



Red Agricultura
de Precisión

Incendios de cosechadoras y rastrojos en Argentina y su impacto económico, ambiental y social.

Desde comienzos del siglo pasado, alrededor del 1900, cuando se comenzó en Argentina con las trilladoras estáticas de trigo con motores a vapor, se comenzaron a conocer casos de incendios de máquinas trilladoras y así se desencadenaron los primeros accidentes de este tipo. Estos incendios no solo involucran a la máquina, sino también a lotes completos de trigo y/o rastrojos de trigo, lo que afecta tanto a ambientes naturales como a los sectores productivos y sociales. Además causan alteraciones a nivel ecológico e importantes pérdidas económicas.

Incendios en cosechadoras.

En incendios de cosechadoras, este tipo de siniestros es iniciado y ocasionado normalmente por chispas del motor, el recalentamiento del mismo u otras partes de la máquina que toman contacto con la paja, granza o borba que se acumulan en el ambiente que rodea la cosechadora, especialmente en la zona del motor.

Se debe tener muy presente que durante la cosecha de los cultivos de trigo y soja se produce la mayor cantidad de incendios de máquinas cosechadoras en nuestro país. Esto se debe en gran parte a que la trilla de estos cultivos se realiza en verano, en el caso del trigo, y en verano-otoño en soja; épocas en las cuales predominan las altas temperaturas y, en muchas ocasiones, baja humedad relativa, que son factores que pueden predisponer a la ocurrencia del incendio. La paja y la granza del trigo y la soja son materiales muy combustibles cuando se ponen en contacto con elementos que poseen alta temperatura, como ocurre con muchos órganos de la cosechadora.

Este fenómeno de incendio de cosechadoras en pleno trabajo, que involucra la destrucción total y/o parcial de las máquinas afectadas, está aumentando considerable y significativamente en Argentina en la cosecha de trigo, soja de 1º, soja de 2º y ocasionalmente en cosecha de maíz por varios motivos. Estos hechos se producen de tal forma, que en la actualidad más de 100 cosechadoras por año sufren principios de incendios que son sofocados a tiempo, 30 de ellas sufren daños considerables, y más de 20 unidades sufren la destrucción total (Figura 1).



FIGURA 1: máquinas que sufrieron destrucción total por incendio en plena cosecha.

Estos siniestros, además de generar una gran pérdida económica por la destrucción de la máquina, muchas veces constituyen el principio de incendio del lote que se está cosechando, principalmente cuando se está trabajando sobre cultivo de trigo, que luego debe ser sofocado por los mismos productores o bomberos de la zona (Figura 2).



FIGURA 2: Los bomberos llegan y controlan el incendio, pero la cosechadora y gran parte del lote sufrieron consecuencias graves con las correspondientes pérdidas ambientales y económicas.

Las compañías de seguros brindan pólizas que cubren los daños que pudieran ocasionarse con el incendio, pero como la frecuencia de estos siniestros es muy alta, las primas se encarecen cada día más, constituyéndose un costo que incrementa el precio total de la cosecha en Argentina.

Causas de la alta frecuencia de incendios de cosechadoras.

Con el mismo tipo y modelo de cosechadoras usados a nivel mundial, la frecuencia de incendios en Argentina es mayor que en otros países por una razón muy sencilla de explicar: Argentina es el único país en el mundo que posee el 81% del área de siembra con sistema sin labranza y con cobertura de residuos (Siembra Directa). Esto explica, entre otras cosas, la necesidad de realizar una distribución del rastrojo que sale de la cosechadora de manera uniforme, de forma tal que establezca una eficiente cobertura. Por este motivo es que en nuestro país se utilizan esparcidores de granza de doble plato que realizan un eficiente trabajo de distribución de la paja y granza que sale de la cola de la cosechadora, pero a su vez, en cultivos como trigo (Figura 3 a), soja de 1ª y fundamentalmente en soja de 2ª (Figura 3 b), genera una gran cantidad de borba que invade el ambiente que rodea la cola de la cosechadora.



FIG 3: Nube de paja y granza generada en la cosecha de trigo (A). Nube de paja y granza en soja (B).

