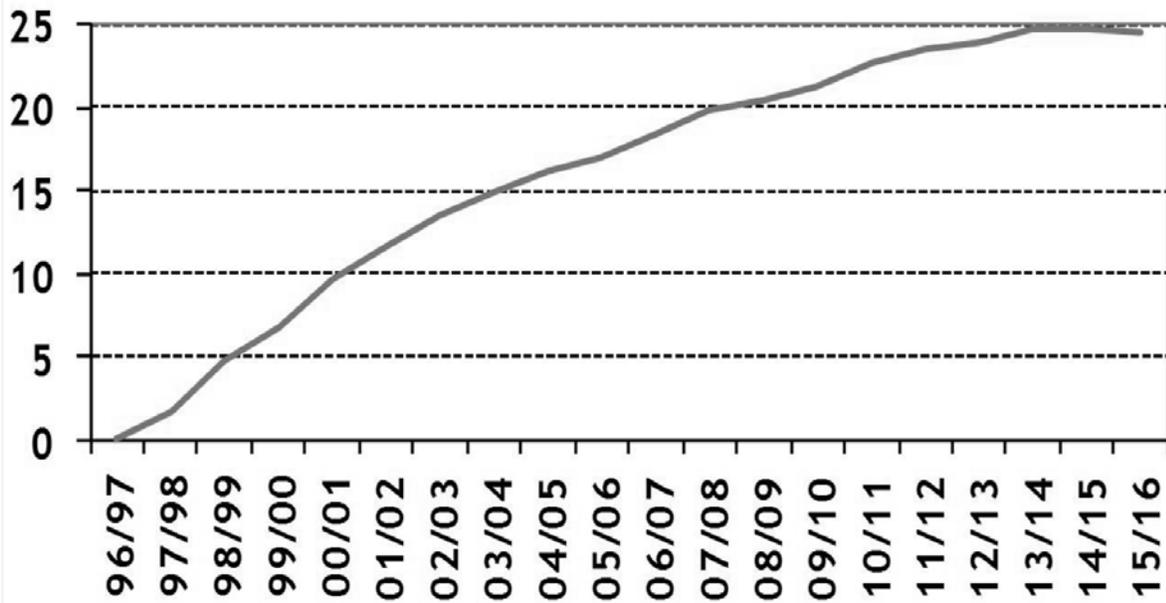


Figura Nº 4.2. Superficie mundial de cultivos GM (1996 – 2015) Biotech en 2015.

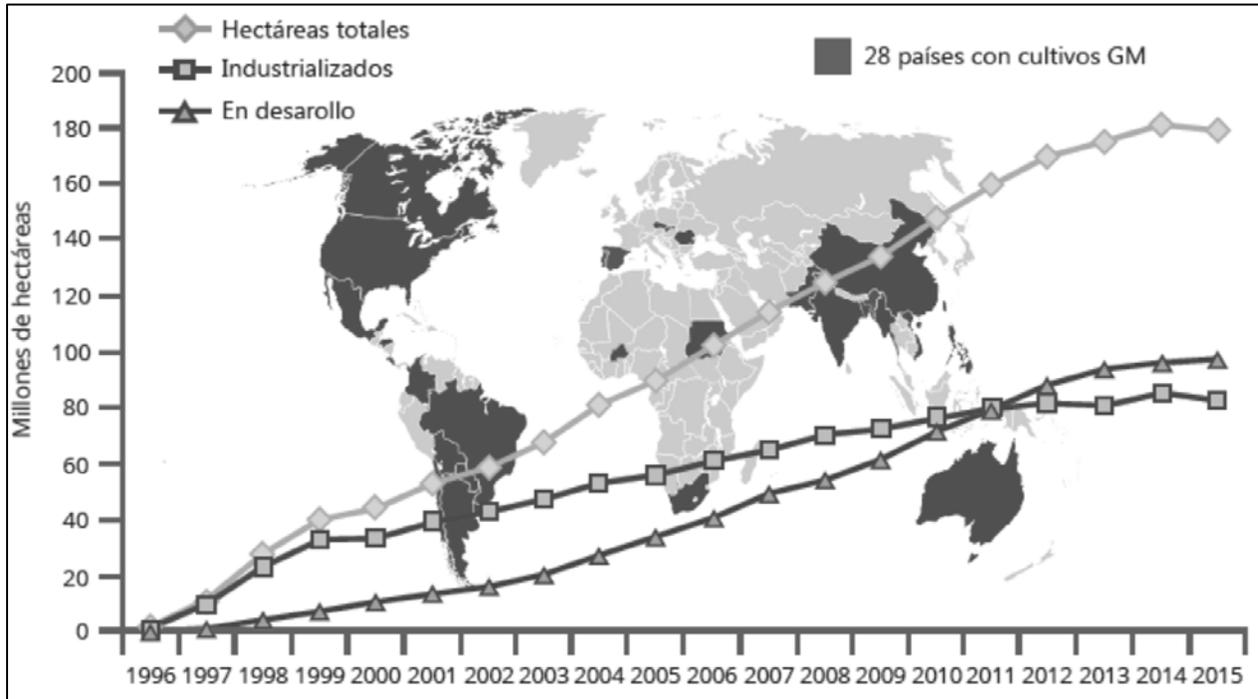


Tabla N° 4.1. Superficie mundial de cultivos GM en 2015.

| PAIS | SUPERFICIE (Millones de Has) | CULTIVOS GM |
|-----------------|------------------------------|---|
| Estados Unidos | 70,9 | Maíz, soja, algodón, canola, remolacha azucarera, alfalfa, papaya, calabaza, papa |
| Brasil | 44,2 | Soja, maíz, algodón |
| Argentina | 24,5 | Soja, maíz, algodón |
| India | 11,6 | Algodón |
| Canadá | 11 | Canola, maíz, soja, remolacha azucarera |
| China | 3,7 | Algodón, papaya, álamo |
| Paraguay | 3,6 | Soja, maíz, algodón |
| Paquistán | 2,9 | Algodón |
| Sudáfrica | 2,3 | Maíz, soja, algodón |
| Uruguay | 1,4 | Soja, maíz |
| Bolivia | 1,1 | Soja |
| Filipinas | 0,7 | Maíz |
| Australia | 0,7 | Algodón, canola |
| Burkina Faso | 0,4 | Algodón |
| Myanmar | 0,3 | Algodón |
| México | 0,1 | Algodón, soja |
| España | 0,1 | Maíz |
| Colombia | 0,1 | Algodón, maíz |
| Sudán | 0,1 | Algodón |
| Honduras | <0,1 | Maíz |
| Chile | <0,1 | Maíz, soja, canola |
| Portugal | <0,1 | Maíz |
| Vietnam | <0,1 | Maíz |
| República Checa | <0,1 | Maíz |
| Eslovaquia | <0,1 | Maíz |
| Costa Rica | <0,1 | Algodón, soja |
| Bangladesh | <0,1 | Berenjena |
| Rumania | <0,1 | Maíz |

5- BIBLIOGRAFIA

Brasileiro A C M, Caneiro V T C 1998. Manual de transformación genética de plantas. EMBRAPA Brasilia 309 pp.

Díaz, Zappacosta, Franzone, Ríos. 2010. II Capitulo 6 Aplicaciones de la transformación genética al mejoramiento vegetal. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. 243 – 258 pp.

James C. 2015. Resumen ejecutivo ISAAA Informe 51 20° aniversario de la comercialización mundial de cultivos biotecnológicos (1996 a 2015) y hechos destacados de cultivos biotecnológicos en 2015. 27 pp.

Terenti Romero C. M. 2014. Tesis Doctoral en Agronomía: Obtención y evaluación de nuevos materiales de pasto llorón (*Eragrostis curvula* - Schrad. Nees) y desarrollo de protocolos biotecnológicos para su utilización en programas de mejoramiento de la especie. UNS. 229 pp.

<http://argenbio.org/index.php> (Revisado 19/06/2016).

<http://www2.uned.es/experto-biotecnologia-alimentos/TrabajosSelecc/TrinidadSanchez.pdf> (Revisado 19/06/2016)

<http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades¬e=712> (Revisado 28/06/2016)

CAPÍTULO 5

RELEVAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE FITOPATÓGENOS PRESENTES EN *DIGITARIA ERIANTHA* STEUDEL. SOBRE PARCELAS FERTILIZADAS CON UREA.

Bravo, M.B.¹; Andrada, N.R.²; Terenti, O.A.¹; Ducasse, D.A.³

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Luis. Argentina.

²Dpto. de Ciencias Agropecuarias. FICA. Universidad Nacional de San Luis.

³IPAVE. CIAP. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Córdoba.

| | |
|--------------------------------|----|
| 1- INTRODUCCIÓN | 81 |
| 3- MATERIALES Y MÉTODOS | 84 |
| 4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 84 |
| 6- CONCLUSIONES | 90 |
| 7- BIBLIOGRAFIA..... | 91 |

1- INTRODUCCIÓN

En el diagnóstico de los problemas fitosanitarios, es muy importante la correcta identificación del agente causal, lo que resulta fundamental para el manejo del problema.

Esto permite generar medidas de control efectivas, optimizar el uso de los recursos, reduce los efectos negativos en el medio ambiente y originan información respecto a la interacción patógeno – hospedante (Rivas Figueredo et al. 2008). Las gramíneas perennes del tipo C4 se destacan por su adaptación a las condiciones ambientales de la provincia de San Luis, y *Digitaria eriantha* ocupa un lugar preponderante como forraje diferido de uso otoño invernal (Veneciano et al. 2006). *D. eriantha*, es perenne, de origen sudafricana, posee resistencia a sequías y versatilidad en cuanto a suelos, tolerando arenosos, arcillosos y franco arenosos bien drenados. Tiene un rápido crecimiento, y es de porte semirrecto alcanzando el metro de altura. El desarrollo de la pastura se

intensifica a partir de diciembre en coincidencia con la fenofase de floración (Veneciano et al. 2006). Presenta buena calidad forrajera y alta palatabilidad, que se ven reflejadas en el aumento del peso diario en novillos y en la preferencia animal por esta especie. Este comportamiento del ganado se verifica tanto en el período de crecimiento como en el estado de cultivo diferido (Veneciano et al. 1999; Veneciano 2006). Si bien es importante durante el verano, también lo es en invierno especialmente en las regiones marginales, ya que cubre los requerimientos de los vientres preñados hasta el último mes de gestación. En los sistemas de cría se comporta como forraje de mantenimiento durante el invierno, y en primavera comienza el aumento de peso que en los meses de verano produce una ganancia de 538 gr/día. Estas características hacen de *D. eriantha* una especie con múltiples posibilidades de ubicación en las cadenas forrajeras para la vaca de cría (Frasinelli et al. 2009; Veneciano et al. 1999). Las especies de tipo C4 poseen alta eficiencia en el uso del agua, y mejoran la productividad cuando existe una buena oferta de nitrógeno por parte del suelo. Asimismo, la fertilización nitrogenada, como el añublo en gramíneas ocasionada por el fitopatógeno *Pyricularia grisea* (Rodrigues dos Santos et al. 2014). Si bien se considera que las especies naturales no corren riesgos sanitarios como otras especies cultivadas, no se han realizados estudios que lo confirmen. Los antecedentes sobre el estado sanitario de pastizales naturales, donde el énfasis se ha puesto en patógenos asociados a semillas de poáceas y limitados a la región fitogeográfica del pastizal pampeano, hacen suponer que en otras regiones fitogeográficas y en nuevas situaciones como interseembra de exóticas, se presentarán patógenos que afecten su productividad. Asimismo, problemas surgidos y abordados en centeno, trigo, avena, sorgo, maíz, alfalfa hacen inferir que en especies megatérmicas implantadas, podrían producirse problemáticas similares. Esto lleva al planteo de un estudio sistemático de las especies fitopatógenas presentes, como condición imprescindible para evaluar su impacto en la productividad forrajera de Poaceas.

2- ANTECEDENTES

Son escasos los antecedentes de patógenos que afectan a esta especie. Se menciona como una enfermedad grave al Pangola stunt virus, PaSV en *Digitaria decumbens* Stent., nombre científico que recibía anteriormente *D. eriantha*, que ha llevado a reducir seriamente la utilidad de este forraje, desde que fue reportado por primera vez en

Surinam en 1960. Este virus es transmitido por un Delfacido, comúnmente llamado “chicharrita”, *Sogatella furcifera* o por *Sogatella kolophon* en Australia. También se ha reportado susceptibilidad a este virus en Puerto Rico (Oaker 1976). En Santo Domingo, Iturbide (1980) hace referencia también al PaSV y considera a la chinche *Blissus leucopterus* como portador del mismo. Este hemíptero, que lleva como nombre vulgar “Chinche de las raíces”, suele infestar a la planta después de una prolongada sequía. El mismo autor menciona a *Curvularia sp.* como organismo fúngico que afecta a *D. eriantha* provocando la enfermedad “Quemazón de la hoja”. Otras enfermedades fúngicas fueron reportadas en Sudáfrica donde la especie se ve afectada por hongos carbones. Respecto a éstos, hay registros de “falso carbón”, *Ephelis sp.* en las panojas, sobre todo en períodos prolongados de humedad (Booth 1972; Vanky 1999). Otras investigaciones en Estados Unidos muestran que la planta también ha sido afectada por *Mycosphaerella tassiana*, *Pyricularia grisea* y *Rhizoctonia solani* (Oaker 1976). Larrusse et al. (2012), mencionan para *Digitaria sp.*, la presencia de la enfermedad “hoja blanca”, ocasionada por el virus Rice Hoja Blanca Virus (RHBV) en países sudamericanos y norteamericanos. Los mismos autores mencionan para especies del mismo género como *Digitaria californica* (Benth.) Henrard sólo dos patógenos en Argentina, *Fusarium spp.* en Tandil, Buenos Aires y la roya producida por *Puccinia esclavensis* en la localidad de Cacheuta, Mendoza. La FAO (Food and Agriculture Organization) menciona al patógeno *Puccinia oahuensis* como causante de una enfermedad generalizada que ocurre en América y Australia y que varía su intensidad de acuerdo a los diferentes genotipos de *Digitaria sp.* (Vanky 1999).

Asimismo, en pasturas tropicales se menciona la presencia de distintos patógenos tales como *Phoma sp.*, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Epicoccum sp.*, *Cladosporium sp.*, *Dreschlera sp.*, *Phyllosticta sp.*, *Curvularia sp.*, *Aspergillus sp.* y *Penicillium sp.*, que no solo afectan la productividad de las pasturas, sino que también pueden afectar los cultivos e inclusive a los animales que los consumen por ser, algunos de ellos, potenciales generadores de micotoxinas (6).

3- MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la EEA INTA San Luis, Villa Mercedes, ubicada en la intersección de las rutas nacionales 7 y 8. Se evaluaron las plantas de parcelas experimentales establecidas con diferentes niveles de fertilización distribuidos en un diseño completamente aleatorizado. Durante la campaña 2012-2013.

Cada parcela tenía una superficie de 6 m² y fueron orientadas de norte a sur. Los tratamientos de fertilización considerados fueron: testigo sin fertilización con dos repeticiones (parcela 3 y 4), fertilización con 100 kg/ha con tres repeticiones (parcela 1, 5 y 7) y 200 kg/ha de urea con dos repeticiones (parcela 2 y 6). El muestro se realizó en cuatro estadios fenológicos, diferido 2012 (E1), vegetativo pleno (E2), vegetativo final (E3) y diferido 2013 (E4). De cada parcela se tomaron cinco plantas al azar, y se realizó la identificación de posibles patógenos y de cada estado fenológico muestreado se sembró en cajas de Petri. Las cajas se inspeccionaron diariamente siguiendo la evolución de cada colonia y observando sus características culturales. Se examinaron micelio, hifas y estructuras reproductivas características de cada hongo. La identificación se realizó por características morfológicas y comparación con bibliografía específica (Agrios 1999; Alexopoulos et al. 1996; Barnett 1955; Booth 1972; Fernandez Valiela 1995; Fernandez Valiela 1979; Haulin 1989; Hawksworth et al. 1996; Rotem 1994). Para el análisis de los datos, se utilizó el software estadístico Infostat.

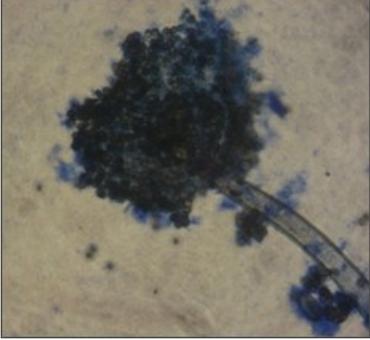
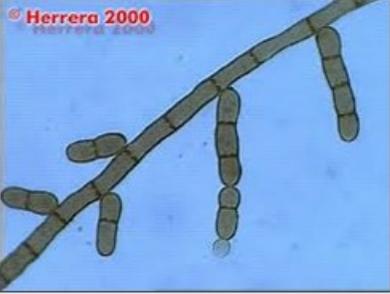
4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron en total doce especies potencialmente patogénicas en la superficie foliar muestreada. Los géneros identificados, no citados en la bibliografía, fueron: *Alternaria sp.*, *Phomopsis sp.*, *Stemphyllum sp.*, *Dothiorella sp.*, *Penicillium sp.*, *Bispora sp.*, *Hormiscium sp.*, *Aspergillus sp.* y *Fusicoccum sp.* Se identificó el género *Fusarium sp.* en todos los estados vegetativos y en los diferidos en concordancia con lo encontrado por Larrusse (2012). Los géneros *Phoma sp.* y *Cladosporium sp.* que aparecieron sólo en los estados vegetativos no han sido citados como tales en la bibliografía pero, por ser anamórficos de *Mycosphaerella sp.* podrían relacionarse con lo encontrado por Oaker (1976). No se encontraron virosis, royas ni carbones por lo que estos resultados no son coincidentes

con las determinaciones realizadas por Iturbide (1980), Quijano (2002), Bogdan (1977) y Vanky (1999).

El listado de géneros identificados con la imagen de sus estructuras se detalla en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Imágenes de los patógenos encontrados en *Digitaria eriantha* en Villa Mercedes, San Luis. Campaña 2012-2013.

| Género | Imagen. |
|--|--|
| <p><i>Alternaria</i> sp.</p> <p>(Imagen propia)</p> |  |
| <p><i>Aspergillus</i> sp.</p> <p>(Imagen propia)</p> |  |
| <p><i>Bispora</i> sp.</p> <p>(Imagen: Herrera.2000. Micro FungalResearch. Western New MexicoUniversity. http://show.wnmu.edu/microfungi/showGallery.php?div=Anamorphic&gen=Bispora&spec=sp&id=196)</p> |  |

Cladosporium sp.

(Imagen: OIRSA 2003. Biblioteca Virtual Fundesyram. <http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=1738>)



Dothiorella sp.

(Imagen: Phillips, A.J.L. 2007. Centro de Recursos Microbiológicos. Universidade Nova de Lisboa. http://www.crem.fct.unl.pt/botryosphaeria_site/Botryosphaeria_sarmentorum_2.htm).



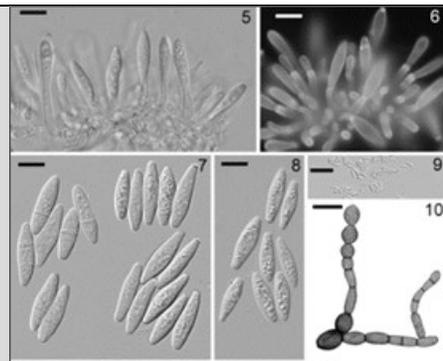
Fusarium sp.

(Imagen propia)



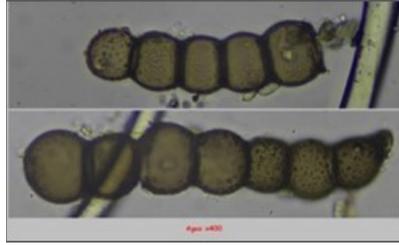
Fusicoccum sp.

(Imagen: Mycologia 2005. Vol. 97. N° 3. 730-741. <http://www.mycologia.org/content/97/3/730/F2.expansion>).



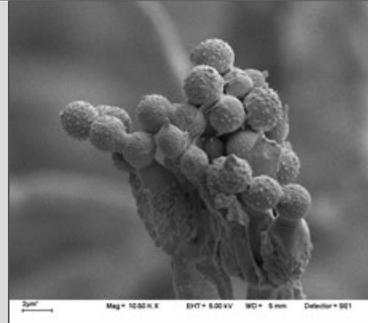
Hormiscium sp.

(Imagen: Estrada, D.2014.Microbotánica Jaen.<http://www.micobotanicajaen.com/Revista/Articulos/DMerinoA/Marruecos001/Marruecos1.html>)



Penicillium sp.

(Imagen propia)



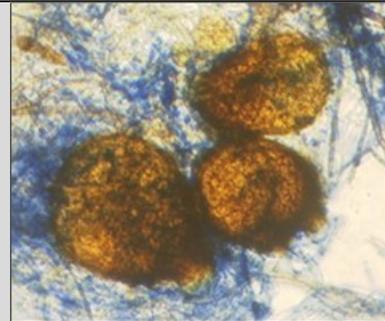
Phoma sp.

(Imagen propia)



Phomopsis sp.

(Imagen propia)



Stemphyllum sp.

(Imagen propia)



Tabla 5.2. Porcentaje de fitopatógenos por estado fenológico y dosis de fertilización.

| | | | |
|-------------------------|------|-------|------|
| Diferido 2012 | 0 | 100 | 200 |
| <i>Alternaria sp.</i> | 13,5 | 5,33 | 3,50 |
| <i>Phomopsis sp.</i> | 6,5 | 11,67 | 10 |
| <i>Stemphyllum sp.</i> | 0 | 0 | 6,5 |
| <i>Fusarium sp.</i> | 2 | 2,44 | 2 |
| <i>Dothiorella sp.</i> | 0 | 6 | 0 |
| <i>Penicillium sp.</i> | 0 | 3,33 | 2,5 |
| <i>Bispora sp.</i> | 0 | 2 | 2,5 |
| <i>Hormiscium sp.</i> | 0 | 2 | 1,5 |
| <i>Phoma sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Aspergillus sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Fusicoccum sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Cladosporium sp.</i> | 0 | 0 | 0 |

| | | | |
|-------------------------|------|-------|-------|
| Vegetativo Pleno | 0 | 100 | 200 |
| <i>Alternaria sp.</i> | 16,5 | 12 | 11,50 |
| <i>Phomopsis sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Stemphyllum sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Fusarium sp.</i> | 5,5 | 2,67 | 4 |
| <i>Dothiorella sp.</i> | 1 | 0 | 0 |
| <i>Penicillium sp.</i> | 2,11 | 3,33 | 11 |
| <i>Bispora sp.</i> | 2,5 | 3,5 | 2 |
| <i>Hormiscium sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Phoma sp.</i> | 16 | 10,67 | 9 |
| <i>Aspergillus sp.</i> | 0,5 | 6,67 | 6 |
| <i>Fusicoccum sp.</i> | 3,5 | 1,67 | 3,5 |
| <i>Cladosporium sp.</i> | 4,5 | 2,67 | 0 |

| | | | |
|-------------------------|------|------|-------|
| Vegetativo Final | 0 | 100 | 200 |
| <i>Alternaria sp.</i> | 7,5 | 11 | 14,50 |
| <i>Phomopsis sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Stemphyllum sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Fusarium sp.</i> | 2 | 1,11 | 1 |
| <i>Dothiorella sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Penicillium sp.</i> | 9,5 | 3,11 | 4,5 |
| <i>Bispora sp.</i> | 2,5 | 0 | 0 |
| <i>Hormiscium sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Phoma sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Aspergillus sp.</i> | 7,5 | 6,85 | 13 |
| <i>Fusicoccum sp.</i> | 3 | 0 | 0 |
| <i>Cladosporium sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| Diferido 2013 | 0 | 100 | 200 |
| <i>Alternaria sp.</i> | 5,5 | 6,67 | 12,00 |
| <i>Phomopsis sp.</i> | 1,50 | 1,33 | 0 |
| <i>Stemphyllum sp.</i> | 2,5 | 2 | 3,5 |
| <i>Fusarium sp.</i> | 10,5 | 9 | 8,5 |
| <i>Dothiorella sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Penicillium sp.</i> | 5,5 | 5 | 6,5 |
| <i>Bispora sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Hormiscium sp.</i> | 0 | 0 | 1 |
| <i>Phoma sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Aspergillus sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Fusicoccum sp.</i> | 0 | 0 | 0 |
| <i>Cladosporium sp.</i> | 0 | 0 | 0 |

Los datos fueron analizados con modelos de distribución Poisson y un enlace logarítmico, teniendo en cuenta los porcentajes como datos de conteo. Las medias se compararon con la Prueba Di Rienzo, Guzmán y Casanovés (DGC).

Tabla 5.3: Incidencia de patógenos y su significancia para fertilización (tratamiento) y estados fenológicos (estados).

| Patógenos | p- valor | Variable | |
|-------------------------|-------------------|-------------|------------------------|
| <i>Alternaria sp.</i> | sin significancia | | |
| <i>Phomopsis sp.</i> | <0,0001 | ESTADO | Diferido 2012 |
| | 0,0002 | ESTADO | Diferido 2013 |
| <i>Stemphyllum sp.</i> | 0,0145 | TRATAMIENTO | 200 kg/ha |
| <i>Fusarium sp.</i> | <0,0001 | ESTADO | Diferido 2013 |
| | 0,0034 | ESTADO | Dif. 2012 y Veg. Pleno |
| <i>Dothiorella sp.</i> | 0,0081 | TRATAMIENTO | 100 y 0 kg/ha |
| | 0,0169 | EST * TRAT | V.pleno * 200 kg/ha |
| <i>Penicillium sp.</i> | | | V.final *0 kg/ha |
| <i>Bispora sp.</i> | 0,0072 | ESTADO | V. pleno |
| <i>Hormiscium sp.</i> | 0,0112 | ESTADO | Diferido 2012 |
| <i>Phoma sp.</i> | <0,0001 | ESTADO | V. pleno |
| <i>Aspergillus sp.</i> | <0,0001 | ESTADO | V. final |
| <i>Fusicoccum sp.</i> | 0,0001 | ESTADO | V. pleno |
| <i>Cladosporium sp.</i> | 0,0002 | ESTADO | V. pleno |

Se observa que la variable “estado” (estados fenológicos) presenta significancia para todos los patógenos encontrados. Asimismo, en el estado vegetativo pleno se encuentra la mayor diversidad de especies fitopatógenas. Esto lleva a inferir que la variable “tratamiento” (niveles de fertilización) no afecta en la aparición de estos hongos. Esto se relaciona con lo afirmado por Rodrigues dos Santos et al. 2014, quien menciona que la fertilización provoca una reducción de la severidad de algunas enfermedades.

6- CONCLUSIONES

Mediante el relevamiento de patógenos se encontraron doce géneros diferentes de especies potencialmente patogénicas. No fueron encontrados virus y otros patógenos de importancia citados en la bibliografía. La fenología de *D. eriantha* influye en el estado sanitario de la especie. El estado vegetativo pleno es en el cual se encontró la mayor

incidencia de estos patógenos. Los géneros de especies predominantes y potencialmente patogénicas predominantes fueron *Phomopsis*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. Los estudios realizados deberán continuarse en el futuro mediante la realización de las pruebas de patogenicidad para cada género y el relevamiento en semillas. La información generada por este trabajo sobre la aparición de patógenos en *D. eriantha* reviste gran importancia para la región. El estado fenológico de mayor importancia (vegetativo pleno) fue el más afectado y podría disminuir la masa foliar en el período totalmente aprovechable por el animal donde se obtienen las mayores ganancias de peso.