Por su diseño, las nuevas cosechadoras axiales son cortas entre ejes y tienen el motor ubicado sobre la cola de la máquina, lo cual infiere que el radiador de agua/aceite y aire acondicionado estén ubicados también hacia la parte posterior de la cosechadora, y por ende se ubique en ese lugar la toma de aire del turbo refrigerador. Este diseño con los chupadores de aire en esa posición provoca que la aspiración de aire sea en un ambiente envuelto en polvo y finas partículas de granza, que por más filtros que posea terminan ingresando hacia el interior del motor. A su vez, esta corriente de aire que va acompañada con partículas de granza y polvo fácilmente inflamable, hace que cuando ingrese al motor, este material se deposite sobre el mismo y al ser asistido por turbo, trabaja a una temperatura de 600°C. La combinación de estos elementos bajo estas circunstancias, lo convierte en un potencial foco de incendio, y sumado que puede estar en contacto con alguna manguera que alimenta con gasoil al motor se produce una situación más grave que puede ocasionar la quema parcial o total de la máquina cosechadora. (Figura 4)



FIGURA 4: Incendio de una cosechadora trabajando sobre cultivo de trigo

Es importante aclarar que si bien los riesgos de incendio están presentes en todo tipo de cosechadoras, los siniestros más frecuentes sucedidos en los últimos tiempos se han producidos en cosechadoras de última generación, en su gran mayoría axiales y de origen importado. Esto ocurre principalmente porque este tipo de máquinas han sido desarrolladas en países donde la Siembra Directa es poco frecuente y donde no existe prácticamente este tipo de problemas.

Cómo evitar el problema?

- 1-** Tratar de rediseñar y elevar la toma de aire de los radiadores del motor, y de esa forma aspirar aire de un ambiente más limpio de polvo y granza.
- 2-** Proteger toda entrada de aire a los ventiladores para que el mismo sea filtrado y llegue limpio al motor evitando deposiciones peligrosas.
- 3-** Canalizar la parte trasera de la cosechadora con pantallas de goma encausando el flujo de paja y granza que sale de los esparcidores ubicados en la cola de la cosechadora, fuera del área de toma de aire del motor.
- 4-** Limpiar con sopladoras la cosechadora diariamente y si fuera necesario dos veces por día el área del motor.
- 5-** Evitar y solucionar toda pérdida de aceite y/o gasoil del motor.
- 6-** Proteger la cercanía del motor y del turbo con cualquier acumulación de paja y granza, y estudiar su aislamiento con deflectores.

7- Llevar extinguidores de incendio en la cosechadora y en los acoplados tolvas acordes a la necesidad y magnitud del riesgo de incendio y posibilidad de control.

8- Tener los teléfonos de los Bomberos de la zona, del operario de la cosechadora y del tractor tolvero cargados en las agendas de los celulares respectivos.

9- Estudiar cualquier medida innovadora que pueda prevenir el incendio de la cosechadora como podrían ser los sensores de temperatura con alarma o sensores de humo con alarma de aviso acústico y visual.

10- Equipar acoplados tolvas con un tanque de 300 litros de agua con una bomba eléctrica de 12 vol. o mecánica a la Toma de Potencia, dado que el operario tolvero puede ser la primera persona que observe y detecte el incendio, siempre estará cerca de la cosechadora, como un bombero en tiempo real que disponen las cosechadas (Figura 5).

Cualquier gasto en equipamiento y mantenimiento para evitar incendios o disminuir el riesgo será una buena inversión.

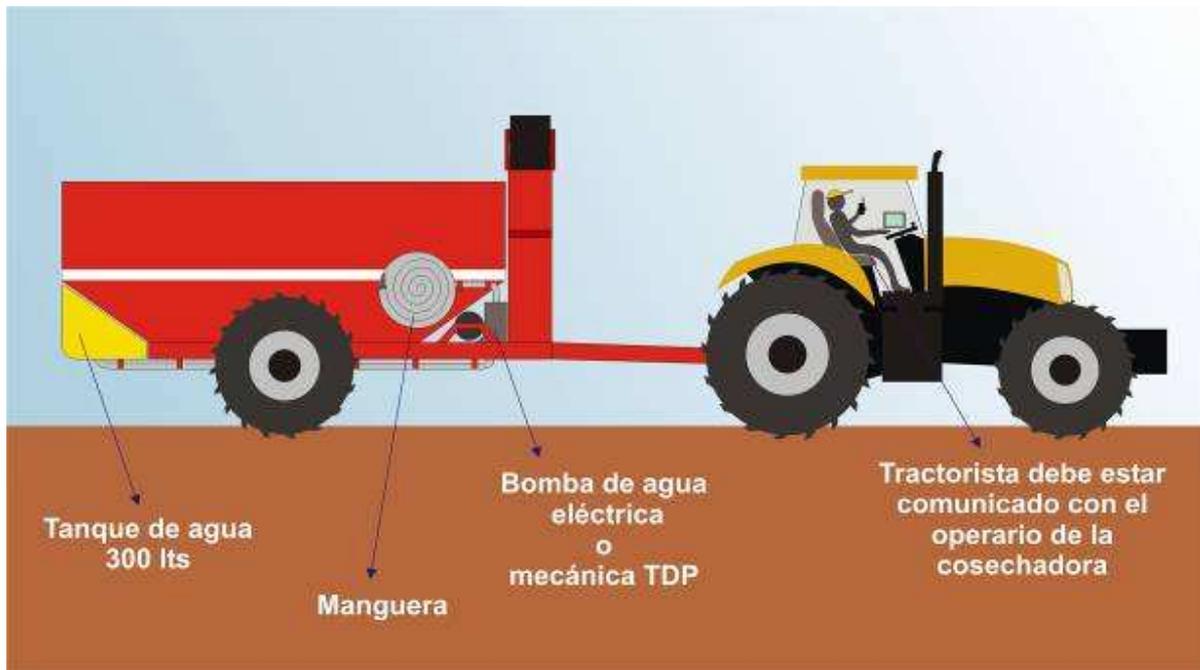


FIGURA 5: Propuesta de INTA PRECOP II de tolva equipada con tanque de agua y sistema de bombeo para apagar incendios primarios.

Consecuencias de incendios de lotes por falta de prevención.

Ante un foco de incendio de rastrojos iniciado por una cosechadora, o bien por otra causa, se sabe que muchas veces en el medio rural es difícil actuar a tiempo por falta de medios para sofocar incendios o por la dificultad que tienen los bomberos de llegar en rápido. Para seguir tomando conciencia del impacto que produce el incendio de rastrojos y comprometerse a tomar recaudos suficientes, como se hizo en la primer parte de este informe sugiriendo cómo evitar estos problemas, se desarrolla a continuación un informe elaborado por el equipo del Proyecto Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas de INTA, demostrando las consecuencias que se producen por la quema de un rastrojo de trigo y el efecto sobre los rendimientos de cultivos de maíz sembrados posteriormente.

Argentina es un país dominado por la siembra directa, la cual es una práctica que como conocemos acumula mucho rastrojo sobre la superficie. A su vez por el sistema de rotaciones utilizados mas comúnmente en nuestro país como principales contribuyentes de rastrojo al trigo y al maíz, los cuales tienen distintos efectos benéficos, pudiendo destacar los siguientes:

- Brinda protección al suelo y reduce la erosión, tanto hídrica como eólica.
- Absorbe la energía del impacto de la gota de lluvia reduciendo la separación de las partículas del suelo, también reduce el encostramiento y sellado de los espacios porosos.
- Favorece la infiltración del agua de lluvia, permitiendo su acumulación en el perfil del suelo.
- Disminuye la velocidad de escurrimiento del agua, reduciendo la cantidad de partículas transportadas.
- Protegen al suelo del sol y del viento, disminuyendo su temperatura y reduciendo la pérdida de agua por evaporación.
- Aumenta la cantidad y diversidad de especies microbianas (bacterias y hongos) y de la mesofauna (insectos y lombrices) del suelo.
- El rastrojo incrementa el contenido de materia orgánica en el suelo, mejorando la fertilidad y los rendimientos de los cultivos, logrando que los sistemas agrícolas sean sustentables en el tiempo, pudiendo recuperar suelos degradados.
- Optimiza la respuesta de los cultivos a la fertilización, por una mayor disponibilidad de agua y un mejor equilibrio de los nutrientes del suelo.

Particularmente el cultivo de trigo contribuye a la sustentabilidad de los sistemas de producción en siembra directa con su importante aporte de residuos de cosecha y su particular tipo de sistema radicular. Un rastrojo y raíz de trigo en seco aporta al suelo alrededor de 3500 Kg. de rastrojo y entre 400 a 600kg/ha/año de humus.