Tres de los fitopatógenos determinados (*Aspergillus sp*, *Penicillium sp* y *Fusarium sp*) son potenciales generadores de micotoxinas, y resulta importante diferenciarlos para tomar precauciones al momento de suministrar el forraje como alimento para el ganado.

7- BIBLIOGRAFIA

Agrios, G.N. 1999. Fitopatología. Ed. LIMUSA.

Alexopoulos, C.J.; Mims, D.W.; Blackwell, M. 1996. Introductory Mycology. Ed. J.W. & Sons, INC.

Barnett, H.L. Illustrated Genera of Imperfecti-Fungi. Burgess Publishing CO. 218 pp.

Bogdan, A.V., 1977. Tropical Pasture and Fodder Plants: (Grasses and Legumes). Longman Group (Far East) – Science – 475 pages.

Booth, C. 1972. Fusarium Laboratory Guide to the identification of the Major Species. Commonwealth Mycological Institute. England.

Chaluat Madia M. de; Perris, S. 1994. Hongos patógenos en semillas de especies forrajeras tropicales. Pasturas tropicales. Vol. 16. N°1.

Fernandez Valiela, M.V. 1995. Virus patógenos de las plantas Vol. I -II. INTA.

Fernandez Valiela, M.V. 1979. Introducción a la Fitopatología Vol III INTA.

Frasinelli, C.A.; Bonatti, R.; Belgrano Rawson, A.; Veneciano, J.H.; Rossanigo, C., 2009. Incorporación de tecnologías de manejo en los sistemas ganaderos de la región árida y semiárida. Seminarios regionales. IPCVA. Villa Mercedes, San Luis.

Haulin, R.T. 1989. Illustrated genera of Ascomycetes. APS PRESS.

Hawksworth, D.L.; Kirk, P.M.; Sutton, B.C.; Pegler, D.N. 1996. Dictionary of the Fungy. Internacional Mycological Institute CAB Internacional.

InfoStat (2004). InfoStat, version 2004. Manual del usuario. Grupo InfoStat FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. Pp. 57. 79.

Iturbide, Angel.C.. 1980. Apuntes sobre Pasturas Tropicales. Secretaria de Estado de Agricultura. Instituto de Ciencias Agrícolas, IICA. Subsecretaría de Investigación, Extensión y Capacitación Agropecuarias. Departamento de Investigación Agropecuaria. Santo Domingo. D.N.

Larrusse, A.S.; Andrada, N.R.; 2012. Directorio de patógenos en poáceas naturales. Universidad Nacional de San Luis. Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico - Sociales. Departamento de Ciencias Agropecuarias. Editorial "El Tabaquillo". 84 páginas.

Oaker, A. J.; 1976. Las fuentes de resistencia a enfermedades en Digitaria. Agricultura Tropical. Vol. 53. Nº1. Pp. 1-13.

Quijano, Y.; 2002. Servicio de Extensión Agrícola. Universidad de Puerto Rico. Recinto de Mayagüez. Colegio de Ciencias Agrícolas.

Rivas Figueredo, E.; de Armas Vargas, Y.; Elias Barreto, R.R.; Alonso Hernández, L.; Ramírez Medina, M.V.; Drake Espinosa, L.; Medina Salas, R.; 2008. El Diagnóstico y su papel en la fitoprotección. Temas de Ciencia y Tecnología. Vol. 12. Nº 35. Pp. 47-54.

Rodrigues dos Santos, G.; de Castro Neto, M.D.; Rodrigues, A.C.; Bonifacio, A.; Korndorfer, G.H. 2014. Fertilização silicatada e nitrogenada no controle da brusone do arroz em sistema irrigado. Revista Caatinga. Universidade Federal Rural do Semiárido. ISSN 1983-2125. Brasil.

Rotem, J. 1994. The genus *Alternaria*. Biology, Epidemiology and Pathogenicity. APS PRESS.

Vanky, K. 1999. New smut fungi from South Africa. *Mycotaxon* 70, pp. 17-34.

Veneciano, J.; Frasinelli, C.A.; Martínez Ferrer, J.; Terenti, O.; Garay, J. 1999. 3ª Jornada Técnica sobre Digigrass (*Digitaria eriantha*). Sitio Argentino de Producción Animal.

Veneciano, J.H. 2006. Gramíneas estivales perennes para ambientes semiáridos. Características y productividad. Información Técnica nº 171. EEA INTA San Luis.

Veneciano, J.H.; Frigerio, K.L.; Frasinelli, C.A. 2006. Acumulación de forraje e indicadores de calidad en *Digitaria eriantha* cv. Irene bajo distintas frecuencias de defoliación. *RIA*, 35(3):121-133. EEA INTA San Luis.

CAPÍTULO 6

BALANCE HÍDRICO DE DIFERENTES ESCENARIOS EN LA CUENCA EL MORRO, SAN LUIS.

Saenz, C. A.; Rusoci, N.E. y Colazo, J. C.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Luis. Argentina

| | |
|--|-----|
| 1- INTRODUCCIÓN | 95 |
| 2- BALANCE HÍDRICO DE CULTIVOS..... | 99 |
| 3- BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA | 102 |
| 4- SITUACIÓN ACTUAL DE LA CUENCA | 102 |
| 5- PROPUESTAS DE MEJORA..... | 103 |
| 6- CONSIDERACIONES FINALES | 106 |
| 7- BIBLIOGRAFÍA | 106 |

1- INTRODUCCIÓN

La distribución de las precipitaciones en la Provincia sigue un régimen monzónico, la mayoría de las precipitaciones se producen durante el verano, con un marcado descenso de lluvias de este a oeste. Las zonas de mayor nivel de lluvia están asociadas con las Sierras de San Luis y Sierras de Comechingones (Ivkovic et al. 2000).

La cuenca sur del cerro El Morro se ubica en el sector noreste del departamento Pedernera en la provincia de San Luis y constituye una subcuenca del sistema hidrológico del río Quinto. La superficie de la cuenca es de 220.000 ha (Figura 6.1). Puede ser dividida en cuatro subcuencas: Zanjón del Cerro Negro, La Guardia, Río Nuevo y El Quebrachal. En la figura 6.2 se presenta la ubicación y superficie de cada una de ellas.

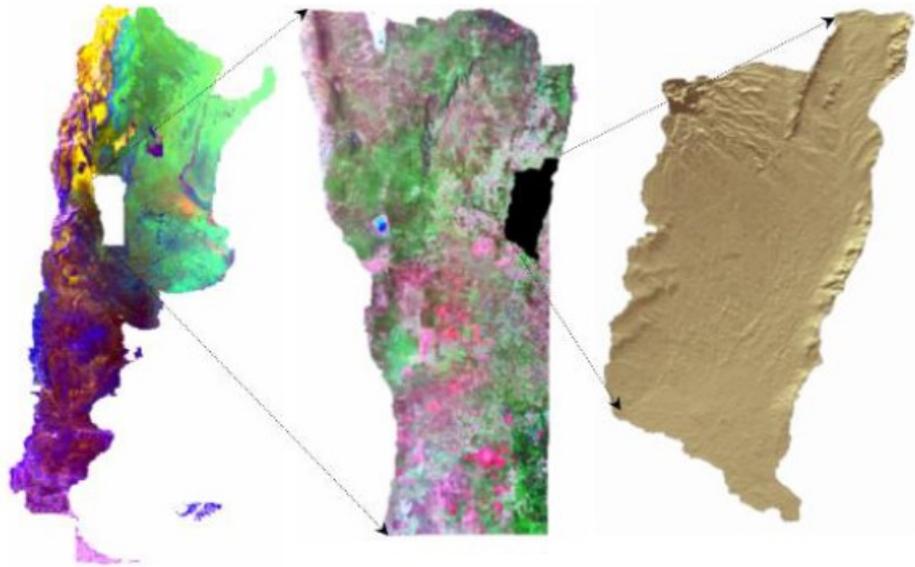


Figura 6.1: Localización de la cuenca El Morro (Galván et al. 2010).



Figura 6.2: Ubicación y superficie de las subcuencas. Adaptado de Galván et al. (2010).

Los suelos son aptos para ganadería con restricciones de uso para agricultura, debido a la susceptibilidad a erosión hídrica y eólica, por lo que requieren prácticas de manejo y conservación.

Estos suelos constituidos por arenas de origen eólico son muy permeables. Por ende, la recarga de agua hacia napas subterráneas es rápida y predominan los procesos relacionados al transporte de agua subterránea.

En la parte baja de la cuenca el agua subterránea se encuentra a menos de 5 m de profundidad, si bien en esta zona la napa aporta agua a los cultivos la misma tiene una conductividad eléctrica de 4 dS m^{-1} (deciSiemens por metro) por lo que su utilización es condicionada por la salinidad que presenta (Saenz 2008).

En la Figura 3 se representa la cuenca con sus principales procesos hidrológicos, la alta permeabilidad de sus sedimentos determina que el agua subterránea sea muy importante en el funcionamiento hídrico de la misma. Aproximadamente a 700 msnm, se produce la aparición de nuevos cursos de agua que involucran procesos de cambio en el transporte de agua, suelos, sedimentos y sales que tienen distintas velocidades de ocurrencia y que se vinculan entre sí (Consejo Federal de Ciencia, Técnica, Desarrollo e Innovación 2015).

Estos cursos generan diversos daños sobre el sistema productivo e infraestructura presentes en la cuenca. Se producen impactos puntuales por erosión o sedimentación producto del escurrimiento superficial. Pero la elevación del nivel freático genera daños difusos por anegamiento y salinización muy severos en una amplia superficie.

Entre las causas que generan este proceso podemos mencionar la acumulación de excedentes hídricos producto de un incremento en las precipitaciones, a razón de 2 mm año^{-1} durante el último siglo; una predisposición geológica y un cambio en el uso de la tierra (Consejo Federal de Ciencia, Técnica, Desarrollo e Innovación, 2015). Este cambio de uso de la tierra representó un avance de la frontera agrícola y el incremento de especies anuales en la rotación de cultivos, principalmente motivada por cambios tecnológicos ocurridos durante la década del 90 mediante la adopción del sistema de siembra directa en la zona.

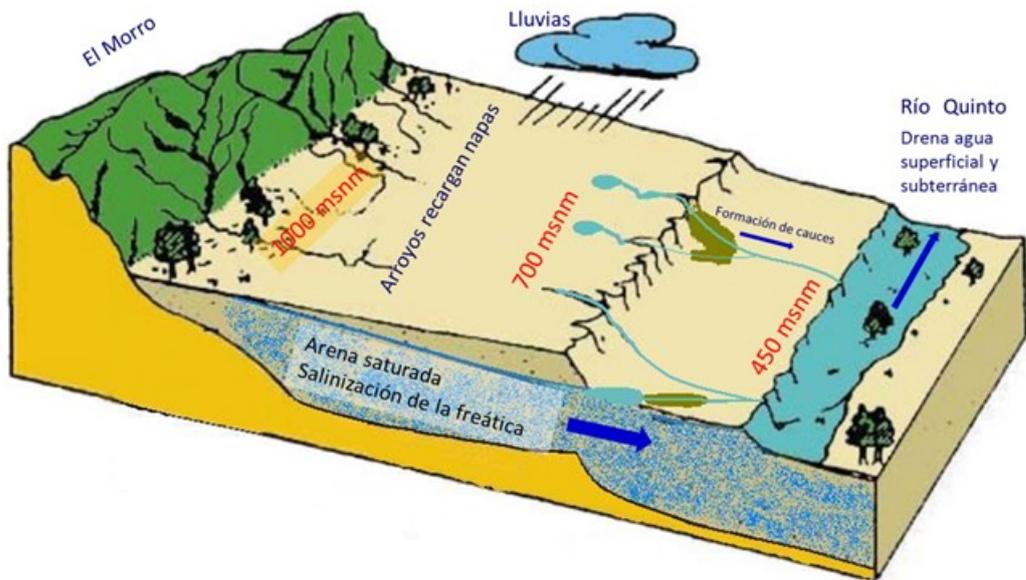


Figura 6.3: Representación de la Cuenca El Morro.

Actualmente en esta área el 77 % de la superficie es agrícola, el 21 % es compuesto por zonas de bosque, salinizadas o afectadas por los cursos de agua y 2 % de pasturas en base a alfalfa que se encuentran principalmente en la parte baja de la cuenca.

Tanto las causas de la problemática de la cuenca como las medidas de mitigación son múltiples. Para atenuar los excesos hídricos, una de las principales herramientas que podemos utilizar es el bio-drenaje, es decir el aumento del consumo de agua por parte de la vegetación, en toda la cuenca y durante todo el año.

Esto implica la aplicación de coberturas verdes intercaladas entre los cultivos de verano, un incremento de la superficie destinada a praderas perennes, y la estabilización de los cursos de agua y las vaguadas mediante pasturas y forestación.

Los cultivos de cobertura (CC) invernal como alternativa a los barbechos largos de invierno son una herramienta de mejora al balance hídrico regional. En la región se pueden utilizar cereales de invierno, de ellos el centeno es el que mejor se adapta. Los cultivos de cobertura tienen múltiples beneficios. Consumen agua del perfil durante el invierno, permiten anclar los rastrojos de los cultivos de verano reduciendo los riesgos de erosión eólica y realizan un aporte importante de carbono al suelo, principalmente a través de sus raíces.

Los cultivos de cobertura tienen una influencia significativa sobre la población de malezas, lo cual permitiría un menor uso de herbicidas (frecuencia de aplicaciones y/o dosis).

Las praderas de alfalfa puras o consociadas constituyen un recurso muy importante para consumir agua, ante la presencia de napa freática cercana a la profundidad de sus raíces, logran consumos de agua y rendimientos a niveles cercanos a los potenciales (Salgado 2011).

El drenaje profundo bajo pasturas de alfalfa tendría un comportamiento similar al de los bosques semiáridos, por lo que representan una alternativa de uso de la tierra en rotación con cultivos anuales (Santoni 2012).

Otra alternativa para estabilizar la cuenca es la inclusión de especies forestales que aportan un importante uso de agua de lluvia y freática, colaborando con la estabilización del suelo.

2- BALANCE HÍDRICO DE CULTIVOS

Se realizó el balance hídrico por subcuenca utilizando como modelo de simulación la planilla de balance hídrico para riego desarrollada por INTA Manfredi (Martellotto et al. 2004).

Con esta herramienta se utilizaron los datos meteorológicos históricos de INTA San Luis, con los que se calculó el año meteorológico típico (Domínguez et al. 2015).

Para determinar el consumo de agua de cada cultivo en relación a la evapotranspiración potencial se utilizaron los valores de k_c (factor de corrección por cultivo) de cultivo propuestos por FAO, 2002 (tabla 6.1).

Se modelaron los balances hídricos para los dos cultivos agrícolas principales que se realizan en la cuenca, soja y maíz, para cuatro fechas de siembra posibles. Los resultados de estos balances se promediaron para cada cultivo.

Tabla 6.1: Valores de Kc de cultivos en distintas etapas fenológicas (FAO, 2002).

| Cultivo | Estados de desarrollo del cultivo (kc) | | | | | Kc medio |
|---------|--|-------------------|----------------|------------------|---------------|-----------|
| | Inicial | Estado vegetativo | Media estación | Etapas avanzadas | Hacia cosecha | |
| Alfalfa | 0,3-0,4 | | | | | 0,85-1,05 |
| Maíz | 0,3-0,5 | 0,7-0,85 | 1,05-1,2 | 0,8-0,95 | 0,5-0,6 | 0,75-0,9 |
| Soja | | | 1,15 | | 0,5 | |
| Trigo | 0,3-0,4 | 0,7-0,8 | 1,05-1,2 | 0,65-0,75 | 0,2-0,25 | 0,8-0,9 |

En años promedio, al finalizar los cultivos de verano se generan excedentes hídricos durante el otoño que producen la recarga de las napas freáticas, por lo que se sugiere el uso de cultivos de cobertura invernal para utilizar estos excedentes. Para el cálculo de consumo de agua por los cultivos de cobertura invernal se utilizaron los valores para trigo, cotejándolos con datos de campo obtenidos localmente en ensayos de cultivos de cobertura.

Estos excedentes hídricos de otoño, sumados a las precipitaciones durante el invierno no alcanzan a cubrir la demanda potencial de los cultivos de cobertura por lo que sufren déficit hídrico y alcanzan un consumo medio de 133 mm, aunque su capacidad potencial de consumo es de 336 mm. Esta situación nos permitiría afrontar excesos hídricos en inviernos húmedos mejorando la cobertura, las condiciones de piso a cosecha y aportando carbono al suelo.

A los efectos de iniciar el balance, para los cultivos agrícolas se consideraron 80 mm de agua útil disponibles en el perfil al momento de la siembra y en el caso de cultivos de cobertura 16 mm.

En el balance hídrico de praderas en base a alfalfa se considera que el consumo de agua es similar a la del monte nativo o forestación, con la salvedad que las especies forestales tienen la posibilidad de extraer agua de la napa desde mayor profundidad. En el caso de praderas en base a alfalfa la limitante es la temperatura invernal debido a que la alfalfa consume agua durante todo el año, mientras que los bosques nativos son perennifolios y su estrato arbóreo no consume agua durante el invierno.

Las pasturas de alfalfa se pueden consociar con especies de invierno de modo de incrementar su consumo de agua. No se tuvo en cuenta el agua útil presente en el perfil al momento de la siembra por tratarse de pasturas perennes. Se puede

considerar que el balance corresponde al 2 año por lo que se estimó el consumo a partir de septiembre.

La alfalfa tiene un kc medio de 0,95 y sus raíces exploran el perfil hasta 3,5 m de profundidad. Dentro de la cuenca las zonas con la freática a menos de 5 m de profundidad contienen agua salina por lo que restringen la producción de forraje y el consumo de agua freática por parte de la pastura aproximadamente en un 50 %.

A los fines de realizar el balance hídrico de la pastura de alfalfa se considera que tiene potencial de evapotranspirar el total de la lluvia media anual de 804 mm. A este consumo de agua se le suma el uso de agua desde la napa, considerando que por ser salina representa 258 mm año⁻¹. Se considera que el consumo anual de un cultivo de alfalfa en la cuenca es de 1062 mm.

En la tabla 6.2 se presenta el resultado de los diferentes balances hídricos simulados. La evapotranspiración del cultivo (Etc), representa el consumo hídrico de cada cultivo.

Tabla 6.2: Balance hídrico para los principales cultivos de la cuenca. Agua útil a la siembra (AUs), evapotranspiración del cultivo (Etc), precipitaciones durante el ciclo (PPc), precipitaciones anuales (PPa) y Balance hídrico anual (BHa). Todos los datos están expresados en mm.

| Cultivo | Fecha de siembra | AUs | Etc | PPc | PPa | BHa |
|----------------------|------------------|-----|------|-----|-----|------|
| Soja | 15-Oct | 80 | 644 | 564 | 804 | 160 |
| | 01-Nov | 80 | 574 | 494 | 804 | 230 |
| | 15-Nov | 80 | 527 | 447 | 804 | 277 |
| | 01-Dic | 80 | 580 | 500 | 804 | 224 |
| Maíz | 15-Oct | 80 | 522 | 442 | 804 | 282 |
| | 01-Nov | 80 | 517 | 437 | 804 | 287 |
| | 15-Nov | 80 | 527 | 447 | 804 | 277 |
| | 01-Dic | 80 | 580 | 500 | 804 | 224 |
| Alfalfa | 01-Sep | 0 | 1062 | 804 | 804 | -258 |
| Cultivo de cobertura | 01-Abr | 16 | 149 | 133 | 0 | 0 |

3- BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA

Para mitigar la problemática de la cuenca, se deben tener en cuenta las condiciones meteorológicas medias y tomar medidas que favorezcan el consumo regional de agua. El impacto de estas medidas se debe evaluar a escala de cuenca. Mientras que la sumatoria de las decisiones de manejo predial contribuirá al consumo total de agua.

Se evaluaron diferentes combinaciones de uso de la tierra bajo distintos escenarios a nivel de cuenca. Se convirtió el resultado del balance hídrico por cultivo, llevándolo a volumen de agua consumido por hectárea ($\text{hm}^3 \text{ha}^{-1}$). En el caso de los cultivos de soja y maíz se promedió el balance hídrico de las diferentes fechas de siembra analizadas. En la tabla 6.3 se presenta el consumo hídrico en $\text{hm}^3 \text{ha}^{-1}$ para los diferentes tipos de cultivo.

Tabla 6.3: Consumo hídrico para los principales cultivos de la cuenca.

| Cultivo | Consumo de agua ($\text{hm}^3 \text{ha}^{-1}$) |
|----------------------|--|
| Soja | 0,00566 |
| Maíz | 0,00536 |
| Alfalfa | 0,01062 |
| Cultivo de cobertura | 0,00133 |

4- SITUACIÓN ACTUAL DE LA CUENCA

En la tabla 6.4 se presenta la superficie total de cada subcuenca y la proporción y superficie no agrícola estimada de acuerdo a imágenes satelitales actuales de Google Earth y Landsat Viewer. Se entiende como superficie no agrícola el bosque natural, zona de bajos con vegetación natural y superficie de pasturas implantadas. La superficie con pastura en base a alfalfa se estimó por separado.

Actualmente en la cuenca existe un 77 % de agricultura, los dos cultivos agrícolas principales, soja y maíz representan 60 % y 40 % respectivamente de la superficie agrícola. Del resto, 21 % es área no agrícola y completan la situación 2 % de pasturas en base a alfalfa que se encuentran principalmente en la parte baja de la cuenca.

Tabla 6.4: Superficie total y no agrícola por subcuenca.

| Subcuenca | Superficie (ha) | No agrícola (%) | No agrícola (ha) |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Zanjón del Cerro Negro | 67821 | 9,5 | 6104 |
| La Guardia | 46161 | 23,5 | 10155 |
| Río Nuevo | 56125 | 27,5 | 11225 |
| El Quebrachal - Villa Mercedes | 43229 | 37,5 | 15130 |
| Total | 213336 | 23,0 | 42614 |

El resultado del balance hídrico de la cuenca se expone como volumen medio de agua excedente, actualmente es de 284 hm³ lo que representa un caudal excedente de 9 m³ s⁻¹ que escurren hacia el río Quinto generando la problemática actual (Figura 6.4).

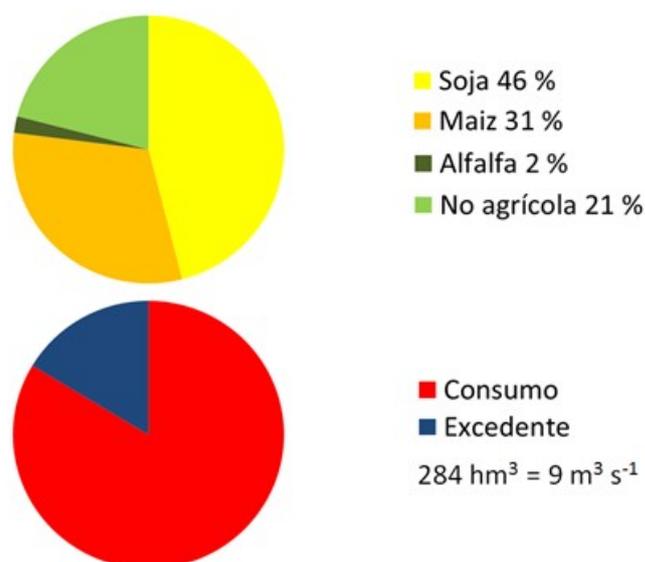


Figura 6.4: Porcentaje de uso del suelo en el gráfico superior y balance hídrico de la situación actual de la Cuenca El Morro en función del aporte de las precipitaciones medias.

5- PROPUESTAS DE MEJORA

Escenario 1: Esta propuesta considera modificaciones al uso actual del suelo, la incorporación de forestación en el 5 % de la superficie de la cuenca y la incorporación de cultivo de cobertura como sucesor de la totalidad del cultivo de soja que se realiza anualmente.

A los efectos de generar el balance hídrico de la situación propuesta se considera que la forestación tiene un consumo de agua similar a una pastura de alfalfa, en el caso de especies perennifolias como por ejemplo el género Eucaliptus, pero esto variará en función de la especie forestal. Se considera que la superficie forestal se implantará 3 % sobre superficie no agrícola y 2 % sobre superficie agrícola, por ende la superficie no agrícola se incrementará 2%. Esta propuesta permitiría reducir 52 % los excedentes hídricos de la cuenca, como se muestra en la figura 6.5, donde el caudal excedente será de $4,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Esto demuestra que la inclusión de cultivos de cobertura en una superficie importante de la cuenca regula los excedentes hídricos ya que evitan que entre 100 y 200 $\text{mm} \text{ año}^{-1}$ recarguen las napas (Quiroga 2016). Si bien esto concuerda con los trabajos que afirman que utilizando cultivos anuales no es suficiente para revertir completamente los excesos hídricos (Bertram y Chiachera 2016), la utilización de los mismos tiene la ventaja de producir efectos en el corto plazo.

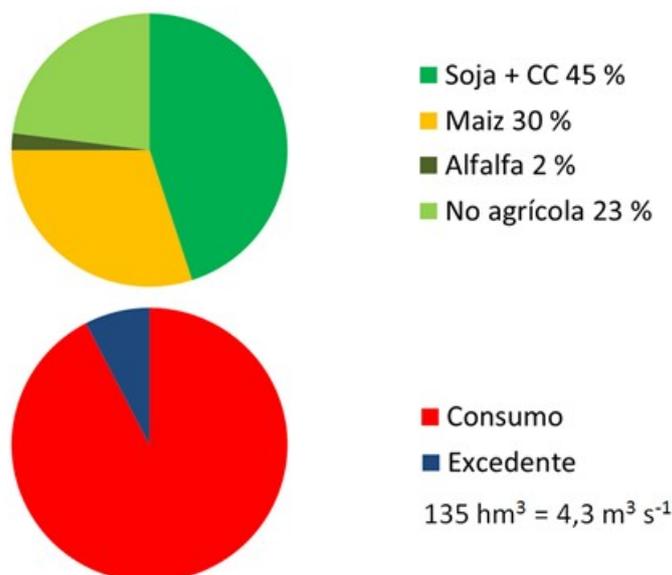


Figura 6.5: Porcentaje de uso del suelo en el gráfico superior y balance hídrico del Escenario 1 en función del aporte de las precipitaciones medias.

Escenario 2: La segunda alternativa de mejora evaluada, es utilizar cultivos de cobertura como cultivo sucesor en el 70 % de la superficie sembrada con soja. Mantener el 5 % de la superficie forestada, principalmente con el objetivo de estabilizar los sedimentos dentro de los cauces, e incrementar la superficie destinada a pasturas perennes en base a alfalfa hasta un 20 % de la superficie de la cuenca. En zonas con

la freática a 1,5 - 3 m de profundidad puede utilizarse alfalfa pura, donde la freática este a menor profundidad se puede consociar alfalfa con agropiro o festuca para incrementar el consumo de agua y favorecer el balance salino en la superficie del suelo.