En una experiencia realizada por Marelli et al. (1983) en un suelo de serie Marcos Juárez de excelente aptitud agrícola pero con el 3% de pendiente, una cobertura de 4000 Kg./ha de rastrojo de trigo comparada con el mismo suelo desnudo, incrementó un 23% la infiltración de agua de lluvia, disminuyó un 28% el escurrimiento superficial y disminuyó un 80% la pérdida de suelo. Experiencias más recientes mostraron que un suelo con 3500 Kg./ha de rastrojo de trigo evaporó un 72% menos de agua que el suelo sin cobertura (Marelli, datos no publicados), esto es considerable si se tiene en cuenta los resultados obtenidos por Andrade y col. (1996) y Gómez (1991) en donde se registraron 18 Kg. de grano de maíz/ha por cada milímetro adicional consumida durante 40 días centrado en la floración.

Un suelo con alto volumen de rastrojo es un suelo con alto potencial productivo y para lograrlo es necesario que se lleve adelante un programa agrícola con alta inversión en tecnología e insumos. Pero cuando por efecto del fuego desaparecen los rastrojos acumulados y los beneficios logrados, el productor está obligado a iniciar nuevamente la secuencia de cultivo en siembra directa desde el principio, en muchos casos con una labranza superficial y con una alta inversión en tecnología e insumos, llegando a tardar en su recuperación de 4 a 6 años.

¿Qué ocurre cuando por efecto del fuego desaparecen total o parcialmente los rastrojos acumulados en la superficie?



Dentro de las **propiedades químicas** del suelo que se encuentran en mayor o menor grado alteradas por el fuego están:

1. **Liberación de elementos minerales, por descomposición acelerada del material orgánico:** Los contenidos de P, K, Ca, Mg, y Na se ven incrementados a causa de una rápida mineralización y a un incremento en la solubilidad de éstos. Las bacterias nitrificantes aumentan en cantidad favoreciendo la producción de NO₃.
2. **Efecto sobre la reacción del suelo:** El fuego disminuye la acidez del suelo en los horizontes superficiales debido a la gran acumulación de cenizas ricas en elementos básicos tales como: K, Ca, Mg y Na (bases de cambio).
3. **Menor formación de ácidos orgánicos e inorgánicos** H₂CO₃, H₂NO₃ y H₂SO₄, originada por la falta de materia orgánica, sustrato vital para la actividad microbiana.
4. **Cambios en la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C):** Los coloides orgánicos (Materia orgánica) e inorgánicos (Arcillas), contribuyen de manera significativa sobre la C.I.C. total. Después de una quema la C.I.C. decrece y permanece baja hasta después de un año de haber ocurrido el incendio.
5. **Cambios en el porcentaje de saturación de bases (P.S.B.):** Aumenta como consecuencia de las bases liberadas (Ca, Mg, K y Na).
6. **Cambio en la conductividad eléctrica:** El aumento de sales incrementa significativamente este factor.

El principal efectos sobre las **propiedades Físicas** del suelo es la destrucción de la materia orgánica, responsable de la buena estructura del suelo, cuando es destruida la agregación y los grandes poros son destruidos, disminuye el movimiento del agua y la aireación del suelo, incrementa la densidad aparente del suelo y la permeabilidad decrece.

Todas estas afecciones traen aparejadas las siguientes consecuencias indirectas

Se **pierde el agua almacenada en los primeros 20 cm.** desde la superficie, por el proceso de evaporación, continuando durante 15 a 20 días llegando a perder el 50 al 60 % de la humedad almacenada. A modo de ejemplo, un suelo que tenía un 15 % de agua acumulada, puede perder una lámina de agua de 20 mm. Por cada milímetro de agua en el suelo, está medido que se producen 17 Kg./ha de maíz o 7 Kg./ha de soja, es decir que con el agua acumulada que se perdió,

independientemente de las lluvias posteriores, tendríamos asegurada una producción de 340 Kg./ha de maíz, o 140 Kg./ha de soja.

Dependiendo de las condiciones climáticas a lo largo de los ciclos de los cultivos futuros la infiltración del agua de lluvia se ve dificultada por la destrucción de la estructura superficial del suelo (arrastre de las cenizas, y otras partículas finas) que origina una compactación del suelo al quedar los poros obturados impidiendo la penetración del agua. Como consecuencia de estos procesos, aumenta considerablemente la escorrentía superficial, duplicándose los valores habituales. Con las primeras lluvias tras el incendio se originan las mayores escorrentías de agua superficial, hasta un 20% de la precipitación, cuando lo normal es que no supere el 5% de la lluvia caída.

Se calcula que la quema de rastrojo de trigo provoca la desaparición de **100 a 200 Kg. de N/ha**, si consideramos que para producir 1 t/ha de maíz se necesita 20 Kg. de N/ha (Andrade y col.,1996) esto equivale a nitrógeno suficiente para producir de 5 a 10 t/ha de grano de maíz.

En algunos casos evaluados se han detectado, en años posteriores a la quema de rastrojos, **reducciones de 35 a 45 % del rendimiento del cultivo.**

Todas estas observaciones de pérdida de potencial productivo de los suelos agrícolas frente a la quema del rastrojo de trigo y o maíz en siembra directa, cobra una importancia superior en Argentina ya que el 81 % del área de siembra de cultivos extensivos es realizado con labranza y con cobertura de residuos (siembra directa continua) y existe una desproporción de cultivos gramíneas sobre el resto, (65% del área de siembra de Argentina es soja) y los principales cultivos capturantes de carbono y que presentan raíces estructurantes de suelo son el trigo y el maíz y su rastrojo es fundamental para la sustentabilidad del sistema

La falta de los rastrojos **favorece la erosión eólica e hídrica** de los suelos siendo un factor determinante de la gravedad de esto los vientos y el tipo de pendiente.

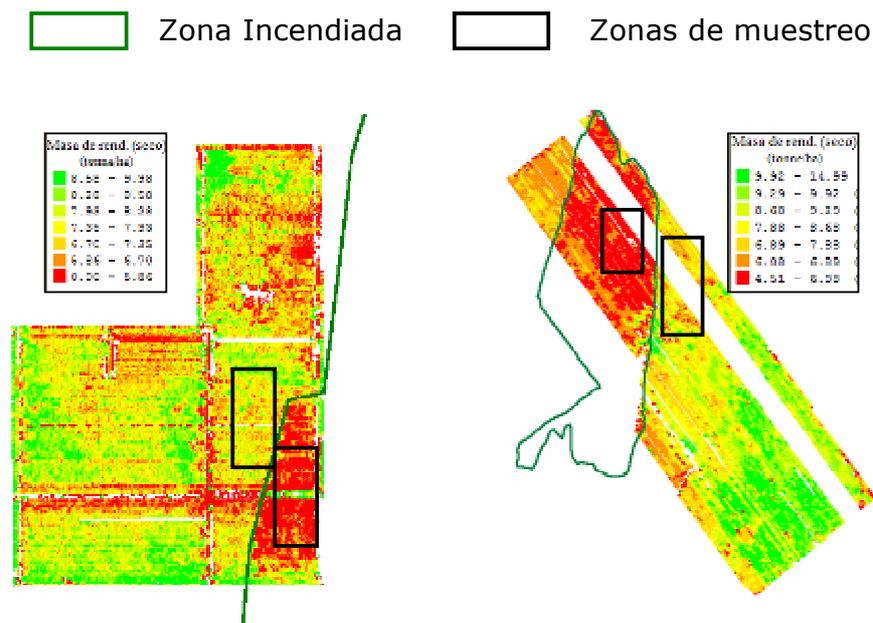
Por todo esto es que la alta frecuencia de incendios de rastrojos de trigo ocurridos durante toda la temporada seca en la pampa semiárida, inyectaron en las últimas campañas, una gran preocupación no solo por la pérdida del rastrojo logrado sino también por los efectos de

estos sobre el suelo y sobre los cultivos subsecuentes a la ocurrencia de estos.

Evaluación del impacto de incendio de rastrojo de trigo con monitor de rendimiento.