El balance hídrico de la combinación planteada para este escenario permite eliminar los excedentes hídricos, logrando un balance hídrico neutro (Figura 6.6). La comparación de sitios bajo pasturas perennes con sistemas basados en cultivos anuales en regiones sub-húmedas muestra que los primeros poseen una mayor evapotranspiración, una mayor profundidad del nivel freático y menor riesgo a inundaciones (Nosetto et al. 2015). Este tipo de pasturas en base a alfalfa permitirían incrementar en poco tiempo la evapotranspiración mitigando la problemática actual, alcanzando dentro del año su potencial de consumo de agua. Son utilizadas actualmente en los sistemas productivos de la región, principalmente destinadas a ganadería. Para llevar a la práctica un incremento en la superficie de pasturas es necesario contar con políticas públicas que favorezcan la actividad ganadera. O en su defecto la incorporación de agroindustria local que utilice alfalfa como insumo, esto generaría una mayor demanda local que sería favorable para incrementar su uso.

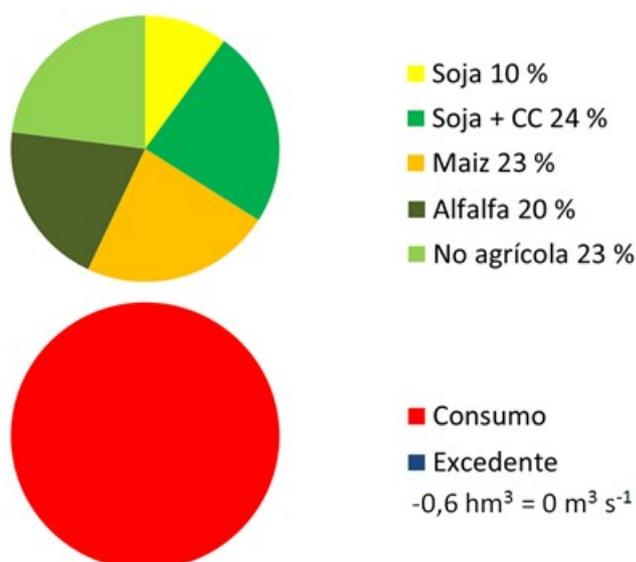


Figura 6.6: Porcentaje de uso del suelo en el gráfico superior y balance hídrico del Escenario 2 en función del aporte de las precipitaciones medias.

6- CONSIDERACIONES FINALES

Este trabajo muestra una aproximación teórica al balance hídrico de la cuenca El Morro y simula el efecto de la incorporación de cultivos de cobertura y pasturas. Mediante diferentes combinaciones se reduciría el excedente hídrico en el corto y mediano plazo, proponiendo algunas alternativas para incentivar la adopción de estas tecnologías.

La orientación de los sistemas productivos de la cuenca hacia alguna de las propuestas planteadas deberá ir regulándose en función del monitoreo de los niveles freáticos, de modo de ir regulando en el tiempo el consumo de agua subterránea y el uso productivo de los excedentes hídricos.

7- BIBLIOGRAFÍA

Bertram, N. y Chiacchiera, S. 2016. Ascenso de napas en la Región Pampeana: ¿Consecuencia de los cambios en el uso de la tierra? Informe técnico. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_napas_mjz_13.pdf.

Consejo Federal de Ciencia, Técnica, Desarrollo e Innovación. 2015. Nuevos Cursos de agua en la cuenca de El Morro. Descripción del fenómeno y pautas para su gestión. Gobierno de la Provincia de San Luis, Conicet, Universidad Nacional de San Luis, INTA y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Domínguez, A.; Martínez-Romero, A.; Garbero, M. y Saenz, C. 2015. El Riego Deficitario Controlado como una Estrategia para Incrementar la Eficiencia en el Uso del Agua y la Rentabilidad de los Cultivos Extensivos. En: Gestión del suelo y el agua en sistemas productivos de la provincia de San Luis. Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-625-9.

FAO. 2002. Yield response to water. Part A of Irrigation and drainage paper N° 33. Disponible en: <http://www.fao.org/landandwater/aglw/cropwater/parta.stm>

Galván, M.J. y Collado, D.A. 2010. Ecurrimientos Hídricos Superficiales en la Cuenca Hidrográfica de El Morro, Provincia de San Luis. Información Técnica N° 175. ISSN 0327-425X. INTA EEA San Luis.

Ivkovic, K.I.; Kingham, R.; Lawrence, C.; Chartres, C. J.; Mullen, I.; Johnston, R.; Please, P. y Pestov, I. 2000. Los Recursos Hidrológicos Subterráneos de la Provincia de San Luis, capítulo II, pp.17.

Martellotto, E.; Salas, P.; Salinas, A.; Giubergia, J.P.; Ligua, S. y Lobera, E. 2004. Planilla de Balance Hídrico para Riego. INTA Estación Experimental Manfredi.

Nosetto, M.D.; Paez, R.A.; Ballesteros, S.I. y Jobbágy, E.G. 2015. Higher water-table levels and flooding risk under grain vs. livestock production systems in the subhumid plains of the Pampas. *Agric. Eco. & Environ.* 206:60-70.

Quiroga, A. 2016. Utilización de cultivos invernales para mitigar excedentes hídricos. Resúmenes del VIII Congreso Nacional de Trigo. Pergamino.

Saenz, C. 2008. Respuesta del cultivo de maíz y las características físico químicas del suelo al riego complementario con agua subterránea salina en la región semiárida pampeana. Tesis de posgrado de riego y drenaje presentada en la FCA. Universidad Nacional de Cuyo.

Salgado, R. 2011. Respuesta del cultivo de alfalfa a diferentes estados hídricos del suelo. Tesis de Maestría de Riego y Drenaje. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.

Santoni, C.S. 2012. Circulación vertical del agua y su relación con la vegetación en zonas áridas y semiáridas. Tesis para optar por el título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires. Área Ciencias Agropecuarias.

CAPÍTULO 7

IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN ZONAS ÁRIDAS.

Meyer, J. N.¹; Hurtado, P.¹ y Piccinetti, C².

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Luis. Argentina

²Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola. Castelar. Buenos Aires. Argentina

| | |
|--|-----|
| 1- INTRODUCCIÓN | 109 |
| 1.1 ¿Por qué es importante realizar una gestión racional del Nitrógeno?..... | 109 |
| 1.2 ¿De dónde proviene el nitrógeno que es adsorbido por las plantas? | 111 |
| 1.3 ¿Cómo se pierde el nitrógeno del suelo? | 112 |
| 1.4 ¿En que nos puede ayudar el conocer el ciclo del nitrógeno? | 115 |
| 1.5 ¿Qué nos cuestionamos y qué queremos lograr? | 116 |
| 2- MATERIALES Y MÉTODOS | 116 |
| 2.1 Área de estudio..... | 116 |
| 2.2 Diseño y muestreos | 118 |
| 3- RESULTADOS..... | 119 |
| 4- CONSIDERACIONES FINALES | 124 |
| 5- BIBLIOGRAFÍA | 125 |

1- INTRODUCCIÓN

1.1 ¿Por qué es importante realizar una gestión racional del Nitrógeno?

El Nitrógeno (N) es un nutriente muy importante para la producción agrícola debido a las cantidades requeridas por los cultivos, siendo uno de los principales constituyentes de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, como también de las paredes celulares y clorofila.

Debido a la importancia del nitrógeno en las plantas, junto al fósforo (P) y al potasio (K) se los clasifican como macronutrientes. Además, es el nutriente que en general más influye en el rendimiento y calidad del producto a obtener en la actividad agrícola. Por tal razón es importante su presencia actual y potencial en el suelo, aplicando tecnologías que favorezcan el aprovechamiento más eficiente del mismo (Hurtado et al. 2016).

El nitrógeno en el suelo sufre sucesivas reducciones y oxidaciones, para transformarse en formas asimilables por el metabolismo animal, vegetal y de los microorganismos. Estos procesos son controlados principalmente por bacterias, siendo su actividad regulada por las condiciones ambientales, que determinaran dónde ocurre cada proceso, el grado de intercambio entre las distintas formas de nitrógeno y las posibles interacciones físicas, químicas y biológicas que pueden darse (Cerón Rincón et al. 2012).

De esta manera el nitrógeno transita entre el suelo, el agua y la atmósfera, transformándose en sus diferentes fracciones (Figura 7.1).

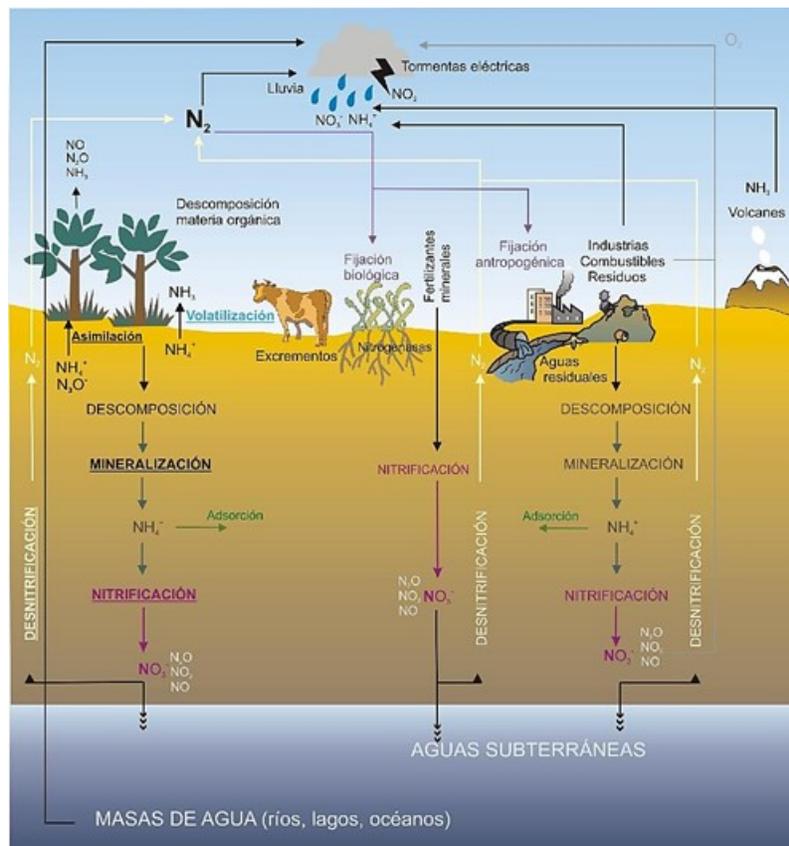


Figura 7.1: Descripción del ciclo biogeoquímico del Nitrógeno. (Tomado de <https://cienciasnaturales.files.wordpress.com/2011/06/ciclos.jpg>)

1.2 ¿De dónde proviene el nitrógeno que es adsorbido por las plantas?

Las plantas se nutren de nitrógeno, básicamente por dos fuentes naturales:

a) El nitrógeno disponible en el suelo proveniente de:

1) La mineralización de la materia orgánica (MO) del suelo, es el proceso en el que los microorganismos descomponedores convierten a la materia orgánica en minerales, liberando la forma reducida de ion amonio (NH_4^+) que fue transformado desde el nitrógeno orgánico de la biomasa edáfica muerta.

Las bacterias Nitrosomonas y Nitrococcus, en un ambiente oxigenado, oxidan al NH_4^+ en nitrito (NO_2^-) y las bacterias del género Nitrobacter, oxidan el nitrito en nitrato (NO_3^-).

Este proceso es favorecido en presencia de oxígeno por lo que serán más factibles en suelos de texturas gruesas, bien estructurados, con alta porosidad y bien drenados.

2) A través de las deposiciones atmosféricas, siendo las principales formas aportadas por las precipitaciones el amonio (NH_3^-), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-) y óxido nitroso (N_2O), estas formas también son producidas por la microflora del suelo.

Para que el nitrógeno atmosférico sea utilizable por los organismos y las plantas debe ser fijado en forma de moléculas inorgánicas (amonio, nitritos y nitratos). Las descargas eléctricas que se producen durante las tormentas sintetizan óxidos de nitrógeno a partir del nitrógeno (N_2) y del oxígeno (O_2) del aire, siendo conducidos hasta el suelo por la lluvia.

Estos ingresos varían en función de la localización geográfica, estación del año y de la cantidad de partículas existentes en el aire, que dependen del grado de alteración del entorno por las actividades del hombre.

Está documentado que la cantidad de nitrógeno en las precipitaciones pueden variar entre 1,12 y 56 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ dependiendo de la actividad industrial, el crecimiento poblacional y la producción agropecuaria (Havlin 1999), habiendo un promedio de 48 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en zonas agrícolas.

b) Por la fijación biológica, que pueden realizar ciertos grupos de especies de la familia *Leguminosae*, mediante la simbiosis o asociación con microorganismos del

suelo (rizobios), a través de la cual logran proveerse de nitrógeno a partir del nitrógeno atmosférico (N_2), que es un gas inerte e ilimitado de la atmósfera.

1.3 ¿Cómo se pierde el nitrógeno del suelo?

El nitrógeno en el suelo puede disminuir o perderse según se resume en la figura 7.2.

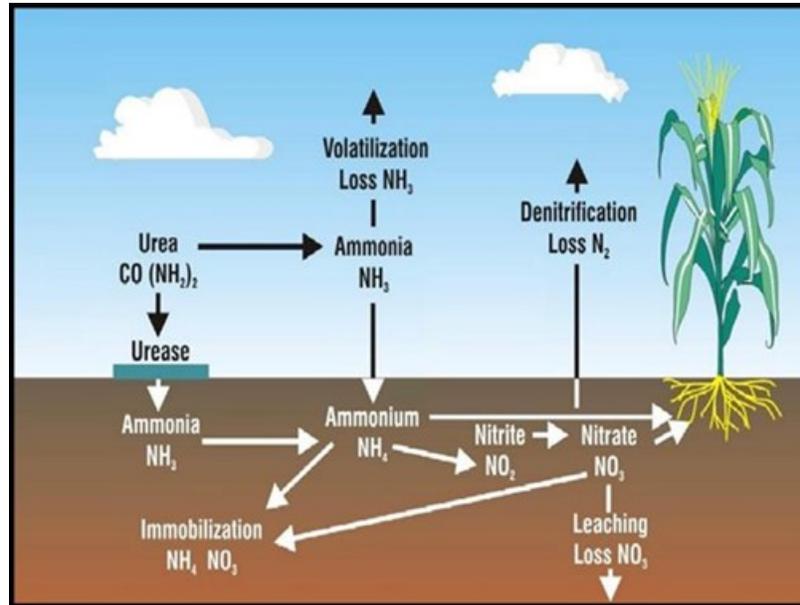


Figura 7.2: Vías de pérdidas del nitrógeno del suelo (Tomado de <http://fgonzalesh.blogspot.com.ar/2011/01/contaminacion-por-fertilizantes-un.html>)

- a) Las pérdidas por lixiviación de la solución del suelo se producen en forma de nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) debido que son sustancias extremadamente solubles, las cuales pueden ser fácilmente arrastradas, alcanzando napas y llegar al mar (Duxbury y Mosier 1993).
- b) Las emisiones de gases de nitrógeno molecular (N_2), óxido nitroso (N_2O), amoníaco (NH_3) y óxido nítrico (NO) producidos por ciertos grupos de microorganismos del suelo, en los procesos de nitrificación y desnitrificación.
 - 1) La desnitrificación, es más factible que ocurra ante la ausencia de oxígeno en suelos con altos niveles de humedad, de texturas finas o suelos desestructurados, (Rochette 2008). En la cual los nitratos (NO_3^-) se degradan a nitrógeno molecular (N_2), el cual se libera a la atmósfera y los

microorganismos utilizan el oxígeno para su propia respiración. Su proceso se puede observar en la figura 7.3.

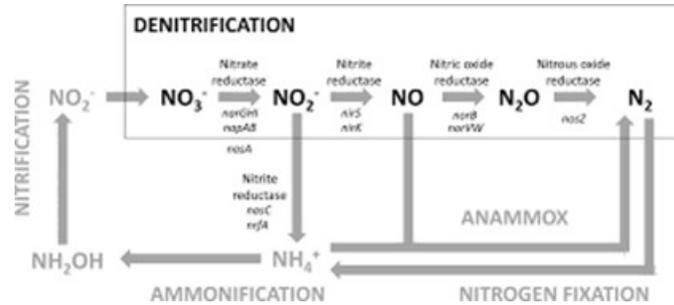


Figura 7.3: Proceso de reducción del nitrógeno orgánico hasta nitrógeno molecular.

- 2) La volatilización, es la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco gaseoso desde el suelo a la atmósfera, como se observa en la figura 7.4, esto es debido a que el amonio del suelo se transforma en amoníaco que es un gas muy volátil.

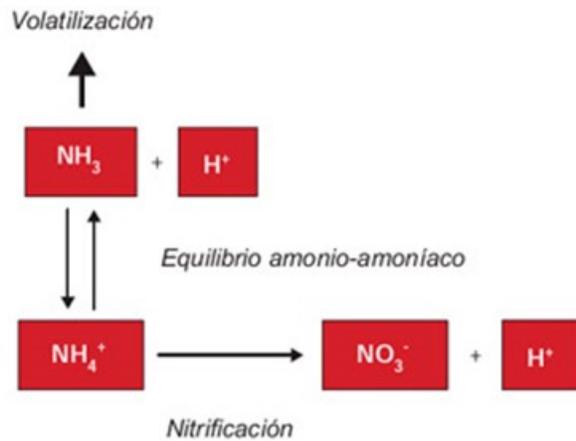


Figura 7.4: Volatilización del nitrógeno (Adaptado de L. Ventimiglia y L. Torrens Baudrix 2013).

- 3) A través del óxido nitroso, que es considerado uno de los gases más importantes, por ser causante del cambio climático debido que su potencial de calentamiento es 300 veces mayor que el dióxido de carbono (CO_2). En la figura 7.5, se puede observar los aportes de este gas a la atmósfera, por las

actividades agropecuarias, a las que se les adjudican el 97% de las emisiones globales.

Dentro de los factores que regulan las emisiones de N_2O se encuentra el contenido de nitrógeno inorgánico disuelto en la solución del suelo. Los diferentes residuos en el suelo influyen de manera distinta en las emisiones de N_2O ya que, por ejemplo, los cultivos de leguminosas contienen una mayor proporción de nitrógeno en su estructura que los de gramíneas.

El contenido hídrico del suelo, es otro factor que influye en las emisiones de óxido nitroso, porque en su cuantificación se considera el porcentaje de poros llenos de agua (%PLLA) que sería la inversa a la aireación del suelo (Sainz Rozas et al. 2004; Giltrap 2010; Carvalho 2009; Johnson 2007; Ciarlo 2007). Y el tercer factor determinante es la temperatura dado que es consecuencia de la actividad biológica del suelo (Rochette 2004).

Su concentración en la tropósfera aumenta en una tasa de $0.26\% \text{ año}^{-1}$ (Clough et al. 2010), y es la principal fuente de agotamiento de la capa de ozono estratosférico (Forster et al. 2007; Ravishankara et al. 2009). Y se ve estimulado por las secuencias de cultivos y/o prácticas de manejo del suelo (Alvarez et al. 2012).

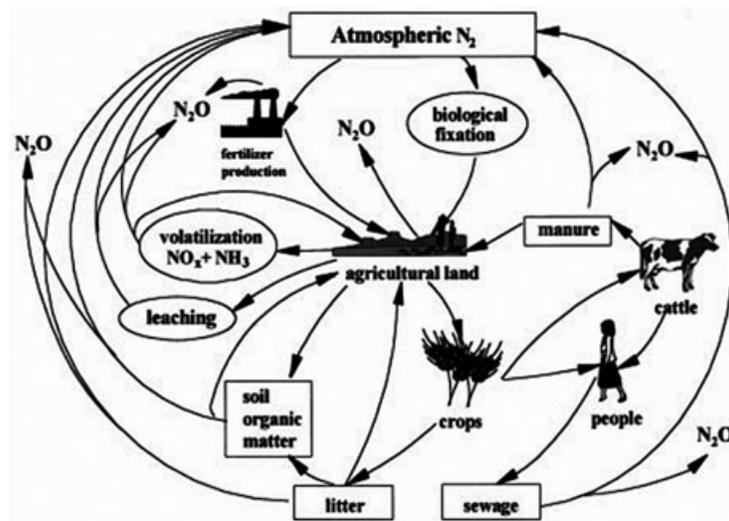


Figura 7.5: Descripción del ciclo del óxido nitroso en agricultura. Adapted from Nevison et al.1996. Oonk & Kroeze (1998) by permission of John Wiley & Sons, Inc.

- c) El que es transportado cuando las partículas de suelo son removidas del lugar por erosión hídrica o eólica.

En ambientes antropizados se pueden incrementar las pérdidas por las vías recientemente mencionadas a lo que se le suma la exportación de nutrientes tras las cosechas de biomasa y/o granos. Lo que conlleva a un empobrecimiento del suelo que es remediado con la aplicación de fertilizaciones químicas, los cuales no alcanzan a revertir otros daños físicos y químicos del suelo provocados por la sobreexplotación.

1.4 ¿En que nos puede ayudar el conocer el ciclo del nitrógeno?

El ciclo del nitrógeno ha sido objeto de especial atención por diversas razones, entre las que podemos destacar:

- El incremento de los procesos de nitrificación y desnitrificación pueden ir acompañado, directa o indirectamente, de un aumento de la producción de óxido nitroso (N_2O) y nítrico (NO).
- La variación de la concentración de nitratos (NO_3^-) asociado al proceso nitrificante es un factor regulador de la dinámica de cationes en los ecosistemas edáficos.
- Las pérdidas de nitrógeno en forma de nitratos (NO_3^-) son, en muchas ocasiones, mayores que las pérdidas de cualquier otro nutriente dada su alta movilidad en la solución del suelo.
- La disponibilidad de nitrógeno para la nutrición vegetal es uno de los factores determinantes en la composición de las paredes celulares, lo que condiciona los aportes de compuestos fenólicos y de materia orgánica fácilmente degradable. Los compuestos fenólicos acidifican el sustrato, inmovilizando a la mayoría de los nutrientes del suelo.
- Efectos negativos de los excesos de nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-) en el ambiente, sobre la salud humana.

1.5 ¿Qué nos cuestionamos y qué queremos lograr?

Las innovaciones tecnológicas, adoptadas por los productores tiempo atrás, eran en función de sus efectos asociados al incremento de los rendimientos y alta competitividad en el mercado. Hoy en día, son bien conocidas y demostradas las consecuencias ocurridas tras la sobrexigencia de los recursos naturales, logrando una degradación de los mismos y su rápido agotamiento.

Por tales motivos, hay un incentivo en los investigadores en desarrollar tecnologías que impacten en la producción agropecuaria, que reduzcan los costos de inversión pero considerando la conservación de los recursos. En el caso particular del nitrógeno, para maximizar la eficiencia de su uso, es necesario conocer su dinámica en el sistema suelo-planta-atmosfera y cómo el manejo de suelos y cultivos la afectan.

Para lograr una gestión eficiente del nitrógeno, es fundamental estudiar su dinámica para determinar la velocidad de los flujos que existen entre sus diversas fracciones y su cuantificación, para determinar las principales fuentes de ingreso – egreso y los factores influyentes, y asociarlos a fomentar prácticas que incrementen el elemento en el suelo y mermen sus pérdidas.

Si bien, están descriptos los mecanismos de ganancia de nitrógeno por deposición atmosférica (lluvias) y pérdidas de nitrógeno del sistema por volatilización y emisión de gases (NH_4 y N_2O , respectivamente), falta información local cuantificada y la dinámica de estos procesos; por lo tanto, en este trabajo se planteó como objetivos iniciar la cuantificación de los aportes de nitrógeno por deposición de las lluvias y determinar las pérdidas parciales de nitrógeno por volatilización de NH_4 y emisión de N_2O de un agroecosistema semiárido considerado frágil.

2- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

Este estudio preliminar se realizó en el campo experimental del INTA San Luis, ubicado en la localidad de Villa Mercedes.



Figura 7.6: Imagen de las parcelas.

Las evaluaciones se efectuaron en un lote que tiene 10 años de agricultura, con la secuencia de cultivo Sorgo-Soja (Sg-S); otro con una alfalfa implantada hace 3 años, uno con digitalía (D) sembrada hace una década y un sector sin disturbar tomado como referencia.

El suelo es de textura limosa, conteniendo en el horizonte superficial 21 % de arcilla, 50.8 % limo y 28.2 % de arena, la fracción limosa se va incrementando en profundidad. Estos suelos se desarrollaron sobre la planicie arenosa y pertenecen a la Serie Villa Reynolds clasificados como *Haplustol ácuico* debido que la napa freática fluctúa entre los 60-200 cm de profundidad. Cuando se instalaron los instrumentales de medición, se realizó un análisis de fertilidad de cada lote, que se presenta en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1: Análisis de fertilidad potencial de los lotes de producción realizados al inicio de las evaluaciones

| Lote | Carbono % | MO % | Nt mg/g | P ppm | CE dS/m | pH |
|------|-----------|-------|---------|-------|---------|------|
| A | 0.738 | 1.273 | 1.2 | 11.3 | 0.47 | 7.65 |
| D | 0.827 | 1.425 | 1.4 | 9.9 | 0.56 | 7.95 |
| eef | 0.678 | 1.302 | 1.7 | 34.5 | 0.71 | 7.82 |
| Sg-S | 1.236 | 2.13 | 1.3 | 18.3 | 0.37 | 7.50 |

2.2 Diseño y muestreos

El diseño del experimento correspondió al esquema de parcelas divididas donde el efecto principal fue el factor tiempo (fecha de medición) y la subparcela fueron los tratamientos (secuencia/cultivo).

Para la cuantificación del nitrógeno ingresado por las precipitaciones se instaló un pluviómetro que permitió cuantificar los milímetros de agua de lluvia caídos desde septiembre de 2015 hasta abril de 2016. La determinación del aporte N por las precipitaciones se realizaron utilizando el método Kjeldahl.

El método utilizado para realizar las evaluaciones de óxido nitroso fue el de "cámara cerrada no-estática", que consta de dos componentes: una base metálica insertada a 10 cm en el suelo y una cámara de acumulación que se acopla sobre la base (fig. 7.7).

El gas emitido desde el suelo se acumula dentro de las cámaras y es recuperado en viales pre-evacuados. El tiempo de acumulación del gas fue de 30 minutos y los momentos de muestreos a los 0, 15 y 30 minutos de instalada la cámara de acumulación. La concentración de N_2O se determina por cromatografía gaseosa con un equipo Agilent GC 6890N, utilizando un detector μ ECD y columna HP- Plot Molesieve 30m x 530 μ m x 25 μ m.



Figura 7.7: Imágenes del muestreo del N_2O mediante el método cámara cerrada no-estática en el ensayo de larga duración del campo experimental de la EEA.

Las tasas de emisión de N_2O se calculan mediante la siguiente ecuación (1):

$$E = \frac{\Delta c}{\Delta t} * \frac{Vc}{Sc} \quad (1)$$

Donde E es la tasa de emisión de N-N₂O ($\mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$) del suelo,

$\frac{\Delta c}{\Delta t}$ corresponde a la tasa de acumulación del N-N₂O ($\mu\text{g N}\cdot\text{N}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$) dentro de las cámaras, la que se calcula utilizando el modelo de regresión lineal (LR).

$\frac{Vc}{Sc}$ es la relación entre el volumen y la superficie de la cámara (m).

Para realizar los cálculos también se requirió registrar las temperaturas del suelo y ambientales, como la humedad edáfica expresada como porcentaje de poros llenos de agua (%PLLA) del suelo en cada fecha de medición.

Las mediciones se iniciaron en septiembre de 2015 siendo tres los momentos de medición durante el mes, luego desde diciembre hasta febrero el seguimiento fue mensual y a partir del mes de abril, la toma de datos fue semanal debido a que el cultivo de soja comenzó la etapa R6, cuando comienza a perder su follaje, la senescencia nodular y su posterior cosecha.

El análisis de los datos se realizó mediante el ANAVA de parcelas divididas y medidas repetidas en el tiempo utilizando modelos mixtos (Infostat v 16e) y el test desviación media estándar (DMS) para la comparación de medias secuenciales.

3- RESULTADOS

En transcurso de los meses muestreados ocurrieron 14 eventos de precipitaciones que alcanzaron un total de 413 mm. En la figura 7.8, se muestran las concentraciones de nitrógeno en mg/L que contuvieron el agua recolectada del pluviómetro. La concentración varió entre 5 y 25, obteniéndose un promedio de 14,6 mg N/L.

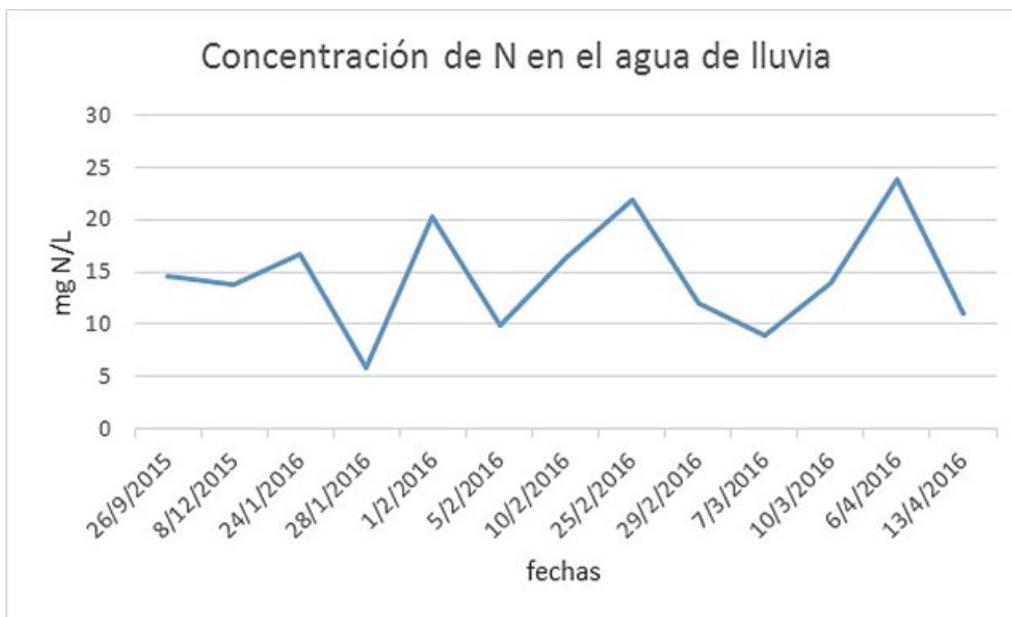


Figura 7.8: Evolución de las precipitaciones durante el período de desarrollo de la experiencia desde Sep-2015 hasta Abr-2016 en la EEA San Luis

Con respecto a las emisiones de N_2O , durante el período muestreado, septiembre 2015 a mayo 2016, la tasa media determinada de emisión de los cuatro tratamientos fue $24 \mu\text{g N-N}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$. Habiendo sido la emisión mínima en el cultivo de digitaria en septiembre con $22 \mu\text{g N-N}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ y el máximo $433 \mu\text{g N-N}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$.

Al comparar las tasas promedio de emisión de N_2O , la menor fue determinada para digitaria con $5,3 \mu\text{g N-N}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ seguida por la alfalfa con $10,3 \mu\text{g N-N}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$, siguiendo la del sector si disturbar de $14,9 \mu\text{g N-N}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ y la más alta en la secuencia Sorgo-Soja con $63,9 \mu\text{g N-N}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ (figura 5).

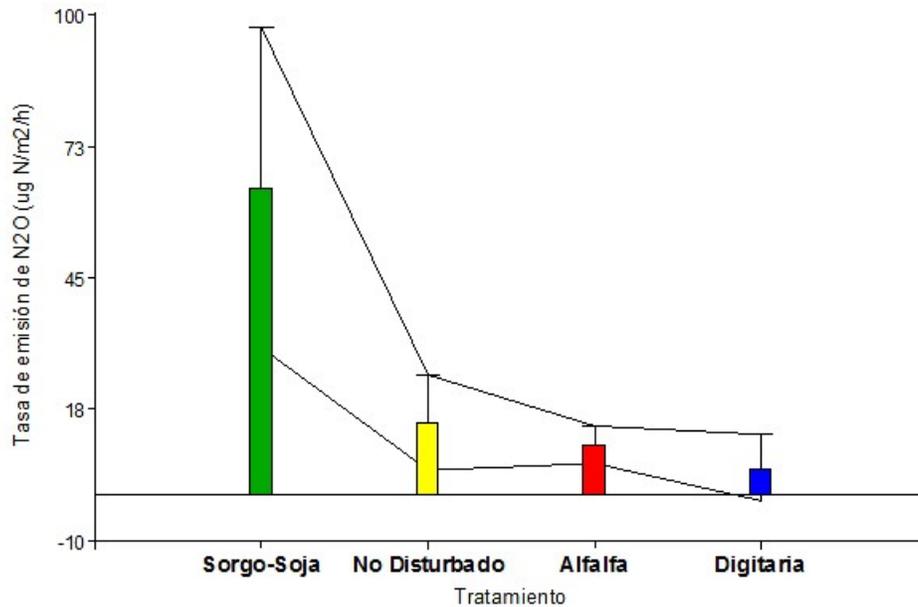


Figura 7.9. Tasas promedio de emisión de N₂O e intervalos de confianza para los tratamientos durante el período evaluado (Sept-15 hasta Mayo-16)

En la figura 7.9 también se grafican los intervalos de confianza, siendo de mayor amplitud el del lote con la secuencia Sorgo-Soja, lo que indica que las mediciones obtenidas en ese lote fueron muy variables entre sí. En cambio el intervalo de confianza del tratamiento de alfalfa es el de menor amplitud, lo que nos da a entender que las emisiones captadas en ese lote fueron estables a lo largo del tiempo.

En cuanto a la cinética de las emisiones en función del tiempo se observó que la Digitaria tuvo en el tiempo las menores tasas promedio, lote que durante el periodo de muestreo no estuvo siendo pastoreado ni realizándosele cortes, manteniendo en forma constante abundante cobertura vegetal por lo que los cambios meteorológicos fueron atemperados.

Se destacan las tasas de emisión al final del ciclo del cultivo de Soja correspondiendo al estado reproductivo avanzado y cosecha. Cabe mencionar que los meses de abril-mayo 2016 fueron muy lluviosos lo que retrazó la cosecha, perdiendo el cultivo una gran cantidad de hojas, vainas y semillas las que se depositaron en la superficie del suelo (Figura 7.10).

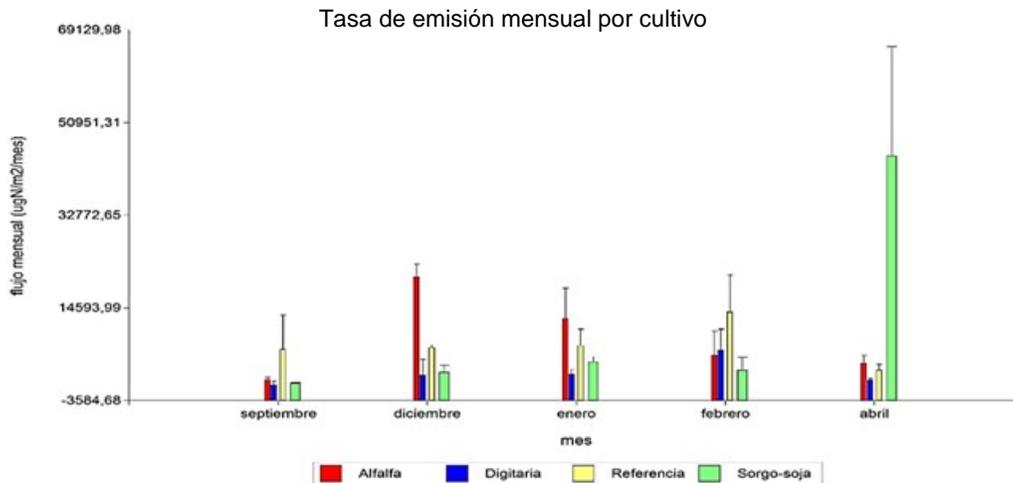


Figura 7.10. Tasa de emisión de óxido nitroso mensual por cultivo evaluado.

La Alfalfa, que fue cortada para rollos a medida que llegaba al 10% floración, tuvo sus mayores emisiones durante el periodo de máxima producción de biomasa (primavero-verano) y en cuanto al sector no disturbado tuvo en primavera mayor variabilidad de emisión y luego se comportó como una pastura (Figura 7.11).

En revisiones actualizadas sobre las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), fue modificado el factor directo de emisión que “penalizaba” a los cultivos de leguminosas por su condición fijadoras de nitrógeno debido que se demostró que la Fijación Biológica de Nitrógeno por sí misma no generaba mayores emisiones directas de N₂O (Zhaozhan et al. 2009; Rochette y Janzen 2005).

Existiendo en la agricultura dos momentos críticos en cuanto a la emisión de N₂O, uno es en el momento de finalización de un determinado cultivo, donde aumenta la cantidad de rastrojo en el suelo por tanto aumenta la descomposición del mismo y el otro momento de mayor emisión sucede en los momentos de fertilización química nitrogenada.

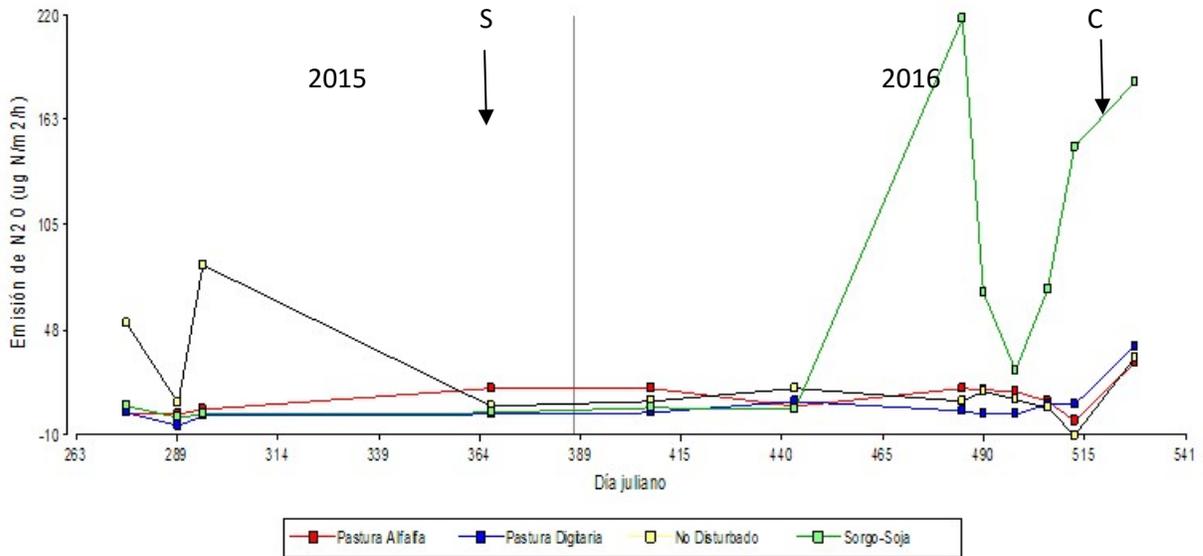


Figura 7.11. Dinámica de las emisiones de N₂O para los tratamientos durante el período evaluado (Sept-15 hasta Mayo-16) en la EEA San Luis

El análisis estadístico confirmó la interacción de los tratamientos con el efecto momento de medición (tiempo) siendo una respuesta esperable ya que en el ambiente durante el transcurso de las estaciones se producen cambios en la temperatura, la humedad, la ocurrencia de precipitaciones y los efectos de los cultivos sobre el suelo, como se muestra en las Figura 7.11 y 7.12.

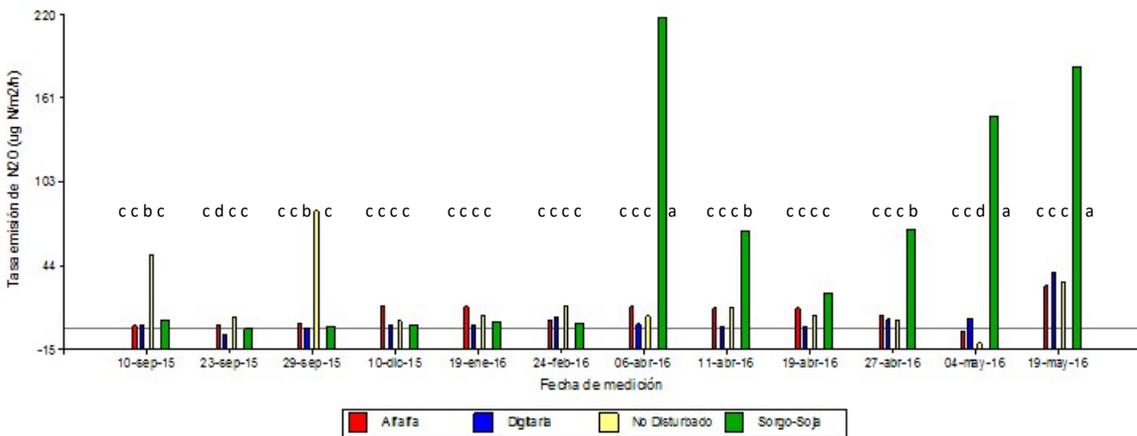


Figura 7.12: Dinámica de las mediciones de óxido nitroso para los diferentes tratamientos según la época del año.

4- CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados hasta ahora obtenidos sobre los contenidos de nitrógeno en el agua de lluvia, nos hacen reflexionar sobre los beneficios que se podrían lograr si al plantear un sistema productivo se tuviesen en cuenta los aportes de las precipitaciones. Siendo que en la campaña que recién finaliza, la lluvia aportó al suelo una cantidad de nitrógeno equivalente al aporte promedio de fertilizante que requiere un cultivo de maíz en la zona.

A pesar que no todo el nitrógeno que ingresa con el agua de lluvia, es aprovechado por el cultivo, estamos convencidos que el nitrógeno aportado por las precipitaciones sería una cantidad que puede ser determinante en la producción de los cultivos y que optimizaría el uso de nitrógeno aumentando el aprovechamiento del nutriente.

La mineralización de nitrógeno de los rastrojos es regulada por factores del suelo y del residuo (Smith et al. 1990). La variación en la composición química de los residuos en el tiempo afecta la actividad microbiana (Sanchez 1996), alterando los patrones poblacionales de la microflora con requerimientos diferenciales de nitrógeno (Paul et al. 1989) y por ende influyen en la dinámica del nitrógeno en el suelo (Green 1995).

Con estas determinaciones, se puede observar que los sistemas de producción que mantienen el suelo con cobertura tienden a reducir las pérdidas de nitrógeno en forma de gas. Mientras que la incorporación de secuencias de cultivos anuales y los aportes de residuos producidos dentro de la secuencia estimula los procesos biológicos de producción de N_2O , aumentando las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero), tendientes a incrementar las pérdidas de nitrógeno con un efecto perjudicial para el sistema productivo y colateral no deseado.

El manejo de los residuos de los cultivos en rotación, no solo permitirían reducir las emisiones de GEI sino también mejorar la calidad físico-química del suelo y mermar el impacto en el deterioro ambiental tras la optimización de los recursos, procesos y flujos dentro de los sistemas.

Alternativas serían los cultivos de cobertura, los cuales aprovechas el nitrógeno proveniente del rastrojo del cultivo anterior o el uso de cultivos que fijen nitrógeno como son las leguminosas, las cuales tienen dos efectos benéficos, la disminución de N_2O y la

disminución de la necesidad de utilizar fertilizantes químicos nitrogenados, disminuyendo la contaminación e implicando una disminución en costos por parte del productor

5- BIBLIOGRAFÍA

Alvarez, C.; Costantini, A.; Alvarez, C. A; Alves, B. J. R; Jantalia, C. P.; Martellotto, E. and Urquiaga, S. (2012). Soil nitrous oxide emissions under different management practices in the semiarid region of the Argentinian Pampas. *Nutr Cycl Agroecosyst* DOI 10.1007/s10705-012-9534-9

Carvalho, J.L.N.; Cerri, C.E.P.; Feigl, B.J.; Píccolo, M.C.; Godinho, V.P. and Cerri, C. C. (2009). Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. *Soil & Tillage Research* 103 (2009) 342–349.

Cerón Rincón, L.E y Aristizábal Gutiérrez, F. A (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos *Rev. Colomb. Biotecnol.* Vol. XIV No. 1. 285-295.

Ciarlo E.; Conti, M; Bartoloni, N and Rubio, G. (2007). The effect of moisture on nitrous oxide emissions from soil and the $N_2O/(N_2O+N_2)$ ratio under laboratory conditions. *Biol Fertil Soils* 43: pp 675–681

Duxbury JM & Mosier AR (1993) Status and issues concerning agricultural emissions of greenhouse gases. In: Kaiser HM & Drennen TE (eds) *Agricultural Dimensions of Global Climate Change*, pp 229–258. St. Lucie Press. Delray Beach, FL

Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R.G. Prinn, G. Raga, M. Schulz, and R. Van Dorland. (2007). Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. p. 129–234. In S. Solomon et al. (ed.) *Climate change 2007: The physical basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.

Giltrap D.L.; Li, C., Sagar, S. (2010). DNDC: A process-based model of greenhouse gas fluxes from agricultural soils. *Agriculture, ecosystems & environment*. 136(3-4): 292-300

Green CJ, Blackmer AM (1995). Residue decomposition effects on nitrogen availability to corn following corn or soybean. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59:1065-1070.

Havlin, J. L. (1999). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. New Jersey, USA: Editorial Prentice Hall.

Hurtado P, Piccinetti C, Meyer J (2016). Determinación de las concentraciones de nitrógeno en las precipitaciones de primavera-verano 2015-2016, en el campo experimental EEA San Luis.

Johnson, J. M. F.; Franzluebbers, A. J.; Lachnicht Weyers, S.; Reicosky, D. C. (2007). Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental Pollution* 150 (2007) 107-124.

Paul EA, Clark FE (1989). *Soil microbiology and biochemistry*. Academic press, Inc., San Diego, California, EUA. 279p.

Ravishankara, A.R., J.S. Daniel, and R.W. Portmann. (2009). Nitrous oxide (N₂O): The dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. *Science* 326:123–125

Rochette, P. (2008). No-till only increases N₂O emissions in poorly-aerated soils. *Soil & Tillage Research* 101 97–100.

Rochette, P. and Janzen, H. (2005) Towards a revised coefficient for estimating N₂O emissions from legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (2005) 73:171–179.

Rochette, P.; Angers, D. A.; Belanger, G.; Chantigny, M. H.; Prevost, D. and Levesque, G. (2004). Emissions of N₂O from Alfalfa and Soybean Crops in Eastern Canada. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:493–506 (2004).

Smith S. J. and Sharpley A. N. (1990). Soil Nitrogen Mineralization in the Presence of Surface and Incorporated Crop Residues. *Agron. J.* 82:112-116

Sainz Rozas, H. R.; Echeverría, H. E. and Barbieri, P. A. (2004). Pérdidas por desnitrificación en un suelo bajo siembra directa en función de la presencia de plantas de maíz y de la dosis de nitrógeno. *Ciencia del Suelo*. 22: 27-35

Sánchez SR, Studdert GA, Echeverría HE (1996). Descomposición de residuos de cosecha en un argiudol típico. *Ciencia del suelo*, 14:63-68

Clough Tim J. and Condon Leo M. Lincoln University Biochar and the Nitrogen Cycle: Introduction. (2010).

Zhaozhan, Z.; Lemke, R. L.; Nelson, L. M. (2009). Nitrous oxide emissions associated with nitrogen fixation by grain legumes. *Soil Biology & Biochemistry* 41 (2009) 2283–2291

CAPÍTULO 8

MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS EN SAN LUIS. ALGUNAS REFLEXIONES.

Colazo, J. C.; Celdrán, D. J.; y de Dios Herrero, J. M.
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Luis. Argentina.

| | |
|--|-----|
| 1- INTRODUCCIÓN | 129 |
| 2- ACTUALIZACIÓN | 130 |
| 3- IMPACTO..... | 130 |
| 4- VACANCIAS ACTUALES – EMERGENTES..... | 131 |
| 4.1 Suelos y TICs. | 131 |
| 4.2 Agroecología, los conflictos urbanos – rurales, la integración de sistemas y el aprovechamiento de residuos agroindustriales..... | 131 |
| 4.3 Estrategias de adaptación a la variabilidad climática y ordenamiento territorial..... | 132 |
| 5- PROSPECTIVA, RETROSPECTIVA Y PLANES ESTRATÉGICOS..... | 133 |
| 6- CONSIDERACIONES FINALES | 134 |
| 7- BIBLIOGRAFÍA..... | 136 |

1- INTRODUCCIÓN

Previamente fue presentado una recopilación de las publicaciones efectuadas en relación a las investigaciones realizadas en temas de suelos en el ámbito de la EEA San Luis (Colazo y de Dios Herrero 2016). El objetivo del siguiente trabajo es realizar una actualización sobre la misma, pero además, intentar reflexionar sobre el impacto de las actividades de investigación en las decisiones de los usuarios (políticos, asesores, productores), así como también presentar las vacancias actuales y la prospectiva sobre el manejo de los suelos en la provincia.

2- ACTUALIZACIÓN

Recientemente, se ha publicado una compilación sobre los principales procesos de degradación de suelos de la provincia (Colazo et al. 2015). También se ha avanzado en el uso de cultivos de cobertura y pasturas para el control de los excesos hídricos (Saenz et al. 2016), de la erosión eólica (Vicondo et al. 2016), así como también para otros riesgos ambientales (Barbero et al., 2016). En temas relacionados con la fertilidad de los cultivos, en maíz se ha avanzado con relación la fertilización con N (Barbero et al. 2016b) y con relación a Zn se ha comprobado su respuesta por encima de valores menores a 1 ppm en suelos (Barbieri et al. 2017). Por último, como resultado de un trabajo interinstitucional se ha presentado un informe sobre las causas y las medidas de adaptación y mitigación del fenómeno de aparición de nuevos cursos de agua en la cuenca El Morro (Jobbágy et al. 2016).

3- IMPACTO

El tema de los cultivos de cobertura ha cobrado relevancia en el contexto de los sistemas actuales de producción. Teniendo en cuenta los múltiples servicios brindados, el Gobierno de San Luis ha reglamentado dos decretos, en marco de la ley provincial de suelos, que obligan a su utilización luego del cultivo de maní en toda la provincia y después del cultivo de soja, en la cuenca El Morro (Larrousse et al. 2016). Por parte de los productores agropecuarios son cada vez más los que adoptan esta tecnología, estimándose aproximadamente entre 2 – 3% de la superficie de soja y maíz destinado a silaje, que sumadas a la superficie cultivada con maní, ocuparían una superficie de entre 15.000-20.000 ha de cultivos de cobertura en toda la provincia. Por otro lado, asociaciones de productores como AAPRESID o CREA, aplican esta temática como líneas prioritarias de experimentación en la provincia (Barbero et al. 2016).

Con respecto al tema de la fertilización, no existen estadísticas sobre el uso y tendencia de la fertilización en la provincia, por lo que su impacto es difícil de inferir o cuantificar. Con respecto a los temas de degradación de suelos, hay inferencias que permiten estimar el avance de procesos como la erosión, la compactación y la pérdida de materia orgánica (Panigatti 2016; Colazo et al. 2015).

4- VACANCIAS ACTUALES – EMERGENTES

4.1 Suelos y TICs.

Las tecnologías de la información (TICs) han evolucionado rápidamente en el sector agropecuario. Son cada vez más los usuarios que demandan sistemas organizados de información. Estos sistemas de información pueden abarcar diferentes escalas, desde la totalidad del país hasta ambientes dentro de un lote de producción. A nivel país se está desarrollando el sistema SISINTA, el cual permitirá conocer la información de los perfiles de las principales series de suelo. Esto permitirá el desarrollo de aplicaciones para conocer en tiempo real, el tipo de suelos y sus principales características. A nivel más detallado con una mayor disponibilidad de sensores remotos, la agricultura o ganadería de precisión o por ambientes aparecen como una de las formas de incrementar la eficiencia de producción. A este nivel, el conocimiento del tipo de suelo presente, permite interpretar las causas en la variación de producción de cultivos, y por lo tanto aplicar el manejo más adecuado para dicho ambiente.

4.2 Agroecología, los conflictos urbanos – rurales, la integración de sistemas y el aprovechamiento de residuos agroindustriales.

En la actualidad cobra mayor importancia entender e imitar los procesos ecológicos que ocurren en la naturaleza y aplicarlos a la agricultura. En eso se basa la agroecología como ciencia, en donde la supresión de malezas con cultivos de cobertura, el potenciamiento del funcionamiento biológico del suelo, una mayor biodiversidad de cultivos y una mayor sincronización de nutrientes, son principios útiles para la producción agropecuaria. En sistemas periurbanos, en donde la aplicación de productos fitosanitarios representa el mayor conflicto urbano – rural, la utilización de cultivos de cobertura y su terminación con medios alternativos al uso de herbicidas, sería una alternativa para el control de malezas en dichos sistemas.

En este sentido, una mayor proporción de pasturas perenes sería muy beneficioso para el incremento de carbono orgánico (de Dios Herrero et al. 2016). Además la posibilidad de

utilizar leguminosas como alfalfa, permite la incorporación de nitrógeno al sistema, principal nutriente limitante para el crecimiento de los cultivos en nuestros suelos.

La producción agroindustrial produce residuos que por sus procesos poseen una alta concentración orgánica y una baja concentración de potenciales contaminantes como metales pesados o patógenos. Su disposición final genera en muchas situaciones un alto costo para las empresas, mientras que para los organismos que los procesan, existe un costo de oportunidad en la utilización de rellenos sanitarios con residuos orgánicos, en lugar de otros más riesgosos. Por otro lado, nuestros suelos poseen bajos contenidos de materia orgánica, por lo que la utilización de estos efluentes sería una oportunidad para el mejoramiento de los mismos. Sin embargo, el efecto en el suelo, así como sobre la productividad de los cultivos se encuentra escasamente estudiado en la región (Colazo et al. 2016).