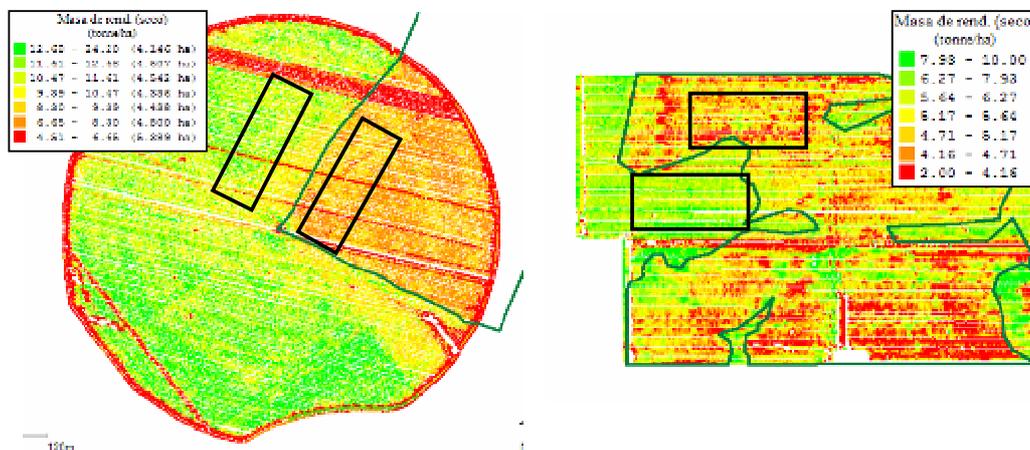
Es posible estimar las pérdidas económicas relacionadas con los efectos negativos que se producen después de la quema de los rastrojos, realizando la extracción de muestras de suelo, determinando pérdidas de humedad y nutrientes comparando las partes quemadas con las no afectadas. Pero con la tecnología de GPS es posible cuantificarla directamente a través de la visualización de los mapas de rendimiento y su posterior análisis

El crecimiento de la adopción de agricultura de precisión trajo aparejada el incremento de la superficie mapeada con monitor de rendimiento, el mapa de rendimiento cuya precisión y confiabilidad es elevada (error del 0 a 2.5%) nos permite detectar y evaluar problemas de manejo, realizar ensayos, detectar y caracterizar variabilidad para el manejo sitioespecífico y nos permite evaluar daños por contingencias tales como granizo, vuelco por viento y en lo que respecta a este trabajo nos permitió dimensionar el efecto directo que tienen los incendios de rastrojo sobre el rendimiento de los cultivos posteriores. Se recopilaron mapas de rendimiento de diferentes años y de diferentes zonas en donde el incendio de rastrojo afectó parte del lote dejando áreas sin perturbar lo que permitió la comparación de los rendimientos. Se establecieron cuatro casos muy lejanos entre si y de diferentes períodos entre el incendio y la cosecha (figura 6).



Pampayasta 1

Manfredi



Pilar

Pampayasta 2

Figura 6: Mapa de rendimiento de cuatro casos en donde se produjo un incendio de rastrojo de trigo.

En todos los casos se cuenta con los límites trazados de las zonas afectadas por el fuego y a simple vista es posible diferenciar entre las zonas dañadas y las no afectadas por el fuego, y un análisis mas detenido de los rendimientos de una zona y otra establecen que las mermas de rendimiento independientemente del la cantidad de rastrojo y del rendimiento del cultivo de maíz rondan entre un 30% y un 38% tal como lo muestra la tabla 1 de descripción de los 4 casos y el gráfico 1.