4.3 Estrategias de adaptación a la variabilidad climática y ordenamiento territorial.

En nuestros ambientes de suelos frágiles y en un contexto de alta variabilidad climática, asociada al déficit o exceso de agua, las estrategias que permitan amortiguar y adaptarse a esta situación serán cada vez más necesarias. Conocer y manejar el riesgo o probabilidad asociada a estos fenómenos serán útiles para poder tomar decisiones a nivel de lote o establecimiento (Echeverría y Colazo 2016). El manejo inteligente de la cobertura y la estimación del consumo de agua de secuencias de cultivos serán aspectos claves en la planificación. A escalas más amplias, a nivel de cuenca o territorio, el ordenamiento territorial es la mejor estrategia para enfrentar estos fenómenos.

El Ordenamiento Territorial permite organizar el uso, aprovechamiento y ocupación del territorio sobre la base de las potencialidades y limitaciones, teniendo en cuenta las necesidades de la población y las recomendaciones generadas por todos los instrumentos de planificación y gestión (FAO 2017). Teniendo en cuenta el contexto de la provincia, el ordenamiento territorial es la herramienta más adecuada para evitar incrementar los conflictos urbanos – rurales y la vulnerabilidad de la población frente a los efectos del clima.

5- PROSPECTIVA, RETROSPECTIVA Y PLANES ESTRATÉGICOS

La prospectiva constituye la anticipación (preactiva y proactiva) para iluminar las acciones presentes con la luz de los futuros posibles y deseables (Godet 2007). Crea una visión consensuada del mediano y largo plazo (García Banderas et al. 2011). Para Vásquez y Ortegón (2006) “Una visión de futuro debe ser estructurada, realista y transformadora; debe ser más que una reproducción del pasado y una extrapolación lineal del presente. Una visión debe explorar alternativas de cambio e innovación frente a las estructuras actuales, sin que ello equivalga a plantear quimeras, ilusiones o sueños evanescentes”.

Nuestro plan estratégico institucional (PEI) habla de generar y gestionar conocimientos para anticipar y abordar las demandas, necesidades y oportunidades para el agro, y esto es hacer prospectiva (INTA 2016). En este sentido, el PEI remarca la expansión y los cambios en la demanda mundial de alimentos, el cambio climático y la globalización de la dieta alimentaria, las tensiones urbanas rurales, entre algunos de los desafíos estratégicos para lograr, entre otros, la sostenibilidad ambiental.

Por el otro lado, en retrospectiva podemos afirmar que con la creación de la EEA San Luis en 1959, la línea de trabajo sobre conservación y manejo de suelos, fue considerado prioritaria dando origen a numerosos ensayos y trabajos de investigación. A partir de 1978 tras un acuerdo con el gobierno de la provincia y con apoyo de INTA Córdoba, se inicia el estudio sistemático de los suelos en la provincia, dando origen al mapeo de suelos, información semidetallada en cuanto a composición, distribución, taxonomía, limitaciones y posibilidades de uso (Aguilera y Panigatti 2003). Hoy reconocemos que en la Argentina la expansión de la agricultura se ha visto magnificada estas últimas décadas, y San Luis no es la excepción.

Este aumento de la superficie cultivada tiene su correlato en el incremento del uso de agroquímicos y la degradación de los suelos, lo que despierta preocupación y rechazo en ciertos sectores de la sociedad. La creciente intensificación de la producción ganadera en feedlot y sus posibles consecuencias negativas sobre suelos y napas es otra preocupación a futuro, emergentes como el río Nuevo agregan dramatismo, urgencia y complejidad a la cuestión de la conservación de los suelos en la provincia.

La institución busca el equilibrio entre metas productivas y de cuidado ambiental desarrollando tecnologías y modelos socio productivo sostenible en nuestro PEI. Este será el desafío que tenemos por delante los que trabajamos con el suelo, producir conservando. Por eso imaginamos escenarios de futuro con el cultivo de cobertura adoptado por un gran número de productores, seguir afinando tecnologías que permitan controlar el exceso hídrico. Hacer escuela en agricultura de precisión, especialmente en fertilizaciones “personalizada” que maximice los rendimientos, sin ir en detrimento del medio ambiente.

6- CONSIDERACIONES FINALES

Han existido avances relacionados con el monitoreo de los procesos de degradación de suelos y el uso de tecnologías que el control de los mismos. De estas, el uso de cultivos de cobertura ha sido adoptado por diferentes usuarios, desde productores, asociaciones y organismos gubernamentales. Sin embargo, es importante destacar que existe muy poca información cuantitativa sobre la adopción de estas tecnologías. En el futuro, el empleo de las tecnologías de la información, la utilización de tecnología de adaptación a la variabilidad climática y las políticas de conservación de suelo serán cada vez más necesarias. Todo ello en un marco de ordenamiento territorial.



Figura 8.1: Vista del cauce principal del río Nuevo en la cuenca El Morro.



Figura 8.2: Vista de dos cultivos de cobertura, centeno (izquierda) y triticale (derecha) creciendo en Buena Esperanza, San Luis.

7- BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, M. O. y Panigatti, J. L. (Ed). 2003. Con las metas claras. La estación experimental agropecuaria san Luis: 40 años en favor del desarrollo sustentable. INTA. 228 p.

Barbero V., T. Coyos, J.L. Mercau & J.C. Colazo. 2016. Inclusión de centeno (*Secale cereale* L.) como cultivo de cobertura antecesor de maíz y soja, en el centro de la provincia de San Luis. En: Chacra San Luis. Mejorar los sistemas productivos de la zona centro de San Luis en sus aspectos económicos y ambientales optimizando el uso del agua. Informe Final. Aapresid – INTA. 23 – 72 pp.

Barbero V., T. Coyos, M. Torres Duggan, J.L. Mercau & J.C. Colazo. 2016b. Respuesta a la fertilización nitrogenada en maíces tempranos y tardíos. En: Chacra San Luis. Mejorar los sistemas productivos de la zona centro de San Luis en sus aspectos económicos y ambientales optimizando el uso del agua. Informe Final. Aapresid – INTA. 93 – 159 pp.

Barbieri P., H. Sainz Rozas, N Wyngaard, N Reussi Calvo, M. Eyherabide, F. Salvagiotti, A. Correndo, P. Barbagelata, G. Espósito, J.C. Colazo & H. Echeverría. 2017. Can edaphic variables improve DTPA-Based zinc diagnosis in Corn? *Soil Sci. Soc. Am. J.* DOI: 10.2136/sssaj2016.09.0316

Colazo J.C. & J.M. de Dios Herrero. 2016. Avances en el estudio y manejo de los suelos en San Luis. En: Giulietti J.D. & M.O. Funes (Eds.), *Producción científico-técnica del INTA San Luis*. Ediciones INTA.

Colazo J.C., O.A. Barbosa, J.M. de Dios Herrero & C.A. Saenz. 2015. Provincia de San Luis. En: Casas R. & G. Albarracín (Eds.), *El deterioro del suelo y del ambiente en Argentina*. FECIC.

Colazo J.C., J.M. de Dios Herrero & D. Celdrán. 2016. Aplicación de residuos de la agroindustria de maíz en plantaciones de eucaliptus en Villa Mercedes. En: *Resúmenes del I Simposio de aplicación de residuos agroindustriales, Catamarca*.

de Dios Herrero J.M., J.C. Colazo, M.L. Guzmán, C.A. Saenz, R. Sager & K. Sakadevan. 2016. Soil organic carbon assessments in cropping systems using isotopic techniques. EGU General Assembly Conference Abstracts 18: 4009.

Echeverría, J.C. & J.C. Colazo. 2016. Una aproximación a la probabilidad de éxito en secano en el centro oeste de Argentina: Factor Agua. En: XIV Jornadas de Cuidemos Nuestro Mundo, San Luis.

FAO. 2017. Ordenamiento territorial. Disponible en: <http://www.fao.org>

García Banderas, A. La Gran Transgresión. Bioética, Salud y Ambiente. Edmundo Estévez M.; Gabriela Vilema (eds.) Quito, DM. : Ed. Noción, 2011 316p.

Godet, M. Prospectiva Estratégica: problemas y métodos la participación de Prospektiker en colaboración con Philippe Durance. Cuaderno nº 20. Segunda edición enero de 2007.

INTA. 2016. Plan estratégico institucional 2015 – 2030. Un INTA comprometido con el desarrollo nacional. 56 pp.

Jobbágy E.G., M.D. Noretto, H.O. Bernasconi, J.C. Colazo, M.J. Galván, C.A. Saenz, E.R. Colazo, C.E. Larrousse, A.A. Marchi, O.A. Barbosa, A. Giacardi, M.M. Hellmers & D. Martínez Álvarez. 2015. Nuevos cursos de agua en la cuenca de El Morro. Descripción del fenómeno y pautas para su gestión. Informe presentado al Consejo Provincial de Ciencia, Técnica, Desarrollo e Innovación de San Luis. 21 pp.

Larrousse C.E., O.A. Barbosa, F.A. Solari, E.R. Colazo & A.A. Marchi. 2016. Conservación de suelos en San Luis: Acciones, logros y dificultades de la ley. En: Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Río Cuarto.

Medina Vásquez J. & E. Ortegón. 2006. Manual de prospectiva y decisión estratégica: bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) Área de Proyectos y Programación de Inversiones.

Panigatti J.L. 2016. Aspectos de la erosión de los suelos en Argentina II, Editorial AACCS, Buenos Aires. 108 pp.

Saenz C.A., N. Rusoci & J.C. Colazo. 2016. Balance hídrico de diferentes escenarios en la cuenca El Morro. Información Técnica 192. INTA San Luis. 18 pp.

Vicondo M.E., M.I. Genero, R. Haro & J.C. Colazo. 2016. Cultivo de cobertura post maní para controlar la erosión eólica en el S de Córdoba. En: Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Río Cuarto.

CAPÍTULO 9

TRAMA DE LA CADENA DEL MAIZ EN SAN LUIS.

Díaz, J. R.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Luis. Argentina.

| | |
|---|-----|
| 1- INTRODUCCIÓN | 139 |
| 2- EL MAÍZ EN EL MUNDO Y EN ARGENTINA | 140 |
| 2.1 Precios..... | 142 |
| 2.2 Demanda | 143 |
| 3- MAÍZ EN SAN LUIS | 145 |
| 3.1 Resultado económico | 147 |
| 3.2 Demanda | 148 |
| 3.2.1 Exportaciones..... | 149 |
| 3.2.2 Consumo interno (aporte a la industria y producción animal) | 149 |
| 3.3.3 Agroindustria | 150 |
| 4- CADENA DEL MAÍZ | 151 |
| 5- POLÍTICAS PÚBLICAS PARA EL DESARROLLO..... | 152 |
| 6- ACTORES INSTITUCIONALES | 154 |
| 6.1 Instituciones provinciales | 155 |
| 6.2 Instituciones nacionales de ciencia y tecnología | 156 |
| 6.3 Universidades | 156 |
| 6.4 Organizaciones no gubernamentales (ONG) | 157 |
| 7- INTERACCIÓN ENTRE ACTORES..... | 157 |
| 8- PROSPECTIVA PRODUCTIVA Y SOCIAL..... | 159 |
| 9- BIBLIOGRAFÍA | 160 |

1- INTRODUCCIÓN

El maíz participa con un 24 % del total de la producción de granos de la Argentina. En San Luis la cadena del maíz, presenta distintas situaciones, es el segundo cultivo en superficie y el primero en producción, representa el 56,38 % del total agrícola, liderando las exportaciones de la provincia.

Es un cultivo doble propósito de cosecha de grano y de forraje ya sea por pastoreo directo, ensilado, heno o rastrojo y además es demandado por la agroindustria.

La alimentación animal genera demanda, desde la producción bovina de carne y leche como así también la porcina.

En este trabajo se analiza la trama institucional pública y privada para la provincia de San Luis.

2- EL MAÍZ EN EL MUNDO Y EN ARGENTINA

El maíz es una de las especies cultivadas más antigua, originaria de México y domesticada por los pueblos originarios hace unos 10.000 años. Se introduce en Europa después del descubrimiento de América. Es el cereal de mayor producción y mayor área sembrada en el mundo superando al trigo y al arroz, siendo además el más consumido. Es materia prima de numerosos productos y la tecnología para la producción del cereal es objeto de numerosas investigaciones.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) en febrero de 2017 estima que la producción mundial será de 1.040,21 millones de toneladas siendo Estados Unidos el primer productor con 384,8 millones, seguido de China con 219,5, Brasil con 86,5, la Unión Europea con 60,3, y Argentina con 36,5 entre los más importantes (Grafico 9.1).

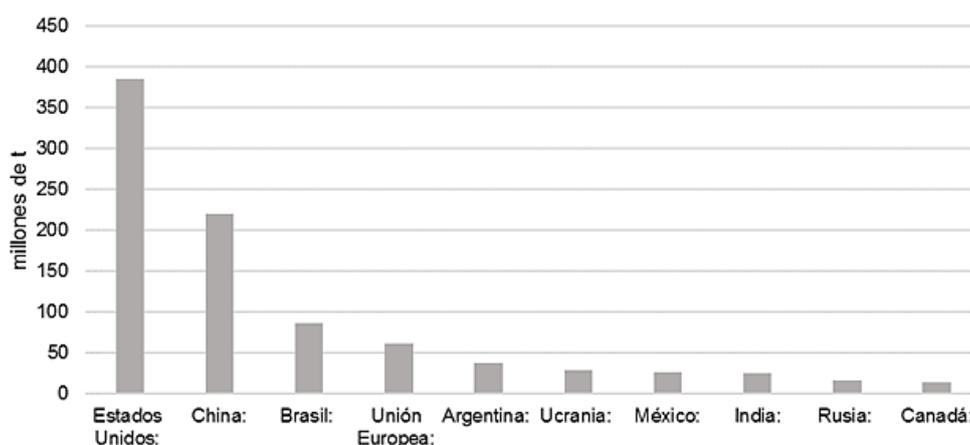


Grafico 9.1: Estimación de la producción mundial de maíz en millones de toneladas año 2017. Elaborado con datos de www.produccionmundialmaiz.com.

En Argentina el rol de la agricultura es fundamental en la economía y el maíz es muy importante, participando con un 24 % del total de la producción de granos.

Argentina es un proveedor muy importante del mercado mundial. La exportación genera un flujo de divisas que aporta al crecimiento general.

Con la incorporación de innovaciones tecnológicas y capital, creció la productividad agrícola, además el cambio climático ha incrementado la humedad y la frontera agrícola se ha corrido hacia el oeste. La soja alcanzó una relación hectáreas de 4 a 1 respecto de maíz, llegando en algunas zonas de 6 a 1. El maíz, con 5 millones de hectáreas sembradas es el segundo cultivo en superficie después de la soja. Si se compara con la soja esta ha tenido un crecimiento más acelerado a partir de los noventa. La superficie sembrada en el periodo 1996/97 a 2015/16 ha crecido a razón de 761.645 has por año mientras que el maíz a 154.659 has. (Grafico 9.2).

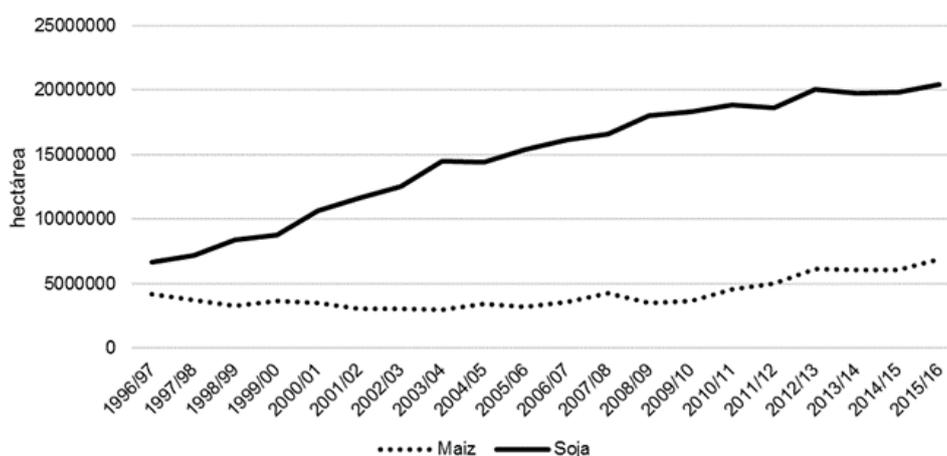


Grafico 9.2: Superficie sembrada de maíz y soja en Argentina. Elaborado con datos de Ministerio de Agroindustria.

El sistema de agricultura argentino está sustentado en la siembra directa en más del 80% de la superficie sembrada. Este sistema requiere una alternancia de leguminosa y gramíneas donde al menos uno de cada dos años se instale una gramínea la cual posee raíces estructurantes y una mayor cobertura para mantener la sustentabilidad.

El despegue productivo del maíz en la década pasada, se debe a nuevos híbridos de mayor potencial de rendimiento y mejor resistencia a enfermedades y plagas, a un

crecimiento del área fertilizada, a la siembra directa, al riego complementario, y a la innovación constante de maquinaria y el uso de materiales transgénicos.

Su producción se concentra en Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, donde predomina la agricultura permanente, bajo sistemas de producción por contratos o en redes de empresas. En esta zona se aplica tecnología más eficiente, mientras que en el resto del país la situación es distinta con diferencia entre grandes, medianos y pequeños productores, que en algunos casos no aplican todo el potencial de tecnología disponible.

Debemos considerar además que el maíz es materia prima de industrias y se impone por su importancia en la alimentación humana y también animal.

2.1 Precios

El mercado de Chicago lidera el precio del maíz y en la Argentina el precio se genera con orientación del mercado mundial y los factores que afectan a los commodity. Los precios del maíz determinan la variación en el resultado económico y la superficie sembrada, estos han sido muy variables llegando en algunos momentos a los 200 U\$S la tonelada (Grafico 9.3). Información de la Bolsa de Cereales de Rosario disponible en la página web <http://news.agrofy.com.ar/granos/precios/series-historicas/pizarra>

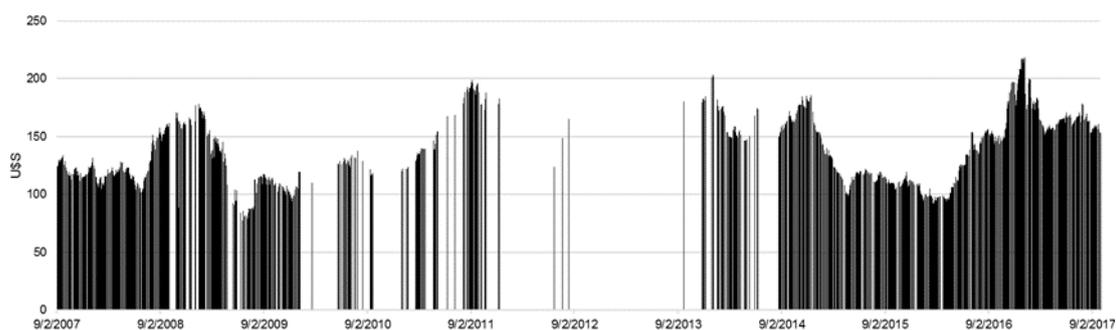


Grafico 9.3: Precio diario Rosario en U\$S. Adaptado con información de la Bolsa de Cereales de Rosario

Si se promedian valores del año 2007 al 2016, el mayor de todos fue del 2011 y los valores más bajos en el 2009 y el 2015 respectivamente (Grafico 9.4).

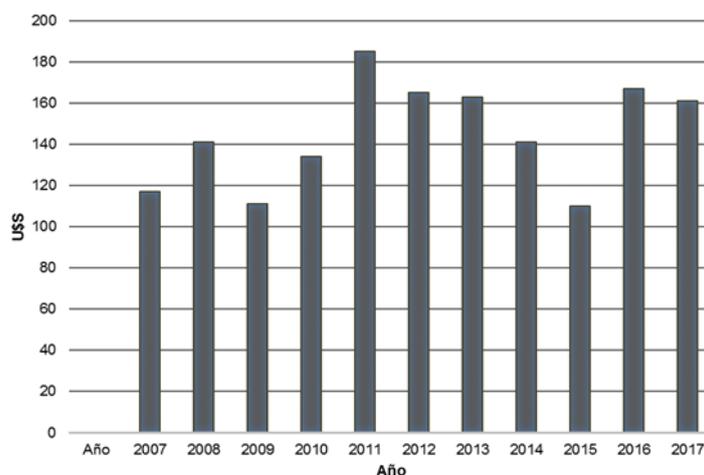


Grafico 9.4: Precio promedio. Valor Rosario en US\$ adaptado con datos de la Bolsa de Cereales de Rosario (2007-2017).

En pesos actualizados por el índice de precios elaborado por la Dirección de Estadísticas y Censos de la provincia de San Luis la evolución es similar (Grafico 9.5).

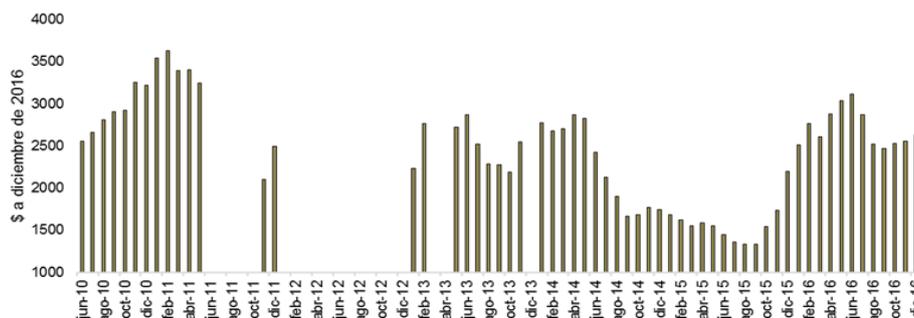


Grafico 9.5: Precio Rosario en \$ a valores de diciembre 2016 elaborado con información de la Bolsa de Cereales de Rosario e índice precios SL.

2.2 Demanda

La cosecha de maíz de la campaña 2015/16 produjo 39.792.854 millones de toneladas según el informe de Ministerio de Agroindustria, destinando el 59,6% a la exportación siendo los principales destinos Sudáfrica, Egipto, Chile, Estados Unidos y Corea del Sur.

La demanda de granos es derivada ya que no se utiliza para el consumo humano, sino que es objeto de transformaciones industriales o insumo de la ganadería.

El posicionamiento exportador del complejo agropecuario y agroindustrial de maíz tiene un 87% de grano, 2,4% de semilla y un 10,6% productos con algún grado de industrialización (Goizueta 2014). La mayor parte son productos de bajo valor agregado.

La Cadena del Maíz genera empleo, inversión y desarrollo regional. La relación entre exportación y consumo interno hace que los actores de la cadena coordinen como se abastece cada consumidor de grano.

La Dirección Nacional de Información y Mercados emplea una metodología donde el cálculo final incluye coeficientes de consumo que miden la relación insumo maíz-producto y proyectan volúmenes determinantes de consumo interno de maíz.

El consumo interno fue de 40,4%, la alimentación animal demandó 80,2%, las industrias de molienda, 8,8%, combustible, 9,9% y semilla 1% (Ciani 2016).

El consumo más importante es para nutrición animal siendo la alimentación bovina la que más lo utiliza (Gráfico 9.6).

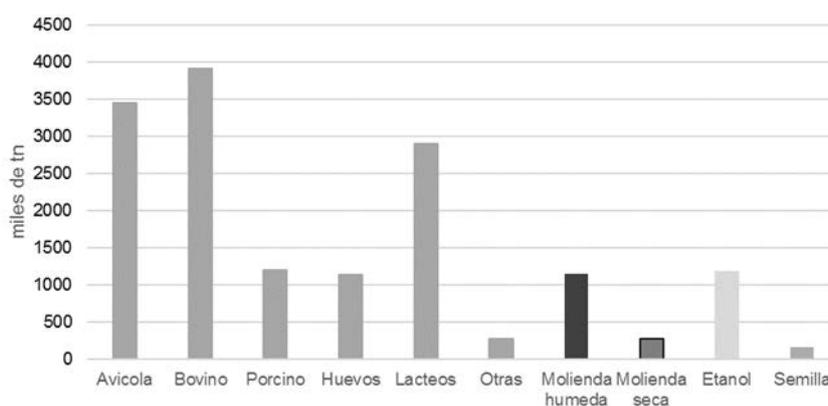


Gráfico 9.6: Distribución de la demanda interna cosecha 2016. Elaborado con información de Ciani (2016).

El hecho de poder almacenar maíz en el campo como grano o silo, es fundamental para suplementar en ganadería. La relación precio de maíz/precio de la carne, determina el uso del grano.

Al uso de grano seco se agrega el grano húmedo, el gluten feed, los alimentos balanceados, el pastoreo diferido de maíz en planta, el pastoreo en verde y el silo de maíz cortado y picado; siendo la ganadería de carne la que más consume del rubro alimentación animal.

La demanda de agroindustria es estable todo el año. La molienda seca en la Argentina se produce en 70 molinos de pymes familiares que compran el maíz a medida que lo necesitan.

3- MAÍZ EN SAN LUIS

En la provincia de San Luis el maíz es el segundo cultivo en superficie y primero en producción, con el corrimiento de la agricultura hacia el oeste, la superficie sembrada evoluciona positivamente desde la campaña 2006/07 al presente.

Hasta el año 2012 el Ministerio de Agricultura elaboraba la información utilizando informantes calificados. A partir de entonces utiliza imágenes satelitales y un sistema de información geográfica, con control a campo.

En la campaña 2015/16 la superficie sembrada de cultivos anuales, incluyendo las forrajeras, se estimó en 848.686 ha. La campaña fue liderada por la soja con casi 396.926, seguida por el maíz con 300.300, el resto están muy lejos de esta superficie (Grafico 9.7).

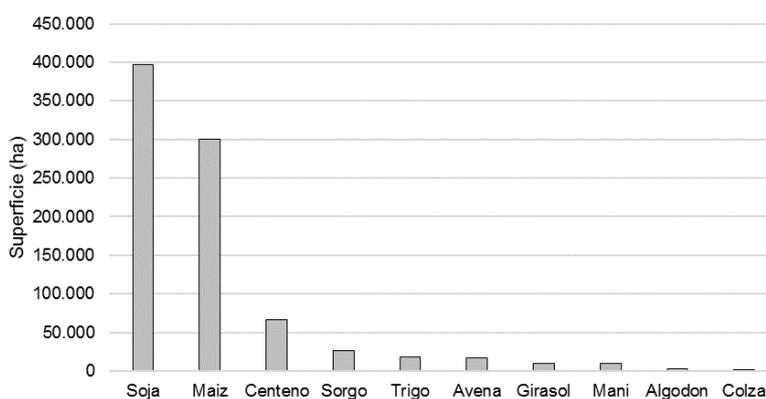


Grafico 9.7: Superficie sembrada campaña 2015/16.

Si se compara soja con maíz, la evolución se presenta en el grafico 9.8.

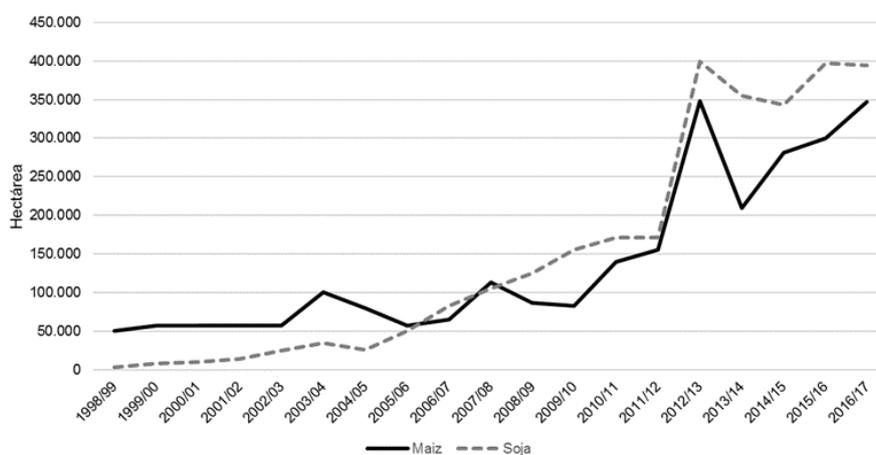


Grafico 9.8: Maíz y Soja. Superficie sembrada (1998-2017). Elaborado con datos del Ministerio de Agroindustria.

La producción total ha aumentado en forma notoria comparada con la superficie cosechada en los últimos años (Grafico 9.9).

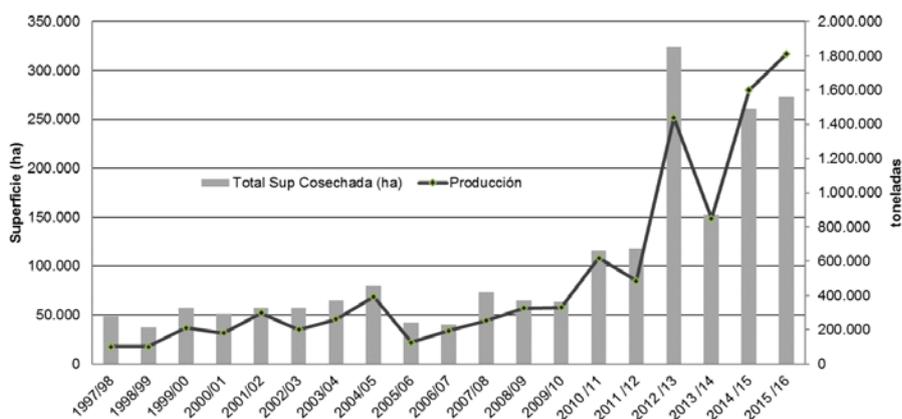


Grafico 9.9: Superficie cosechada y producción en San Luis (1997-2016). Elaborado con datos del Ministerio de Agroindustria.

Si bien puede haber habido una subestimación de la superficie, la tendencia del rendimiento por ha entre las campañas 1997/98 a la 2015/16 fue creciente a una tasa de 0,1629 t/ha/año. El avance genético permitió aumentar los rendimientos de San Luis de 2,1 a 6,6 t/ha de promedio provincial en diez años.

En el siguiente grafico para la provincia de San Luis la producción 2015/16 calculada a partir de un rendimiento estimado de 6.634 kg/ha fue de 1.812.937 t (56,38%) (Grafico 9.10).

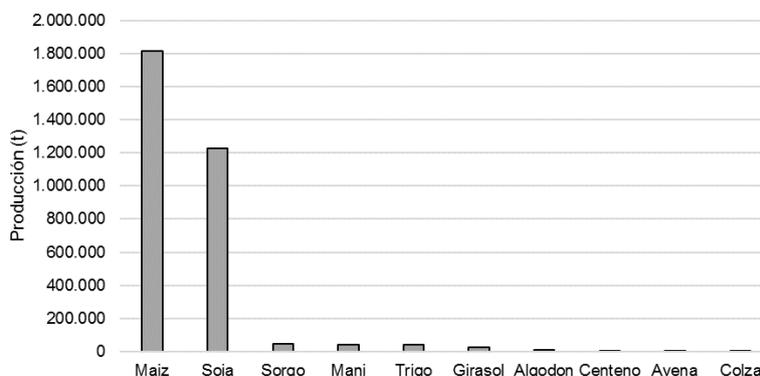


Grafico 9.10: San Luis. Producción campaña 2015/16 con datos de Delegación del Ministerio de Agroindustria

La superficie sembrada por departamento campaña 2015/16 la lidera el departamento Pedernera con el 53,7% seguida del departamento Pringles 19,1% y Dupuy 14,4%.

Los rendimientos en kilos por departamento en la campaña 2014/15 los lidera el departamento Ayacucho, aunque su producción es de un 100% del cultivo bajo riego seguido de Junín y Pedernera.

3.1 Resultado económico

La evolución del resultado económico fue tomada del boletín económico INTA San Luis, redes de economía agropecuaria de La Pampa y San Luis. Los márgenes brutos de los principales productos agropecuarios de la provincia de San Luis, se tomaron, desde marzo de 2010 en valores constantes corregido por índice San Luis a diciembre de 2016.

El análisis económico del cultivo de maíz tiene tendencia negativa hasta la devaluación y eliminación de retenciones de maíz en diciembre de 2015, luego de un año con muy bajo precio internacional. Los valores más altos están en el 2011 acompañando el precio internacional (Grafico 9.11).

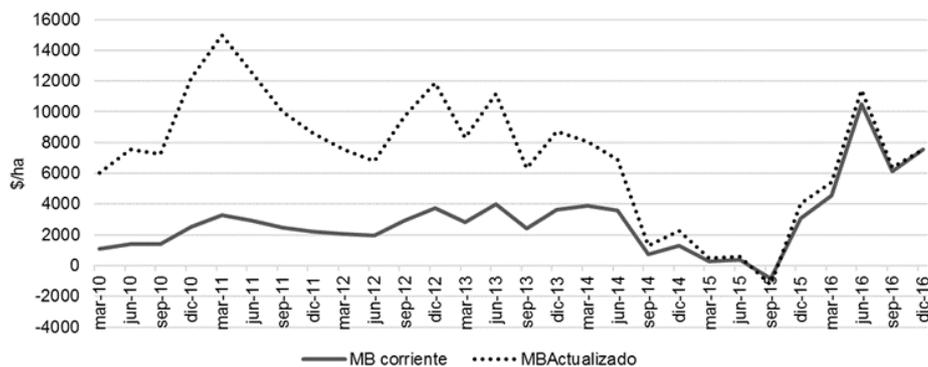


Grafico 9.11: Resultado económico de maíz (diciembre 2016). Elaborado con información de Red Economía INTA EEA San Luis.

3.2 Demanda

En la campaña 2015 /16 para San Luis, según el Sistema integrado de información agropecuaria (SIIA) del Ministerio de Agroindustria, se calculó la producción en 1.812.937 t de maíz.

La demanda del grano está conformada por las exportaciones y el consumo interno en la provincia (Grafico 9.12).

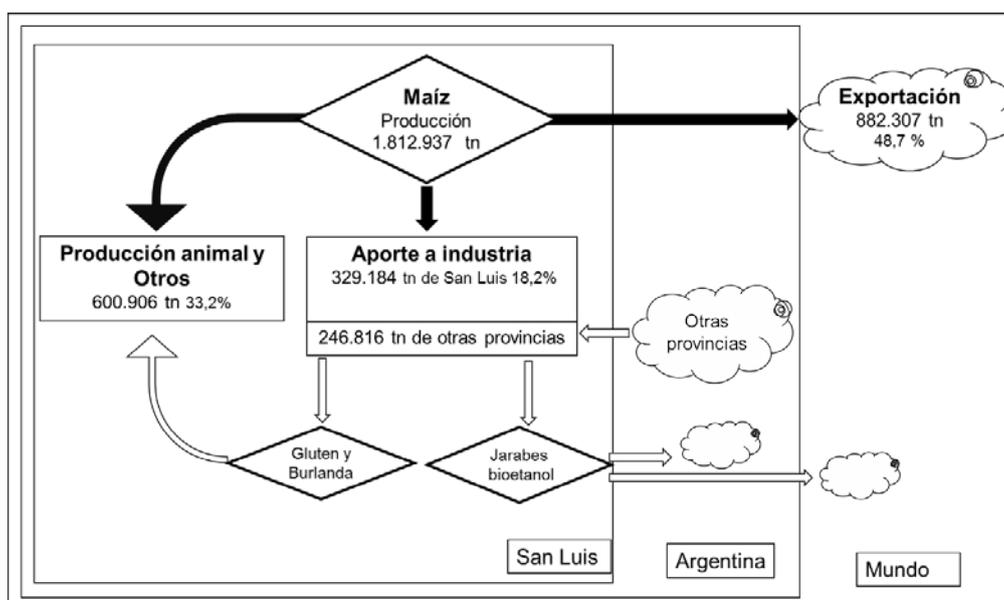


Grafico 9.12: Destino de la producción del maíz provincial.

3.2.1 Exportaciones

Las exportaciones totales de la provincia han crecido año tras año; en el 2008 y 2012 se registraron los valores más altos, llegando este último a U\$S 685.441.995. El maíz es el líder exportador de la provincia, a partir del 2012 su participación creció, hasta alcanzar el 27,1% en el 2015, año en el que se exportaron aproximadamente 882.307 t lo que representa el 48,7 % de la producción provincial (Tabla 9.1).

Tabla 9.1: Exportaciones de San Luis (Dirección de Estadísticas y Censos)

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|-----------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| U\$ exportación | 110.770.605 | 133.308.238 | 90.586.067 | 140.286.815 |
| % del total | 16,87 % | 22,58% | 17,44% | 27,1% |

3.2.2 Consumo interno (aporte a la industria y producción animal)

Una parte de la demanda la constituyen las agroindustrias y otros actores de comercialización, acopiadores y productores ganaderos. La alimentación animal genera demanda principalmente para producción porcina y bovina. En el caso de los cerdos, San Luis tiene un total de 179.415 cabezas, 39.817 capones y 30.801 madres (SENASA 2015).

El total de bovinos de carne alcanza 1.581.443 cabezas que representan el 3% del rodeo nacional, 738.932 vacas y 89.974 novillos que son terminados con distintos sistemas intensivos (SENASA 2016), en los cuales interviene el maíz como insumo.

Hay 29 tambos con un total de 4.000 vacas en ordeño, según el Ministerio de Industria de San Luis (2015) en donde también se utiliza el maíz como insumo en su alimentación.

La agroindustria tiene dos subproductos, la burlanda y el gluten feed; de los cuales se producen unas 342.000 t por año, incorporados como insumos alimenticios en los sistemas ganaderos diseñados y validados por INTA en las experimentales de Manfredi y San Luis.

La burlanda comenzó a producirse en Estados Unidos en el 2004 y en Argentina en el 2012. Se produce a partir de la fermentación controlada de granos para la obtención de bioetanol. Se comercializa con un contenido de agua del 65 al 70% y también se comercializa seca.

En la alimentación de bovinos puede sustituir la totalidad de los concentrados proteicos y parte del grano de maíz en dietas completas de novillos en terminación sin afectar su desempeño productivo. INTA Manfredi la incorporó hasta un 45% de materia seca en la ración de novillos durante los últimos 70 días de engorde a corral (Latimori 2016).

El creciente uso del maíz para producir etanol representa una oportunidad para la ganadería y se constituye en un desafío para generar valor agregado en la comercialización de la burlanda (Garzón 2013).

El otro subproducto, gluten feed, también se ha difundido para alimentación de bovinos. Está compuesto por la porción fibrosa, proteínas solubles y torta de extracción de aceite. Contiene un mínimo del 21% de proteínas, alta energía metabolizable y excelente cantidad de aminoácidos y vitaminas. Se presenta en pellets o en forma húmeda como pasta. Se ha incorporado en la cadena de la carne y el INTA San Luis (Frasinelli et al. 2013) ha trabajado en el diseño de sistemas de producción viables de cría recría y engorde. Se utilizaron pellets, y también gluten feed húmedo, hasta un 70% de la dieta con altas ganancias sin afectar la calidad, el sabor ni la ternura de la carne (Frasinelli 2016).

La relación de precios entre productos agrícolas y ganaderos permite intensificar la invernada con gluten feed para reducir la superficie ganadera aumentando la eficiencia de uso del suelo (Manazza 2015). El gluten feed en pellets tiene costos similares al grano de maíz y aporta flexibilidad y calidad en la alimentación. Su limitante es el flete en las zonas alejadas de la planta.

3.3.3 Agroindustria

La agroindustria en San Luis es muy importante en el desarrollo local, es altamente demandante de ocupación directa e indirecta y genera movimiento económico e ingresos a todo el comercio local.

El complejo maíz procesa unas 576.000 t por año, volumen que representa el 31,7% de la producción provincial. Esta cantidad proviene no solo de San Luis sino también de otras provincias, por razones de mercado o vinculación con empresas y la necesidad de un suministro constante durante todo el año, este ingreso es variable y se estima en unas 246.000 t por año.

Las principales agroindustrias que procesan maíz en el territorio son dos:

Glucovil Argentina S.A:

Instalada en la provincia desde 1983, propiedad del grupo Ledesma y asociada a Cargill en 2009. Se dedica a la molienda húmeda, destinando los productos al consumo humano y animal. Separa el grano en sus componentes químicos: almidón, proteína, aceite y fibra.

El jarabe de fructosa es insumo de bebidas gaseosas, jugos y licores y un subproducto es el gluten feed, utilizado en la nutrición animal. Se producen aproximadamente 12.000 t por mes. La planta consume de 1.000 a 1.100 t de maíz por día del cual la provincia le provee cerca del 70% dependiendo del año.

Diaser S.A:

Instalada en Villa Mercedes desde 2013, posee una de las cinco plantas de etanol del país. Procesa de 600 a 650 t de maíz por día, con las cuales produce 230.000 litros de etanol y 550 t de burlanda diarios. La empresa se integra hacia atrás con un establecimiento agropecuario.

4- CADENA DEL MAÍZ

El enfoque de cadenas se transforma en un importante instrumento analítico para fijar prioridades de investigación tecnológica y desarrollos de innovación. Permite conocer quiénes y cuántos son los actores, que funciones tienen y como se relacionan.

Es importante conocer el valor agregado que se incorpora a un bien, es decir, el incremento en el valor económico en las diferentes etapas del proceso productivo, y su distribución a lo largo de la cadena, y quien se lo apropia, según los nodos de concentración de poder (Gereffi 1999).

El poder en la cadena se refleja en relación al tamaño relativo de una firma, empresa o grupo en particular, puede ser por mayor participación en las ventas en el valor agregado y en el poder de compra.

Se entiende por gobernabilidad o “gobernanza” a las relaciones entre los diferentes actores como compradores, vendedores, proveedores e instituciones que operan dentro o influyen en actividades de la cadena y la capacidad de alguna de estas partes para ejercer poder a lo largo de la misma. Distintos actores pueden ejercer más o menos influencia en los mercados locales o globales y el alcance del impacto de un actor puede afectar a toda una economía o a una industria específica (Gereffi 2005).

Conocer su alcance es importante para la generación, la transferencia y la difusión de conocimientos orientados a la innovación, con lo que las empresas pueden mejorar su rendimiento y competitividad. (Stacey 2009).

Se ha definido un concepto de mejora (en inglés upgrading) como la capacidad de una empresa, o de una economía, para moverse a una situación de mejor rentabilidad y/o nivel tecnológico más sofisticado e intensivo (Iglesias 2013).

Se dan cuatro direcciones en las que los agentes económicos pueden actualizarse: el aumento de la eficiencia de las operaciones internas, la mejora de los vínculos entre empresas, la introducción de nuevos productos y el cambio de la combinación de actividades llevadas a cabo dentro de la empresa (Kaplinsky 2000).

La cadena que nos ocupa tiene una estructura que nuclea la provisión de insumos y servicios, la producción por productores agrícolas, el consumo para producción, la comercialización local mediante acopiadores, comerciantes, exportadores, la transformación en la agroindustria y la provisión de subproductos como el gluten feed y la burlanda para la producción animal.

5- POLÍTICAS PÚBLICAS PARA EL DESARROLLO

La cadena del maíz tiene un rol fundamental en el desarrollo territorial, impactando en la competitividad y economía de la provincia y por ende en la calidad de vida de sus habitantes. Impulsa el trabajo en los sectores institucionales, agropecuarios, agroindustriales y comerciales de manera directa e indirecta.

El estado provincial tiene un rol para trabajar con cada eslabón de la cadena y su crecimiento con acciones de optimización de la infraestructura vial, energética, vivienda, logística, servicios, políticas activas y el apoyo a los aspectos organizacionales. El estado nacional participa con políticas impositivas, aranceles diferenciales de exportación y el desarrollo tecnológico, mediante la investigación, extensión y la capacitación a través de Universidades.

La estrategia del sector maicero impone tanto diversificar la cadena con planes estratégicos en cada eslabón como adecuar costos aumentando el nivel de eficiencia de la cadena de comercialización en los sectores con menos capacidad, para lograr un mayor valor para el productor y un menor costo para el consumidor final.

Las políticas públicas deberían promover el crecimiento agrícola con sustentabilidad permitiendo el desarrollo de la cadena de valor de maíz en toda su extensión. Se requiere adecuar las obras viales, ferroviarias, hidrovías y puertos. Las políticas deben ser activas para promover las inversiones y el desarrollo social.

El sector científico y tecnológico es también esencial para que los productos generados en cada eslabón de la cadena tengan las características de calidad y confiabilidad que necesita el siguiente eslabón o el usuario final.

Silva (2013), menciona la jerarquía de las necesidades de facilitación para la competitividad de la agroindustria en tres grupos. El primero son los habilitadores esenciales: política comercial, infraestructura, tenencia de la tierra y derechos de propiedad. El segundo son los habilitadores importantes: servicios financieros, investigación y desarrollo, estándares y normativas y por último los habilitadores útiles: vínculos comerciales, servicios de desarrollo empresarial y facilidad para hacer negocios.

Algunos de estos son políticas macro o de índole nacional o provincial, un informe de FAO (2013) destaca que “la infraestructura tiene un efecto significativo y positivo en el crecimiento económico; los efectos positivos de la infraestructura no provienen de las inversiones en las instalaciones físicas, sino más bien de los servicios generados”. La investigación agrícola establece y mantiene la competitividad del sector agroindustrial y ha sido considerada como clave para aumentar la productividad agrícola y el desarrollo territorial.

6- ACTORES INSTITUCIONALES

Las redes socio-institucionales son claves en el desarrollo innovador de un territorio. Según Caravaca (2003) para la creación de un entorno local innovador y abierto al cambio es importante la cooperación entre las instituciones, asociaciones y agentes que, de una u otra forma, tienen presencia activa en el funcionamiento del sistema productivo. Dicha cooperación se sustenta en un clima de confianza mutua, propiciado por sentimientos de identidad colectiva.

Es preciso identificar los actores, cómo actúan, como se conectan en red y como es la organización institucional donde “las redes sociales de cooperación colaboran en el impulso de las innovaciones” (Méndez 2003) (Grafico 9.13).

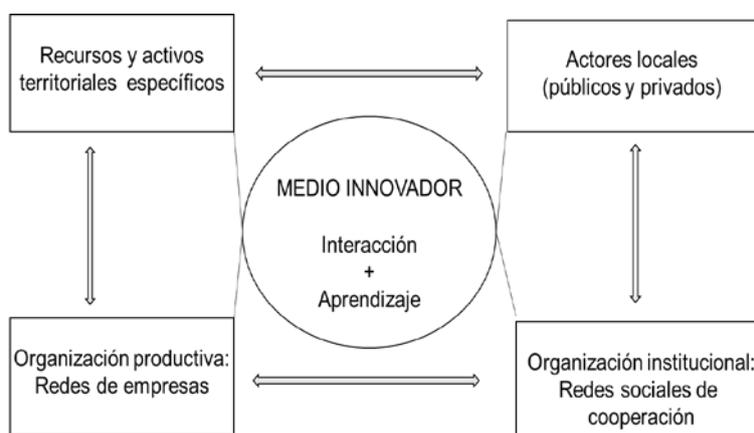


Grafico 9.13: Condiciones para formación y el desarrollo de un territorio innovador (Méndez, 2003)

Es preciso analizar la dinámica de las instituciones que influyen la cadena, las organizaciones de la trama productiva, los actores comerciales, y el trabajo participativo y colaborativo entre actores y sus interacciones.

Padilla (2016) expresa que hay que definir las organizaciones públicas y privadas que regulan y apoyan el funcionamiento de los eslabones y la cadena en su conjunto. Pueden ser organizaciones técnicas, financieras, de investigación y de control. Estas influyen la gobernanza de la cadena (Grafico 9.14).

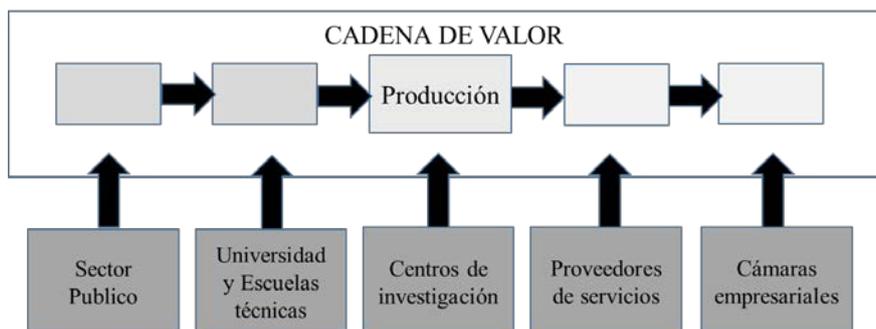


Grafico 9.14: Organizaciones de apoyo (Padilla, 2016)

6.1 Instituciones provinciales

San Luis posee un perfil de desarrollo con tecnologías innovadoras. El Estado provincial ha desarrollado una amplia red de infraestructura vial, energética, de captación y distribución de agua, aplicando una política activa de desarrollo productivo, articulando los procesos de extensión y logística, el uso de tecnologías de información y comunicación (TICs), clima, etc.

Se destacan las acciones de la Zona de Actividades Logísticas (ZAL), ubicada en la ciudad de Villa Mercedes, que trabaja sobre la distancia a los centros de comercialización considerada como una debilidad estructural. Una de sus acciones es la Agrozal, que es una planta de transferencia, almacenaje y acondicionamiento de granos, con el fin de generar un punto de convergencia de la producción agrícola. Es un centro de almacenaje y comercialización de productos derivados de cereales y oleaginosas.

La capacidad actual de almacenaje de Agrozal es de 15.500 t con una capacidad operativa de 45.000 t. Puede operar 70 camiones por día y proporciona el servicio de pesaje, carga y descarga de trenes y camiones, acondicionamiento, secado, limpieza, aireación y análisis de calidad de los granos. Se complementa con la Ferrozal, empresa provincial de transporte ferroviario de carga desde y hacia la provincia de San Luis.

Un apoyo a la gobernanza integral de la cadena lo constituye el Instituto de valor agregado agroindustrial (IVAA), organismo público privado, herramienta operativa de carácter técnico, prestador y productor de servicios y asesoramiento, investigación y capacitación para aumentar la competitividad de los actores de la cadena de valor agroindustrial. Entre otros fines promueve la transparencia de los mercados y

transacciones, fomentando la equidad de oportunidades y condiciones comerciales. Genera un “precio San Luis” de referencia para el centro-oeste del país, con carácter no vinculante, como resultante de considerar una matriz dinámica integrada por variables ponderadas con respaldo técnico. Proporciona un precio de referencia a los mercados para lograr equidad de oportunidades (Gráfico 9.15).

6.2 Instituciones nacionales de ciencia y tecnología

La investigación pública y privada, donde el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) es parte, ha sido muy importante para la generación de innovaciones en los distintos eslabones y actores de la cadena. El INTA trabaja activamente en investigación, innovación y extensión de tecnologías en las cadenas de valor, procurando el pleno desarrollo territorial, aportando a la genética, agricultura sustentable y agricultura de precisión. Su sistema de extensión apoya los procesos de intercambio de información y conocimientos, acompañando a los productores agropecuarios para que sean competitivos, crezcan en un marco de equidad social y produzcan preservando el medio ambiente.

El INTI está radicado en la provincia por el pedido de varias instituciones públicas y privadas a partir de que la provincia de San Luis cuenta con 300 plantas industriales de varios rubros, de las cuales 90 industrias están en Villa Mercedes, donde se radica el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), que en la actualidad articula con instituciones públicas y privadas mediante acciones de investigación y extensión.

Las tecnologías promovidas por ambas instituciones cuentan con un acceso un tanto restringido debido a la limitada oferta de crédito.

6.3 Universidades

Las Universidades además de innovaciones aportan a la cadena capacitación y recursos humanos. La Universidad Nacional de San Luis (UNSL) con varias décadas de existencia, posee carreras ligadas al sector productivo industrial y comercial. Trabaja mediante proyectos de ciencia y técnica con dos facultades, la de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (FICA), y la de Ciencias Económicas, Jurídicas y Sociales (FACEJyS).

La Universidad Nacional de Villa Mercedes (UNViMe) de reciente creación, posee carreras de ingeniería agroindustrial, de logística y medio ambiente.

6.4 Organizaciones no gubernamentales (ONG)

Operan en la provincia organizaciones gremiales del eslabón primario del sector agropecuario agrupados en las sociedades rurales, cámaras de comercio, pymes y de industria de Villa Mercedes y zona de influencia. Otra rama de organizaciones son las tecnológicas, entre las cuales están la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) conformada por productores interesados en la conservación del suelo. Otros están en los Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (CREA) que comparten sus experiencias y conocimientos para aumentar la rentabilidad y lograr el crecimiento sustentable.

La cadena completa la representa la Asociación Maíz y Sorgo Argentino (MAIZAR) Reúne a integrantes de la cadena productiva, comercial, industrial, alimenticia y exportadora del maíz, con el fin generar mayor oferta para las industrias capaces de darle mayor valor agregado.

7- INTERACCIÓN ENTRE ACTORES

Existe una trama institucional pública y privada que articula en la cadena y tiende a generar acciones que aporta a la gobernanza y mejora (upgrading); siendo necesario intensificar esta tarea con redes de innovación, mejorando la incorporación de tecnología, la sinergia campo industria y las políticas públicas.

Los actores se vinculan, mediante relaciones de abastecimiento y contratación, con variadas formas de gobernanza. Los productores agrícolas se relacionan con empresas contratistas, de semillas y agroquímicos, en la comercialización con acopiadores exportadores y la industria, dependiendo además del transporte. En algunos tramos de la cadena, la concentración del poder debilita la capacidad negociadora de los pequeños y medianos productores. La comercialización en general está pautada por la industria y los exportadores mientras que los productores están poco organizados y más desprotegidos.

Las diversas actividades se enlazan y coordinan de diferentes maneras lo que influye en la toma de decisiones de todos los eslabones. La demanda del grano la realizan los acopiadores y exportadores, la industria y la producción animal.

Las ONG gremiales y tecnológicas a las que están adheridos algunos productores y la industria, promueven la participación e integración de sus miembros.

Respecto de las relaciones entre los actores podemos mencionar que:

El INTA San Luis interactúa con el productor en la producción de grano y en el uso de subproductos en producción animal, realizando ensayos para evaluar genética, fechas y densidades de siembra, rendimiento, resistencia y alternativas de control de plagas, enfermedades y malezas y análisis de fertilización en los distintos tipos de suelo.