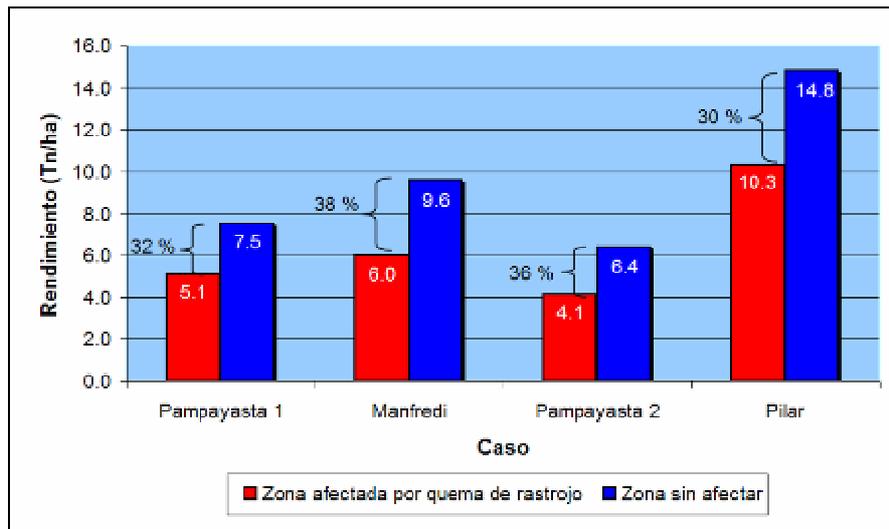
Tabla 1: Descripción de los 4 casos

Caso	Superficie Lote (ha)	Superficie Incendiada (ha)	Cantidad de Rastrojo (Tn/ha)	Fecha de incendio	Fecha de Cosecha	Rendimiento Zona afectada (Tn/ha)	Rendimiento Zona sin afectar (Tn/ha)	% de pérdida
Pampayasta 1	83	10	3.8	31/10/2009	15/04/2010	5.1	7.5	0.32
Manfredi	42	12	4	20/08/2009	15/04/2010	6	9.6	0.38
Pampayasta 2	89	63	3.8	31/10/2009	1/04/2010	4.1	6.4	0.36
Pilar	100	25	5.8	10/10/2005	15/03/2008	10.3	14.8	0.30

Específicamente las pérdidas fueron de 2.4 t/ha en los casos Pampayasta 1 y 2 que poseen en suelos clase VI y en secano, en el

caso Manfredi 3.6 t/ha sobre un suelo clase III y en seco y 4.5 Tn./ha en un suelo clase III y bajo riego intensivo. Además en este último caso bajo riego los efectos se siguen viendo aún 2 años y medio después de ocurrido el incendio.

Gráfico 1: Rendimiento del maíz en cada zona y porcentaje de pérdida por incendio del rastrojo de trigo anterior.



En todos los casos la voracidad del incendio ha producido pérdidas realmente significativas en el rendimiento pero se debe tener en cuenta que además de dicha pérdida se incurren en costos elevadísimo de insumos en cada unidad de superficie sin discriminar entre zonas afectadas y las no afectadas, especialmente en el maíz bajo riego, teniendo en cuenta la cantidad de insumos necesarios en este caso para producir 14.8 t/ha (caso Pilar).

La merma de rendimiento en maíz se la puede atribuir a la modificación física y química de la capa superficial del suelo por la exposición a altas temperaturas, pérdida de agua por la ausencia de rastrojo y pérdida de nitrógeno, siendo este fenómeno merecedor de un estudio más intensivo especialmente en lo que respecta a la transformación que se produce en el suelo para entenderlo y actuar en consecuencia con la mejor toma de decisión y aplicando técnicas y herramientas de Agricultura de precisión zonificando las áreas afectadas y realizar manejo sitioespecífico para acelerar la recuperación de los suelos afectados.

Bibliografía

ANDRADE, F.; CIRILO, A.; UHART S.; OTEGUI M. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa, pp:264.

GÓMEZ, P., 1991. Disponibilidad hídrica y fecha de siembra como factores determinantes del rendimiento de maíz. Tesis de Ingeniero Agrónomo Thesis, UNMDP, Balcarce, 39 pp.

MARELLI, H. 1983. Evaluación de la erosión hídrica en suelo saturado. Actas del X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata.

GUEVARA, Juan Manuel. 2005, Incendios Rurales, Quema de Rastrojos, Artículo publicado en La Revista Rural.www.produccionbovina.com

MARTINEZ H. y BECERRA D. 2004. Usos Y Efectos Del Fuego. www.slideshare.net/.. /efectos-del-fuego

Autores:

Ing. Agr. MSc. Mario Bragachini^(a); Ing. Agr. Andrés Méndez^(b); Ing. Agr. José Peiretti^(c); Ing. Agr. Mauricio Santa Juliana^(d); Ing. Agr. Juan Pablo Vélez^(e), Ing. Agr. Federico Sánchez^(e); Tec. Agr. Diego Villarroel^(e); Ing. Agr. Fernando Scaramuzza^(e); Ing. Agr. Javier Pognante^(d); Diseñador Industrial Alejandro Gallarino^(e).

^(a) Coordinador de Proyecto de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas y PRECOP II, ^(b) Coordinador de Proyecto de Desarrollo y Aplicación de Máquinas y Agrocomponentes Precisos, ^(c) Técnico del Proyecto Específico Eficiencia de Cosecha, del PRECOP II, ^(d) Técnicos de PRECOP II, ^(e) Técnicos de Proyecto de Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas.

INTA EEA Manfredi
Ruta 9, km 636 – (5988) Manfredi – Córdoba – Argentina
Tel. (03572) 493039 / 053 / 058

PRECOP II

WEB: www.cosechaypostcosecha.org
Mail: precop@correo.inta.gov.ar

Proyecto Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas

WEB: www.agriculturadeprecision.org –
E-mail: agprecision@correo.inta.gov.ar
agriculturadeprecision@yahoo.com