Para el productor ganadero se diseñaron sistemas de cría recria y engorde basados en gluten feed. Se condujeron ensayos en campos demostradores, con sus alternativas de uso. Se intensificó el uso de la burlanda y el gluten feed ejecutando un convenio de colaboración con la industria (INTA - Glucovil Argentina S.A.).

La Universidad además de la formación de recursos humanos aporta a través del sistema de ciencia y técnica. El INTI participa con sus programas de vinculación con la agroindustria.

La provincia a través de la ZAL y el "precio San Luis" propone un instrumento para generar un precio de referencia para el centro oeste del país y mejorar las relaciones que hacen a la gobernabilidad de la cadena.

El grafico 15 muestra la trama de relaciones a lo largo de la cadena entre los actores.

La cadena debe tender a generar acciones que aporten a la gobernanza y mejora; es necesario intensificar esta tarea con redes de innovación, mejorando la incorporación de tecnología, la sinergia campo industria y las políticas públicas.

- Mayor participación de Instituciones no gubernamentales.
- Mayor articulación de la cadena de valor que integre eslabonamientos productivos implicando una mayor sinergia.
- Mayor articulación de Instituciones públicas y privadas.
- Mayor inversión de investigación y desarrollo para incorporar innovaciones que mejoren la adaptación a los diferentes ambientes productivos.
- Crecimiento de los mercados formadores de precios futuros que permiten acotar los riesgos, facilitan las inversiones y la planificación.

9- BIBLIOGRAFÍA

AAPRESID. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa.
<http://www.aapresid.org.ar>

Agrofy News Precios históricos de pizarra. <http://news.agrofy.com.ar/granos/precios/series-historicas/pizarra>

Boletín económico INTA San Luis <http://inta.gob.ar/documentos/costos-de-produccion-y-margenes-brutos-de-los-principales-productos-agropecuarios-de-la-provincia-de-san-luis-por-regiones>

Bragachini M. et. Al. 2014. "El maíz, bioenergía y agregado de valor en origen". INTA Manfredi Programa Nacional Agroindustria y Valor Agregado.

Caravaca, I. Gonzales, G. Silva, R. 2003. Redes e innovación socio-institucional en sistemas productivos locales. Boletín de la A.G.E. N.º 36 - 2003, págs. 103-115. Universidad de Sevilla

Ciani R. 2016. "Cálculo de consumo interno de maíz en Argentina". Subsecretaria de mercados agropecuarios. Ministerio de Agroindustria

CREA. Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola. Página web: <http://crea.org.ar>

Dirección provincial de estadísticas y censos. Gobierno de San Luis. Página web: <http://www.estadistica.sanluis.gov.ar/>

Frasinelli, C. y Veneciano, J. 2014. Sistemas bovinos sobre gramíneas megatérmicas perennes en San Luis. Ediciones INTA ISBN 978-987-521-472-9

Frasinelli, C. y Díaz, J. 2016. Impacto productivo y económico de la utilización de subproductos de la Agroindustria en la ganadería de San Luis <http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/wp-content/uploads/2016/10/gar.pdf>

Kaplinsky, R. (2000), Globalisation and unequalisation: what can be learned from value chain analysis?, *Journal of Development Studies*, vol. 37, N° 2, Taylor & Francis

Garzón, J. y Rossetti, V. 2013. Una Argentina Competitiva, Productiva y Federal Actualidad y desafíos en la cadena del maíz y sus derivados industriales. IERAL. Edición N° 125.

Gereffi, G. 1999. 'International Trade and Industrial Upgrading in the Apparel Commodity Chain', *Journal of International Economics* 48: 37–70.

Gereffi, G. Humphrey, J. y Sturgeon. 2005. T. The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*.

Goizueta M. 2014. "Conducta, dinámica y patrones tecnológicos de la cadena del maíz". 1ª ed. Buenos Aires. Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva.

Iglesias D. 2013. "Upgrading" de las cadenas de valor". Seminario Upgrading Cadenas de valor en los territorios (UNS Dpto. Economía) INTA AAEA

Latimori, N., Carduza, F., Merayo, M., Grigioni, G. y Garis, M. 2016. "Efectos de la incorporación de burlanda de maíz en la dieta de bovinos para carne". Proyecto Nacional Procesos productivos agroindustriales para agregar valor en origen en forma sustentable. INTA.

MAIZAR. 2013. "La cadena del maíz y las oportunidades para desarrollo en la Argentina". Consultoría elaborada por encargo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <http://www.maizar.org.ar>

Manazza, F., Frasinelli, C; Guerri, E. y Diaz, J. 2015. "Competencia por el uso de la tierra en zona mixta de la provincia de San Luis: análisis intertemporal del trade-off entre actividades ganaderas y agrícolas en sistemas mixtos". XLVI Reunión Anual de la AAEA.

Mendez, R. 2003. Innovación y redes locales como estrategias de desarrollo territorial. Treballs de la Societat Catalana de Geografia 55,2003 (177-198)

Padilla Pérez, R. Oddone, N. 2016. Manual para el fortalecimiento de las cadenas de valor. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Editorial CEPAL FIDA. México

Producción mundial de maíz: <https://www.produccionmundialmaiz.com>

Revista rural “Los novillos piden gluten feed”. (2015) Revista rural AAPRESID especial para Clarín. <http://www.pressreader.com/argentina/revista-rural/20150606/281792807736666>

SENASA. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. Página web: <http://www.senasa.gov.ar/cadena-vegetal/cereales/informacion/informes-y-estadisticas>

SENASA. 2014. Informe estadístico de producción porcina.

Silva C., Baker D., Shepherd A., Jename C., y Miranda da Cruz S. 2013. “Agroindustrias para el desarrollo”. FAO. Roma.

SIIA – Sistema Integrado de Información Agropecuaria – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca www.siiia.gov.ar

Stacey, F. Gereffi, G. La gobernabilidad de la cadena de valor. 2009. USAID Agencia Internacional de desarrollo de los Estados Unidos.

USDA Departamento de Agricultura de Estados Unidos (2017). Página web: <https://www.usda.gov/>

CAPÍTULO 10

ALGUNOS DESARROLLOS INSTRUMENTALES Y METODOLÓGICOS REALIZADOS EN LA E.E.A. SAN LUIS.

Echeverría, J. C.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA San Luis. Argentina.

| | |
|--|-----|
| 1- INTRODUCCIÓN | 163 |
| 2- INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN | 164 |
| 2.1 Índices de tendencia de la vegetación..... | 164 |
| 2.2 Índices de deterioro ambiental | 165 |
| 2.3 Índice de calidad de semivariogramas | 167 |
| 2.4 Índice de la tecnología agrícola (ITA) aplicada..... | 172 |
| 2.5 Índice de apropiación de la tecnología | 176 |
| 3- INSTRUMENTOS DE LABORATORIO | 179 |
| 3.1 Determinación de los componentes vivo y muerto en poáceas | 179 |
| 3.2 Cánula para extracción de gases y licor ruminal | 180 |
| 4- METODOLOGIAS PARA DIAGNÓSTICOS..... | 181 |
| 4.1 Patrones micro histológicos de especies vegetales..... | 181 |
| 4.2 Identificación de valores para incorporar en las tecnologías | 182 |
| 5- BIBLIOGRAFÍA | 186 |

1- INTRODUCCIÓN

En este capítulo se incluyen algunas construcciones instrumentales o metodológicas originales y las adaptaciones o mejoras, que se realizaron en la Estación Experimental Agropecuaria San Luis desde su creación hasta el presente. Solamente se incluyen los desarrollos que incorporan alguna novedad, omitiendo las meras aplicaciones y la descripción del conocimiento y tecnologías generados por otros medios.

2- INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Según el diccionario de la Real Academia Española un instrumento es un objeto fabricado, relativamente sencillo, con el que se puede realizar una actividad, en este caso medir. De acuerdo con Di Filippo y Mathey (2008) un índice es un número con el que se representa el grado o intensidad de cierta cualidad o fenómeno, y un indicador es una síntesis de datos básicos utilizado para analizar algún aspecto observable de un fenómeno determinado y se refiere a una sola variable.

2.1 Índices de tendencia de la vegetación

Desde la creación de la EEA San Luis en 1961 y hasta mediados de la década de 1980 un grupo de especialistas trabajaron en la determinación taxonómica, fenológica, valor forrajero, condición ecológica y utilitaria de las especies de los pastizales naturales de la región, que en aquel tiempo cubrían prácticamente la totalidad de la provincia de San Luis. El establecimiento y seguimiento de una gran cantidad de sitios de observación caracterizó el primer tercio del período. Fue al final del mismo cuando se propusieron índices con el propósito de resumir la gran cantidad de datos recopilados y ayudar a tomar mejores decisiones de manejo.

Los mencionados índices fueron presentados por David L. Anderson en un informe de un plan de trabajo de la EEA San Luis, del período 1983/4 fechado el 15 de julio de ese año. En este informe se encuentra la descripción del índice de tendencia de la densidad (INTEDE) el índice de tendencia de la cobertura (INTECO) y la primera mención del índice de tendencia de la frecuencia (INTEFRE) para cuantificar los cambios florísticos en el largo plazo. Es probable que los dos primeros índices fueran desarrollados con anterioridad.

Estos tienen la siguiente expresión matemática:

$$\text{INTEFRE (\%)} = [\sum \text{FGD} + \sum \text{FGIP} * 0.5] / \sum \text{FTG}$$

$$\text{INTEDE (\%)} = \sum \text{DGD} + \sum \text{DGIP} * 0.5$$

$$\text{INTECO (\%)} = \sum \text{CGD (\%)} + \sum \text{CGIP (\%)} * 0.5 + \sum \text{CGIA (\%)} * 0.25$$

Dónde:

CGD = Cobertura aérea de gramíneas deseables;

CGIP = Cobertura aérea de gramíneas intermedias perennes;

CGIA = Cobertura aérea de gramíneas intermedias anuales;

DGD = Densidad de gramíneas deseables;

DGIP = Densidad de gramíneas intermedias perennes;

FGD = Frecuencia de gramíneas deseables (arraigadas);

FGIP = Frecuencia de gramíneas intermedias perennes (arraigadas);

FTG = Frecuencia total de gramíneas.

La tendencia para cada uno de ellos podía ser creciente o mejorante, decreciente o desmejorante o permanecer constante. Con estos índices se generó nuevo conocimiento y realizaron recomendaciones de manejo para los ganaderos de una amplia zona del centro oeste argentino.

2.2 Índices de deterioro ambiental

Un indicador de la degradación del suelo, vegetación u otro aspecto relativo a lo “ambiental” podría ser, sencillamente, la diferencia entre un estado del recurso, por ejemplo el actual, u otro de interés, y un patrón de referencia, por ejemplo el promedio regional o el potencial.

Índice de degradación relativa

Respecto del promedio zonal

Echeverría y Peña Zubiato, (2000) propusieron este tipo de índice para evaluar la degradación relativa del suelo (IDRS), mediante la variable “% de suelo desnudo”, en la provincia de San Luis. A mayor suelo desnudo mayor degradación.

La expresión matemática del índice es la siguiente:

$$\text{IDRS (\%)} = \frac{[\text{Suelo desnudo observado} - \text{Suelo desnudo medio}]}{[\text{Suelo desnudo medio}]} * 100$$

El problema consiste en la obtención de los valores del suelo promedio. Los autores utilizaron las estimaciones de una ecuación de regresión de las precipitaciones y temperatura ambiente anual media contra el porcentaje de suelo desnudo.

Para una coordenada geográfica específica, el valor estimado por la ecuación de regresión era el suelo desnudo medio utilizado en el índice. Valores positivos indican que el deterioro observado es mayor que la media zonal. El valor del índice es directamente proporcional a la degradación observada.

Echeverría y Molinero (2000) propusieron este índice para evaluar la degradación relativa de los pastizales naturales (IDRP) mediante la variable “productividad”, en la provincia de San Luis. A mayor productividad menor deterioro.

El índice tiene la misma estructura que el anterior con los términos invertidos, de esta manera el deterioro es directamente proporcional al valor del índice. Cuando la productividad observada es mayor que la media zonal, o regional, el índice asume valores negativos, y viceversa.

$$\text{IDRP (\%)} = \frac{[\text{Productividad media} - \text{Productividad observada}]}{[\text{Productividad media}]} * 100$$

Como en el caso anterior este índice fue utilizado considerando que los valores medios zonales eran las estimaciones de una ecuación de regresión, que utilizaba las precipitaciones anuales y sus cuadrados, como variables independientes y la productividad actual, u observada, del pastizal como dependiente.

Respecto del potencial

Otro índice de degradación relativa, en este caso respecto del potencial productivo es el que utilizaron Echeverría et al. (1997) para evaluar las diferencias entre la productividad forrajera actual u observada (PFO) y la productividad forrajera potencial (PFP) estimada mediante una ecuación de regresión presentada por Deregibus (1988) a partir de las

precipitaciones. El índice que utilizaron fue el índice de degradación relativa de la productividad forrajera (IDRF) que se presenta a continuación:

$$\text{IDRF (\%)} = [(\text{PFP} - \text{PFO}) / \text{PFP}] * 100$$

PFP = Productividad forrajera potencial

PFO = Productividad forrajera observada (actual).

Índice de degradación absoluta

El numerador de la ecuación anterior fue utilizado por Echeverría et al. (1997) como un índice de degradación absoluta (IDA) cuantificando la amplitud entre la productividad forrajera potencial, o potencial biológico, de un pastizal natural y la productividad forrajera actual u observada.

$$\text{IDA (kg MS/ha/año)} = \text{PFP} - \text{PFO}$$

La ecuación encontrada por Deregibus (1988) que estima la PFP fue la siguiente:

$$\text{PFP} = 5 * \text{ppt} - 290$$

Dónde:

ppt = precipitación anual media (mm)

2.3 Índice de calidad de semivariogramas

López Antezana, et al (1988) en el XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo de la Sociedad Mexicana de la disciplina, presentaron un trabajo en el cual se comparaban tres esquemas de muestreo de suelo con el propósito de realizar mapas de variables físicas y químicas utilizando geoestadística y kriging. Como un instrumento para evaluar la capacidad de los esquemas de muestreos para generar mapas, elaboraron un Índice para estimar la Calidad de un Semivariograma (ICS). Aunque el resumen se publicó en las

memorias del Congreso el trabajo completo permaneció inédito. A partir de ese material se elaboró este artículo.

La geoestadística proporciona a través del krigado (Kriging) una herramienta poderosa de interpolación espacial de los valores de una variable en puntos no observados.

Kriging depende de la obtención de un buen semivariograma, que es la representación gráfica de la estructura o dependencia espacial que muestran los valores de una variable, en este caso varianzas, o semivarianzas, en función de la distancia entre observaciones (h).

Las semivarianzas se calculan como el promedio de la sumatoria de las diferencias entre observaciones en un punto y sus vecinos ubicados a una distancia h, elevadas al cuadrado. Para la primer semivarianza h es igual a 1, para la segunda 2, y así sucesivamente.

$$\delta(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum (Z(x) - Z(x + h))^2$$

Z (x) = Valor observado en el punto x.

Z (x + h) = Valor observado en el punto x + h.

h = Unidades de distancia entre observaciones, varía de 1 a n.

N (h) es el número de pares ubicados a una distancia h entre observaciones.

La ubicación de las muestras en el terreno es de suma importancia para detectar la estructura espacial de las propiedades de la/s variable/s estudiadas. Usualmente se busca optimizar los esquemas de muestreo tomando como base la minimización de la dispersión de las semivarianzas, lo cual implica una optimización a posteriori.

Los autores correlacionaron (coeficiente de Spearman) los valores del ICS y las variables generadoras de los tres esquemas de muestreo utilizadas. Encontraron que a mayor dispersión y arreglo topológico de las muestras, los semivariogramas obtenidos eran de mejor calidad. Factores como la experiencia en estudios convencionales de suelos y conocimiento previo del área por parte del autor del esquema, no brindaron mejores resultados.

Los autores concluyeron que el ICS puede ser de utilidad en la comparación de esquemas de muestreo y, por consecuencia, en el diseño a priori de muestreos óptimos, con solo disponer de una estimación del rango de la variable o propiedad a estudiar, y del número máximo de muestras a extraer.

Descripción del ICS

El ICS califica el contenido de información de un semivariograma, como una medida indirecta de las bondades del esquema de muestreo que le dio origen. Este, empero, no incluye consideraciones sobre los valores de las semivarianzas.

Dos esquemas con igual índice pueden mostrar mayor o menor dispersión de las semivarianzas y por lo tanto distinto grado de confiabilidad en el ajuste de un modelo. Por lo anterior es necesario que la presencia de estructura en diferentes variogramas parta de un criterio común, estructura que será verificada al ajustar el modelo definitivo. De esta forma, un valor del ICS claramente mayor que otro, representará el semivariograma que muestre mayor estructura y menor dispersión de las semivarianzas.

Para la cuantificación del ICS y su aplicación como parámetro de comparación entre diferentes esquemas de muestreo se consideran los siguientes supuestos:

- 1.- Las muestras que contribuyen en la definición del SV empírico y proporcionan pares de puntos dentro del rango, son las más valiosas del esquema de muestreo. Consecuentemente, aquél esquema de muestreo que tenga una mayor proporción de puntos del SV dentro del rango, recibirá una mejor calificación.
- 2.- La distribución del número de pares es ideal cuando el centro de gravedad de los puntos que definen estructura dentro del rango coincide con un eje ubicado a la mitad del mismo.
- 3.- Cuando el número de pares por punto dentro del rango es mayor y su distribución más uniforme, las semivarianzas del SV empírico mostrarán menor dispersión.

El índice se describe con la siguiente ecuación:

$$ICS = FH * 1/D * NPA' / NPT * HC * FD$$

Dónde:

FH = Factor de simetría:

El concepto de simetría está dado por:

$$HM = 1 / NPA \sum_{i=1}^J N_i * h_i - 0.5 * h_1$$

Dónde: N_i = Número de pares del i ésimo punto dentro del rango

h_i = Distancia al origen ($h=0$) del i ésimo punto

$NPA = (\sum N_i)$, número total de pares dentro del rango

J = Número de puntos dentro del rango

Asimetría hacia la izquierda del centro ($HM < 0.5$ rango), es castigada en menor grado que la asimetría hacia la derecha ($HM > 0.5$ rango).

$$\text{Si } HM < 0.5 \text{ rango} \quad FH = \{(HM / (0.5 * \text{rango}))\}^{1/4}$$

$$\text{Si } HM > 0.5 \text{ rango} \quad FH = \{((\text{rango} - HM) / (0.5 * \text{rango}))\}^{1/2}$$

$1/D$ = Factor de cobertura:

$$D = \{D_1 * D_1 * 1\}^{1/4}$$

$$\text{Dónde: } D_1 = \sum_{m=1}^K (Nm - NK)$$

Si $HM < 0.5$ rango: $K = \text{rango}/HM$

Si $HM > 0.5$ rango: $K = (\text{rango} - HM) / \text{rango}$

K = Número de clases en que se divide el rango

N_m = Número total de pares dentro de la clase m

$NK = (1/K) * NPA$ = número promedio de pares por clase m dentro del rango.

Cuando la distribución del número de pares de los puntos dentro del rango no es uniforme, el parámetro D será mayor y 1/D menor. En consecuencia, para reducir la influencia de 1/D, el esquema de muestreo ideal deberá proporcionar puntos equidistantes dentro del rango del semivariograma, con igual número de pares.

$NPA' / NPT =$ Relación con el número total de pares (NPT):

Se considera la relación de pares utilizados para definir estructura incluyendo el punto inmediato al rango ($NPA' = NPA + N_{J+1}$), con el número total de pares obtenidos.

HC = Factor de distancia mínima:

$$HC = \{(\text{rango} - h_1)/\text{rango}\}^{1/2}$$

Cuanto menor sea la distancia al origen, el semivariograma tendrá mayor cantidad de información en la zona que define la varianza al azahar (C_0).

FD = Factor de densidad de pares de puntos dentro del rango:

Si se grafica en el eje de las abscisas el rango igual a 1 (distancia adimensional) y en el eje de las ordenadas la relación entre la cantidad de pares por punto (N_i) / cantidad ideal de pares (NPM) (v.g. 30) tenemos que:

Cada punto i , del semivariograma, con N_i pares, representa una altura N_i / NPM ; si $N_i \leq NPM$, y NPM / N_i si $N_i > NPM$. Un número de pares mayor que NPM se considera castigable debido al costo que implica una mayor cantidad de muestras.

Dividiendo el eje de las abscisas por un factor arbitrario, v.g. $J = 100$, cada cociente de N_i/NPM o NPM/N_i , es multiplicado por 0.01 (ó 1/100), lo que representa un área.

Si dos o más puntos caen dentro de un intervalo de 0.01 del rango, el área respectiva se determina en base al promedio de los cocientes N_i/NPM , ó NPM / N_i . La sumatoria de las áreas para $i=1$ hasta J representa la densidad de pares resultante del esquema de muestreo (\approx área bajo la curva).

En teoría, si se tienen 100 puntos dentro del rango con NPM pares cada uno, el factor de densidad toma el valor de 1 ($FD = 1$).

Cada uno de los componentes del ICS puede variar, teóricamente, entre 0 y 1. Cuando ICS = 1 se presenta el caso ideal en semivariogramas, sin embargo, valores del ICS = 0.1 representan en la práctica semivariogramas aceptables en cuanto al número de pares y a la distribución de los puntos dentro del rango del semivariograma.

2.4 Índice de la tecnología agrícola (ITA) aplicada

Cuando se necesita cuantificar las tecnologías utilizadas, que pueden ser de muy diferentes naturalezas, se debe recurrir a una unidad de medida patrón lo que implica no pocas dificultades metodológicas más aún cuando la simplicidad de la unidad de medida y la rapidez en la medición, son requisitos para que el instrumento pueda ser potencialmente utilizado.

Echeverría et al. (2010 a) inicialmente elaboraron un indicador de las tecnologías utilizadas en el cultivo de maíz como un instrumento que permitía la cuantificación de las “dosis” de tecnologías utilizadas por los productores en el cultivo de maíz como un todo. Consideraron, y demostraron, que este índice se correlacionaba positivamente con el rendimiento del cultivo.

En el índice tuvieron en cuenta las prácticas predominantes en la región en relación con la genética, labranza, protección vegetal y fertilización. El índice fue el siguiente:

$$ITA_M = TS + TL + TPV + TF$$

Donde:

ITAM : Índice de tecnología para el cultivo de maíz (cosecha)

TS : Indicador de tecnología de semillas.

TL : Indicador de tecnología de labranza

TPV : Indicador de tecnología de protección vegetal

TF : Indicador de tecnología de fertilización

A cada indicador arbitrariamente se le asignó un valor de 1 a 4 dependiendo de la tecnología utilizada (ver más adelante). Para el caso de plagas y malezas el valor máximo asignado fue 2 para cada uno y se recomendó la reformulación del índice y tomar en consideración las tecnologías de monitoreo y control integrado de plagas y malezas, aspectos ausentes en esta aproximación.

En otro trabajo, Echeverría et al. (2010 b) propusieron una versión mejorada del ITA_M para un grupo de cultivos de cosecha: centeno, trigo, sorgo, maíz, soja y girasol. Para maíz se utilizó el ITA_M y para los demás cultivos se formularon índices con similar estructura, cuidando que su valoración fuera equivalente, de manera que los resultados pudieran ser comparables.

Los indicadores para cada cultivo, y su ponderación, fueron los siguientes:

| Indicador: Semilla (TS) | Valor (puntaje) |
|---------------------------------------|-----------------|
| Propia | 1.0 |
| Variedad | 2.0 |
| Hibrido identificado con rótulo (CIR) | 3.0 |
| Hibrido fiscalizado con rótulo (CFR) | 4.0 |

| Indicador: Protección vegetal (TPV) - Plagas | Valor (puntaje) |
|--|-----------------|
| No controla | 0.5 |
| Controla con insecticida de amplio espectro | 1.0 |
| Controla con insecticida específico | 2.0 |

| Indicador: Protección vegetal (TPV) - Malezas | Valor (puntaje) |
|---|-----------------|
| Maíz y Girasol: | |
| No controla | 0.5 |
| Barbecho con Glifosato | 1.0 |
| Preemergente solo | 1.5 |
| Clearfield + preemergente | 2.0 |
| Soja: | |
| No controla | 0.5 |
| Una aplicación | 1.0 |
| Más de dos aplicaciones | 2.0 |
| Sorgo: | |
| No controla | 0.5 |
| Barbecho con Glifosato | 1.0 |
| Glifosato + preemergente | 2.0 |
| Centeno y Trigo: | |
| No controla | 0.5 |
| Barbecho con Glifosato + Hormonal | 1.0 |
| Barbecho con Glifosato + Postemergente | 2.0 |

| Indicador: Fertilización (TF) | Valor (puntaje) |
|-------------------------------------|-----------------|
| No fertiliza | 1.0 |
| Fertiliza en la siembra | 2.0 |
| Fertiliza en siembra y prefloración | 3.0 |
| Hace análisis de suelo | +1 |

| Indicador: Labranza (TL) | |
|--------------------------|-----|
| Convencional | 1.0 |
| Directa | 4.0 |

Aunque, como se dijo, en el primer trabajo los propios autores habían recomendado incorporar el control integrado y el monitoreo de plagas, esto, en esta versión no se realizó, sin embargo, tal recomendación podría cumplimentarse reemplazando el indicador protección vegetal para plagas, por el siguiente:

| Indicador: Protección vegetal (TPV): Plagas | Valor (puntaje) |
|---|-----------------|
| No controla, aunque tiene plagas o utiliza insecticida de amplio espectro | 0.0 |
| Usa insecticida específico | 0.5 |
| Hace control integrado | + 1.0 |
| Monitorea | + 0.5 |

Una escala similar podría elaborarse para incluir el control integrado de malezas.

En este trabajo se recomienda mejorar los indicadores en busca de una escala patrón que permita las comparaciones espaciales, y temporales entre cultivos y que sería deseable que en la estructura del índice se incluyan las tecnologías del pasado que, aunque permanezcan obsoletas y en desuso permitirían tener una escala patrón que facilitarías las citadas comparaciones; aunque no describen la manera de efectivizar tal recomendación.

Es indudable que un índice de esta naturaleza, donde los ponderadores son arbitrarios, se presta para el disenso. Aun así, y bajo ciertas condiciones, el índice como un instrumento

de medida tiene potencial utilidad. Un ejemplo de su uso se encuentra en el propio trabajo donde los índices fueron propuestos (Echeverría et al. 2010 b).

En realidad la pretensión de cuantificar la “dosis” de tecnología utilizada o incorporada en un cultivo o artefacto, solo es posible siempre y cuando previamente hayamos adoptado una definición o concepto de tecnología, para posteriormente procurar cuantificarla.

La tecnología aporta formas de hacer que pueden estar vinculadas a uno o más aspectos de la actividad productiva, como el rendimiento, la protección ambiental, la reducción de tiempo, complejidad, entre muchos otros.

La correlación positiva entre el ITA y el rendimiento o el ITA y la rentabilidad son solo algunas de las muchas posibles, por lo que la búsqueda de una ecuación general que cuantifique el peso de cada indicador en el índice no solo sería complejo sino que el concepto de tecnología debería reducirse a variables simples cuantificables, como por ejemplo la energía consumida por (contenida en) la tecnología al momento de su creación y luego correlacionarla con la energía total suministrada al cultivo (dejando de lado el ITA).

No obstante a los efectos de comparar cultivos, y pese a las muchas objeciones que estos índices puedan tener, las asignaciones arbitrarias de ponderadores, 0.5, 1, 1.5, etc. producen índices fáciles de calcular y en la práctica probablemente útiles.

2.5 Índice de apropiación de la tecnología

A continuación se presenta el texto resumido y actualizado del índice propuesto por Echeverría y Bonatti (2015) en las IX Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Argentinos y Latinoamericanos, en Buenos Aires.

Una manera de analizar la perspectiva de los potenciales usuarios, u otros grupos relevantes de cierta tecnología, es asumiendo que la gente valora más las ideas sobre las cuales posee más información que aquellas sobre las que tiene menos. Se asume que se tiene más información cuando las ideas son propias, o han sido apropiadas, que cuando son ajenas, o no han sido apropiadas. En consecuencia un índice de la apropiación de una tecnología, (IA_t) podría fundarse en la siguiente relación:

$$IA_t = \frac{[\text{Cantidad de información apropiada por el actor}]}{[\text{Cantidad de información total contenida en la tecnología}]} ;$$

Dónde: $0 \leq IA_t \leq 1$. Apropiaada o que ha hecho propia. Que es adecuada para él según su propio punto de vista.

Cuando el objetivo de una institución o grupo de trabajo es promover el uso de cierta tecnología los procedimientos o modos de operar deberían procurar maximizar esta relación.

Una manera de aproximar a la cantidad de información, que hay en la tecnología, que es apropiada por el actual o potencial usuario, u otro actor, es mediante un índice compuesto por indicadores descriptores de diferentes aspectos, valorados de acuerdo al criterio del consultado. Todos tienen la misma oportunidad de ser valorados de igual manera, sin embargo la percepción de los encuestados será distinta según el grupo social de pertenencia.

Cada descriptor puede tomar el valor, (0) o (1), si el encuestado elige la respuesta que implica una mayor probabilidad de que la tecnología sea utilizada por los productores agropecuarios, se le asigna un 1 y a la opción opuesta un 0, v.g. menor costo económico = 1; mayor costo económico = 0. El valor del índice es el promedio de las valoraciones.

El IA_{tx} que es un estimador aproximado (no estadístico) de IA_t ; para un grupo social se calcula de la siguiente manera:

$$IA_{tx} = \frac{\sum_{i=1}^n (Vr+F+Cs+Sp+Op+Ob+Di+V+Ma+Co+R+Ce+I+Ti+St+Mo)}{n.d} ;$$

Dónde:

$$0 \leq IA_{tx} \leq 1;$$

i = iésimo miembro del grupo.

d = Cantidad de descriptores.

n = Cantidad de miembros del grupo social.

Vr; F... Mo = Valores 0 o 1, asignados a cada descriptor; (Vr = Ventaja relativa; F = Funcionalidad; Cs = Compatibilidad sistémica; Sp = Capacidad para solucionar problemas; Op = Operatividad; Ob = Observabilidad; Di = Divisibilidad; V = Valores morales; Ma = Amigabilidad para con el medio ambiente; Co = Complejidad (conocimiento); R = Riesgo; Ce = Costo económico; I= Infraestructura; Ti = Tiempo de implementación; St = Soporte técnico profesional; Mo = Mano de obra).

El IA_{tx} se correlaciona positivamente con los primeros nueve indicadores y negativamente con los restantes.

El índice si bien cuantifica el grado de apropiación de la tecnología por una persona o grupo, en cierto modo también es una medida aproximada de la probabilidad de que la tecnología sea utilizada. Para el caso de una sola persona (n=1), diecisiete son los posibles resultados: 0, 1/16, 2/16, 3/16... 16/16.

El valor absoluto de la diferencia de los índices IA_{tx} entre dos grupos sociales A y B, da una magnitud del grado de discrepancia/controversia entre ambos grupos.

$$\text{Discrepancia A:B} = | (IA_{tx} A) - (IA_{tx} B) |$$

La similitud, como una medida del nivel de clausura (Pinch y Bijker 1987) queda determinada por su complemento. Esto es:

$$\text{Similitud A:B} = | 1 - \text{Discrepancia A:B} |$$

Los parámetros estadísticos del índice pueden considerarse descriptores de los grupos para esa tecnología en ese tiempo y espacio.

3- INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

3.1 Determinación de los componentes vivo y muerto en poáceas

Con el propósito de facilitar la cuantificación de las fracciones vivo y muerto de la vegetación, Echeverría y Giulietti (1991) presentaron dos ecuaciones con base en el contenido de humedad (podría ser otra componente), de las fracciones de material vivo, muerto y de la planta entera. Aunque el procedimiento es matemáticamente exacto, el hecho de utilizar muestras origina errores en la estimación de la humedad y los pesos.

Para estimar las fracciones en una planta el procedimiento consiste en: determinar el peso fresco de la planta entera (Pfpl); el contenido de humedad de una muestra de material vivo (Hmv) y el contenido de humedad de una muestra del material muerto de la misma planta (Hmm).

Las ecuaciones para el cálculo del peso seco de los materiales vivo y muerto son las siguientes:

$$Psmv = [(Pfpl * Hpl) - (Hmm * Pfpl) / (Hmv - Hmm)] * (1 - Hmv)$$

$$Psmm = (Pfpl - Pfmv) * (1 - Hmm)$$

Dónde:

Psmv, Psmm = Peso seco del material vivo y muerto, respectivamente;

Pfmv; Pfm m y Pfpl = Peso fresco de los materiales vivo, muerto y de planta entera, respectivamente;

Hmv; Hmm y Hpl= Humedad de los materiales vivo, muerto y planta entera, respectivamente (media muestral).

Los pesos secos de un conjunto de 20 plantas de 7 especies de poáceas, los autores estimaron los pesos utilizando el método y los compararon contra la cuantificación manual estándar tradicional. Los resultados mostraron coeficientes de correlación superiores a 0.89 para todas las especies en planta entera y sus respectivas fracciones de material vivo y muerto.

3.2 Cánula para extracción de gases y licor ruminal

Según el diccionario de la Real Academia Española una cánula es un tubo corto que se emplea en diferentes operaciones de cirugía o que forma parte de aparatos físicos o quirúrgicos. Es un instrumento que permite acceder al interior del cuerpo de un animal con fines de prospección médica, sin dañar al animal o produciendo daños mínimos.

Fue ideada por Walter Juan Percy Page y el patentamiento como modelo de utilidad que otorga el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI), de Argentina, se encuentra en trámite.

Esta particular cánula es relativamente simple de construir a bajo costo utilizando tubos de PVC. Consiste de dos tubos de PVC de 17 y 20 cm de longitud insertos ajustadamente uno dentro del otro. El interno y el externo han sido soldados en uno de sus extremos inhibiendo el desplazamiento de los tubos.

El tubo externo a 1.5 cm de uno de sus extremos tiene cinco cortes longitudinales paralelos y equidistantes, de 6 cm de longitud cada uno que circunvalan completamente el tubo. En el extremo opuesto, existen cortes similares de 5 cm de longitud. Ambos grupos de cortes están separados por unos 2 cm (Fig. 10.1 a).

La cánula se introduce hasta la mitad en el rumen del animal y sosteniendo el tubo exterior se jala el tubo interno hasta que las bandas delimitadas por las ranuras paralelas se flexionen formando una especie de “flor” que cierra la cara interna del orificio que previamente se ha tenido que realizar en el animal. Se repite la operación sosteniendo el tubo externo y jalado del interno produciendo otra “flor” en el exterior del animal, quedando de esta manera la cánula fijada en posición y lista para ser utilizada en la toma de las muestras que la investigación en curso requiera (Fig. 10.1 b).

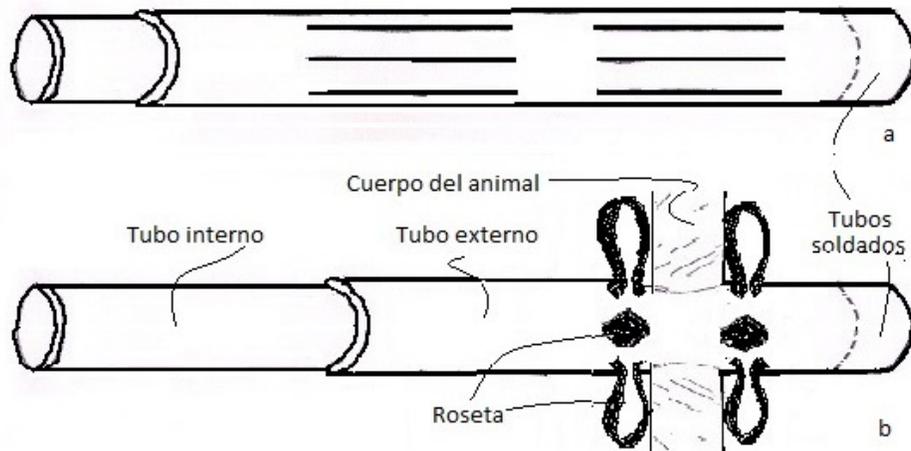


Figura 10.1: Cánula (a) posición de reposo fuera del animal; (b) posición de trabajo dentro del animal.

El instrumento ha sido utilizado sin problemas para muestrear los gases y el pH en el rumen de bovinos (Guzmán et al. 2012; Guzmán et al. 2013).

4- METODOLOGIAS PARA DIAGNÓSTICOS

4.1 Patrones micro histológicos de especies vegetales

Con el propósito de servir como patrón de identificación de especies cuando se utiliza el método microhistológico para la determinación de la composición botánica de la dieta de herbívoros domésticos y silvestres, Giulietti et al. (1992) publicaron un atlas epidérmico basado en los caracteres morfológicos de las epidermis de las caras superior (adaxial) e inferior (abaxial) de las hojas de 20 especies de poáceas del área medanosa con pastizales e isletas de chañar de la provincia de San Luis (Anderson et al. 1970).

Se describieron los patrones microhistológicos de las siguientes especies:

- *Botriochloa springfieldii* (Gould) Parodi o “penacho blanco”;
- *Briza subaristata* Lamarck o “tembladerilla”;
- *Bromus brevis* Nees o “cebadilla pampeana”;

- *Cenchrus pauciflorus* Benth o “roseta”;
- *Chloris retusa* Lag. o “pata de gallo”;
- *Cynodon hirsutus* Stent o “gramilla rastrera”;
- *Digitaria californica* (Benth.) Henr. o “pasto plateado”;
- *Elionurus muticus* Hackel o “paja amarga”;
- *Eragrostis lugens* Nees o “pasto ilusión”;
- *Pappophorum pappiferum* (Lam.) Kuntze o “cortadera chica”;
- *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hack. o “flechilla negra”;
- *Poa lanuginosa* Poir. o “unquillo”;
- *Poa ligularis* Nees o “poa”;
- *Schizachyrium plumigerum* (Ekm.) Parodi o “pasto escoba”;
- *Setaria leucopila* (Scribon. et Marril) K. Sch. o “cola de zorro”;
- *Sorghastrum pellitum* (Hack.) Parodi o “pasto de vaca”;
- *Sporobolus cryptandrus* (Torr.) A, Gray o “esporobolo”;
- *Stipa tenuis* Phil. o “flechilla de invierno”;
- *Stipa tenuissima* Trin. o “paja blanca” y
- *Trichloris crinita* (Lag.) Parodi o “pasto de hoja”.

Estos patrones han sido utilizados exitosamente para estudiar las dietas de diferentes especies de la región como vizcacha (Giulietti y Jackson 1986 a); equinos y bovinos (Giulietti y Jackson 1986 b); liebres (Giulietti y Jackson 1988) y venado de las pampas (Jackson y Giulietti 1988).

4.2 Identificación de valores para incorporar en las tecnologías

Con base en el Constructivismo Social de la Tecnología, Echeverría y Bonatti (2015) desarrollaron un dispositivo metodológico aplicable a cualquier tecnología agropecuaria

para identificar criterios para el diseño, reformulación o re significación de tecnologías para grupos sociales específicos.

En muchos casos la oferta tecnológica responde a una problemática percibida por el sistema de generación y transferencia, la cual no siempre coincide con la de los propios actuales o potenciales usuarios, ni con el orden de prioridad que éstos le asignan.

Un problema se define como tal sólo cuando existe un grupo social que lo percibe de esa manera (Pinch y Bijker 1987). Por lo tanto, estos raramente tienen la misma pertinencia para todos ni la tecnología tiene un único significado. Existen distintas soluciones posibles para cualquier problema dado y son los actores sociales quienes elegirán entre una serie de opciones técnicamente posibles.

Desde el abordaje constructivista de la tecnología se ha desarrollado el concepto de flexibilidad interpretativa para tratar de captar los distintos sentidos atribuidos a los artefactos por los diferentes grupos sociales. A partir de esta multiplicidad de visiones, socialmente situadas, aparecen tantos artefactos como visiones de los mismos (Thomas 2008). En este sentido Becker (2009) dice que “un objeto está constituido por la manera en que las personas están preparadas para actuar respecto de él; eso incluye a los objetos sociales (la gente...)”, y la mejor manera de prepararse es participar activamente en su formulación.

No solamente existe flexibilidad interpretativa en el modo en que la gente interpreta los artefactos, sino también en el modo en que son diseñados, desde el momento en que estos son construidos e interpretados culturalmente (Pinch y Bijker, op. cit.).

Usualmente la generación de la tecnología y las recomendaciones de uso queda en manos de los tecnólogos, y los potenciales usuarios participan indirectamente intermediados, usualmente, por los propios tecnólogos. En consecuencia, si bien la oferta de tecnología puede ser amplia y variada, los niveles de uso, adopción o apropiación son proporcionalmente bajos. Es por ello que gran cantidad de tecnologías deberían ser re-construidas para que, los productores agropecuarios puedan incorporarlas a sus respectivos sistemas de producción.

Descripción de la metodología

Se propone identificar los grupos sociales relevantes de la tecnología de interés y las relaciones problema-solución mediante tres instrumentos: tablas de verdad, metodología Q y el índice de apropiación IAtxe desarrollado con este propósito. Se considera un grupo social relevante a aquel conformado por personas que comparten sus opiniones respecto de la tecnología.

Se analiza la percepción de la gente, de acuerdo a su, a priori supuesta pertenencia a determinados grupos sociales. Estos grupos podrían ser empresas productoras de la tecnología; productores agropecuarios usuarios; productores agropecuarios no usuarios; asesores; proveedores de insumos; operarios y otros. Es posible, aunque no seguro, que estos grupos compartan sus opiniones respecto de la tecnología y constituyan grupos sociales relevantes, por esta razón se los denomina grupos sociales funcionales.

Tablas de verdad

Es una tabla de doble entrada donde por un lado se registran los casos, personas entrevistadas, y por el otro los hechos (Ragin 2007). Se propone emplear los atributos descritos en el punto “Índice de apropiación de una tecnología” en este capítulo.

A los consultados se les dan solamente dos posibles respuestas (complementarias) para cada atributo (v.g. alto/bajo). Posteriormente se construye una tabla de las frecuencias relativas de los integrantes de cada uno de los grupos funcionales a analizar. Diferentes grupos tendrán distintas tablas.

En un trabajo sobre el servicio estacionado y aplicando esta metodología Echeverría et al. (2016) encontraron diferencias de valoración de los atributos por los distintos grupos funcionales. Al asumir que cuando más de la mitad de los miembros de un grupo funcional opina que el atributo está en su estado menos favorable, v.g. alto costo, en vez de bajo costo, el atributo podía considerarse un problema para ese grupo social, encontraron que los tecnólogos no veían problemas, los usuarios y asesores solo la alta necesidad de asesoramiento, mientras que los no usuarios hallaron que a este último se agregaba el costo, el tiempo de implementación, la infraestructura, el riesgo y la incompatibilidad con el sistema productivo.

Metodología Q

Q es una metodología cuali-cuantitativa que consiste en tomar una idea de una teoría y caracterizarla mediante proposiciones (Kerlinger 1997) incluyendo el análisis estadístico de la valoración relativa de cada proposición, por lo que, como explica de Hegedüs, et al. (2006), "...es una manera de investigar el mundo que nos rodea, una manera que denominamos sistémica".

Las proposiciones o sentencias se presentan en tarjetas en forma de textos, dibujos, fotografías u otra forma de representación de ideas. Aquí se propone utilizar una sentencia por atributo de la tabla de verdad, 16 en total.

La pregunta Q define el posicionamiento que debe tomar el entrevistado y se vincula estrechamente con el objetivo del trabajo y representa el conjunto-universo de la tecnología desde la que emergen las sentencias para el caso es:

"¿Qué importancia le asigna Ud. al atributo descrito en cada sentencia?"

Cada participante toma su propia posición como usuario, no usuario, asesor, tecnólogo, etc. de la tecnología de interés.

Las sentencias, percibidas como un todo, pueden compartirse entre dos o más personas conformando un "patrón de pensamiento" grupal. Q correlaciona patrones de pensamiento y no se centra en las sentencias individuales. Como resultado surgen personas agrupadas bajo una misma manera de percibir los atributos de acuerdo con la importancia que se les asigna. En estos patrones se identifican los atributos considerados más y menos importantes.

En el trabajo sobre el servicio estacionado Echeverría et al. (op. cit.) encontraron 5 diferentes maneras de percibir los atributos. Estos grupos describen tres tipos de usuarios, tres tipos de asesores, dos clases de no usuarios y solo un tipo de tecnólogo.

Para el caso de los no usuarios, de los seis atributos problema encontrados mediante las tablas de verdad, cuatro de ellos los consideran muy importantes al usar la metodología Q. Para el caso de los otros grupos las coincidencias son nulas.

Índice de apropiación (IAtx) de la tecnología.

Este índice se desarrolló como un instrumento de la medida de apropiación de cierta tecnología por parte de una persona o grupo. Su descripción se presentó más arriba en este capítulo.

En el trabajo realizado con el servicio estacionado antes mencionado, los autores encontraron valores del índice similares entre sí para el caso de tecnólogos, usuarios y asesores, mientras que fue muy bajo para los no usuarios, identificando el grupo problema.

En general la metodología fue aplicada exitosamente al estudiar el “servicio estacionado del rodeo bovino”. Se encontraron grupos y subgrupos con diferentes patrones de percepciones e identificaron algunos criterios que deberían ser incorporados a la tecnología para el caso del grupo de no usuarios que mostró el menor IA y mayor cantidad de atributos problema.

5- BIBLIOGRAFÍA

Anderson, D.L.; Del Aguila, J.A.; y Bernardón, A.E. 1970. Las formaciones vegetales en la provincia de San Luis. Rev. Inv. Agr. VII (3):153-183.

Anderson, D. L. 1984. La dinámica del pastizal natural de San Luis y Los Llanos de La Rioja. Informe plan de trabajo INTA E.E.A. San Luis. Biblioteca INTA San Luis: 10 p.

Becker, H. 2009. Trucos del oficio. Como conducir su investigación en ciencias sociales, Buenos Aires, Ed. Siglo XXI.

de Hegedüs, P; Vela, H. y Gravina, V. 2006. La Metodología Q aplicada para la evaluación de proyectos de desarrollo. En: Tommasino y de Hegedüs. Extensión: Reflexiones para la intervención en el medio rural. Montevideo, U. de la R., Fac. Agronomía, 197-209

Deregibus, V. A. 1988. Importancia de los pastizales naturales en la República Argentina: Situación presente y futura. Rev. Arg. Prod. Anim. 8: 67-78.

Real academia española. Diccionario de la lengua española. Edición del tricentenario. <http://dle.rae.es/?id=LoJdDcs> (visita abril 2017).

Di Filippo, M. S. y Mathey D. 2008. Los indicadores sociales en la formulación de proyectos de desarrollo con enfoque territorial. Prog. Nac. Apoyo Desarrollo de los Territorios. Doc. trabajo N° 2. INTA: 44p. http://www.inta.gov.ar/ies/docs/otrosdoc/indicadores_prognac_territorios.pdf

Echeverría, J. C.; Aguilera, M. O. y Molinero, H. B. 1997. Análisis regional de la degradación de pastizales naturales en San Luis. XVIII Reunión Argentina de Ecología. Buenos Aires: 41.

Echeverría, J. C.; Bernasconi, H.; Garay, H. 2010 a. Índice de tecnología de cultivos agrícolas: Maíz. Primer encuentro nacional de economía agraria y extensión rural XV Jornadas nacionales de extensión rural y VII del Mercosur. XLI Reunión anual de economía agraria. Potrero de los Funes, San Luis. http://aader.org.ar/XV_Jornada/trabajos/espanol/Aportes_teoricos/Comunicacion/Trabajo%2045%20Completo.pdf

Echeverría, J. C.; Bernasconi, H.; Garay, H. 2010 b. Tecnología empleada en los cultivos para cosecha de la provincia de San Luis. Primer encuentro nacional de economía agraria y extensión rural. XV Jornadas nacionales de extensión rural y VII del Mercosur. XLI Reunión anual de economía agraria. Potrero de los Funes, San Luis. http://aader.org.ar/XV_Jornada/trabajos/espanol/Estrategias_y_experiencias/Comunicacion/Trabajo%20140%20Completo.pdf

Echeverría, J. C. y Bonatti, R. 2015. Tecnologías agropecuarias: Acuerdos y desacuerdos entre grupos sociales relevantes. IX Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales Argentinos y Latinoamericanos. Facultad Ciencias Económicas UBA., Buenos Aires. https://www.dropbox.com/sh/unegdp5vshqkqqa/AAC5f2POKZFoJrlm_tD82mQaa/Simposio%2020%20-%20Eje%2008%20LA%20TECNOLOG%20C3%8DA%20AGROPECUARIA/8_7_Echeverria.docx?dl=0

Echeverría, J. C. y Giulietti, J. D. 1991. Biomasa aérea viva y muerta en las gramíneas nativas. Resúmenes X Reunión nacional de la comisión argentina para el estudio de las regiones áridas y semiáridas (CAPERAS). Bahía Blanca: 71.

Echeverría, J. C. y Molinero, H. B. 2000. Modelo para la evaluación de pastizales naturales en San Luis: II Productividad de poáceas. VIII Jornadas Cuidemos Nuestro Mundo para contribuir a la implementación de un modelo ambiental para San Luis. U.N.S.L., San Luis: 94-97.

Echeverría, J.C. y Peña Zubiate, C., 2000. Modelo para la evaluación de pastizales naturales en San Luis: I. Suelo desnudo. VIII Jornadas Cuidemos nuestro mundo (CNM) para contribuir a la implementación de un modelo ambiental para San Luis. UNSL, San Luis: 89-90 p.

Echeverría, J.C.; Bonatti, R. y Magallanes, C. 2016. El abordaje socio-técnico aplicado al análisis de tecnologías ganaderas. Revista Argentina de Producción Animal Vol 36 Supl. 1: 182. ISSN 2362-3640.

Giulietti, J.D. y Jackson, J.E. 1986 a. Composición anual de la dieta de vizcacha (*Lagostomus maximus*) en pastizales naturales de la provincia de San Luis. Argentina. Rev. Argentina de Prod. Anim. Vol. 6 N° 3-4.

Giulietti, J.D. y Jackson, J.E. 1986 b. Composición Botánica de las Dietas Anuales de Bovinos y Equinos en un pastizal natural de la provincia de San Luis, Argentina. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 6 N° 5 y 6.

Giulietti, J.D. y Jackson, J.E. 1988. Composición Botánica de la Dieta Anual de Liebre (*Lepus capensis* = *L. europaeus*) en un pastizal natural de la provincia de San Luis, Argentina. IDIA (INTA) 449 - 452: 37-44.

Giulietti, J.D; Ateca, N.S; Funes, M.O; y Furlán, Z. 1992. Atlas epidérmico de gramíneas del pastizal natural de la provincia de San Luis, Argentina. Agriscientia, IX N° 2: 45-57

Guzmán, M. L., Bengolea, A., Page, W., Frasinelli, C. y Sager, R. L. 2012. Estudio in vivo de gases ruminales con dietas de terminación de bovinos a base de gluten feed. Rev. Arg. Prod. Anim. 32 (1): 183.

Guzmán, M.L., Bengolea, A., Page, W., Frasinelli, C. y Sager, R. L. 2013. Dietas rápidamente fermentecibles: Monitoreo in vivo del pH ruminal. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 33 (1): 189.

Jackson, J.E. y Giulietti, J. D. 1988. The food habits of pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus* Celer) in relation to its conservation in a relict natural grassland in Argentina. *Biological Conservation* 45: 1.10 (Inglaterra).

Kerlinger, F.N. 1997. *Metodología Q. Investigación del comportamiento*. México, Graw-Hill 3ª ed, 577-595.

López Antezana, P.; Echeverría, J.C.; Bárcenas Abogado, P. y Arévalo Galarza, G. 1988. Comparación de tres esquemas de muestreo en la realización de semivariogramas. Resumen: Memorias XXI Congreso nacional de la ciencia del suelo de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Ciudad Juárez, México. p: 33.

Pinch, T. J. y Bijker, W. E. 1987. "La construcción social de hechos y de artefactos: o acerca de cómo la sociología de la ciencia y la sociología de la tecnología pueden beneficiarse mutuamente", en: Thomas H. y Buch A. (coord.) 2008: *Actos, actores y artefactos. Sociología de la tecnología*, Buenos Aires. U.N. Quilmes, 19-62.

Ragin, C. C. 2007. *La construcción de la investigación social. Introducción a los métodos y su diversidad*. Siglo del Hombre Editores, Bogotá, Universidad de Los Andes.

Thomas, H. 2008. Estructuras cerradas versus procesos dinámicos: trayectorias y estilos de innovación y cambio tecnológico. En: Thomas, H. y Buch, A. (Coord.). *Actos actores y artefactos. Sociología de la tecnología*, Buenos Aires, U. N. Quilmes, 217-262.

La Estación Experimental Agropecuaria San Luis, INTA, es un ejemplo de desarrollo tecnológico vinculado estrechamente a las demandas del territorio. Desde su creación, sus profesionales se han destacado por su sólida formación académica, que les ha permitido encontrar soluciones para los problemas de los sistemas productivos regionales, atendiendo todo el amplio espectro de productores, desde el más pequeño hasta el más grande. Los avances logrados han trascendido los límites provinciales, y es hoy un claro referente para toda la Región Semiárida Central de nuestro país.

Las actividades de investigación y transferencia desarrolladas en la EEA San Luis han producido un gran impacto, influyendo decididamente sobre la calidad de los productos obtenidos y sobre los niveles de la producción agropecuaria de la región, en un marco de cuidado ambiental y de equidad social.

En este libro se presentan algunos de los logros más trascendentes realizados en los últimos años. Queda aún mucha información por comunicar, pero la que aquí se muestra es un buen reflejo de la seriedad y profundidad del trabajo desarrollado en la EEA San Luis.

Es para mí un gran honor, participar en la edición de este inestimable material, que contribuirá a mejorar los sistemas de producción agropecuaria en el siempre difícil equilibrio de la semiaridez.

Néstor Pedro Stritzler

Director

Centro Regional La Pampa-San Luis

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación