



Informe Final año 2020/21

Estrategias de Fertilización de Arroz en Entre Ríos

César Quintero, María de los Ángeles Zamero, Romina Befani
Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNER

Introducción

Ante la disminución de la fertilidad natural de los suelos y el incremento de los niveles productivos necesarios para obtener rentabilidad, se plantó la oportunidad de realizar nuevos ensayos de fertilización buscando estrategias o combinaciones que alcancen rendimientos más altos.

Los nutrientes con clara deficiencia y respuesta en la mayoría de las situaciones productivas son el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), y cinc (Zn). Recientemente se ha sumado el azufre (S), con menos antecedentes.

Se platearon 4 tratamientos o niveles de fertilización:

1 - Testigo, sin fertilizantes. Solamente con el objetivo de conocer el nivel de base u oferta natural del suelo.

2 – Mínimo. Fertilización promedio del productor típico. Es la alternativa de base a superar en términos físicos y económicos.

3 – Mejorado. Es un tratamiento con una fertilización óptima desde el punto de vista económico, posible de llevar delante de manera extensiva. Se asemeja a lo utilizado por los mejores productores o productores de punta.

4 – Potencial. Este tratamiento busca explorar un potencial productivo sin limitaciones de nutrientes. Puede ser que no reditúe económicamente.

Las dosis de elementos en kg/ha a ensayar en los distintos tratamientos fueron las siguientes:

Tratamiento	N	P	K	S	Zn
1. Testigo	0	0	0	0	0
2. Mínimo	70	13	20	0	0
3. Mejorado	100	22	50	0	0.5
4. Potencial	130	22	75	24	1.5

Se realizaron 3 ensayos en lotes comerciales de producción de arroz en cercanías de San Salvador, Jubileo y Feliciano. Se realizó un seguimiento del cultivo, se tomaron muestras de suelo al inicio y de plantas en 6 momentos fenológicos (pre riego, 15 días posterior a inicio de riego, diferenciación

de primordio floral, hoja bandera, floración y madurez). Las muestras recolectadas se partitionaron en hojas verdes, senescentes, tallos y panojas; luego se determinó la materia seca, la concentración y absorción de nutrientes. Se estimó el Índice de Área Foliar, se evaluaron los componentes del rendimiento y la calidad de los granos producidos. Se cosechó la parcela completa o gran parte de ella, se pesó y se corrigió por humedad para determinar el rendimiento y calidad.

Análisis de suelos

Característica	San Salvador	Jubileo	Feliciano
pH	7,55	7,50	7,20
Materia orgánica (%)	2,35	2,85	2,46
Nitrógeno total (%)	0,108	0,124	0,130
Nitratos (mg kg ⁻¹)	18,2	27,7	36,3
Fósforo disponible (mg kg ⁻¹)	8,7	7,6	15,7
Cap. Interc. Catiónico (cmol kg ⁻¹)	25,3	31,8	36,3
Potasio intercambiable (cmol kg ⁻¹)	0,574	0,631	0,542
Potasio disponible (mg kg ⁻¹)	224	247	212
Saturación potásica (%)	2,3	2,0	1,5
Calcio intercambiable (cmol kg ⁻¹)	19,2	22,9	29,8
Calcio disponible (mg kg ⁻¹)	3848	4589	5972
Magnesio intercambiable (cmol kg ⁻¹)	3,9	5,1	3,8
Magnesio disponible (mg kg ⁻¹)	474	620	462
Sodio intercambiable (cmol kg ⁻¹)	1,15	2,52	0,763
Saturación sódica (%)	4,6	7,9	2,1
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	0,757	0,785	1,312
Azufre (mg kg ⁻¹)	13,9	16,5	14,2
Zinc (mg kg ⁻¹)	0,70	1,01	0,67

Se trata de suelos algo degradados por el uso agrícola intensivo que muestran bajos niveles de materia orgánica, ligera alcalinidad y bajos contenidos de P y Zn disponible.

Dado que los ensayos se realizaron en parcelas de 0.5 a 1 hectárea por tratamiento que fueron aplicados con la maquinaria del productor y los fertilizantes disponibles en el campo; se describen las características propias de cada sitio de ensayo y sus resultados.

Resultados

Campo Arónica

Localidad: San Salvador

Coordenadas: 31°27'18,45'' S, 58°32'13,57'' O

Variedad: Guri

Parcelas en Franjas de 50 x 200 metros (1 ha)

Densidad de siembra: 140 kg/ha

Distancia de siembra: 17,5 cm

Fecha de siembra: 29/09/2020. Fertilización de base con MAP y MES SZ

Fertilización con Cloruro de Potasio al voleo 03/10/20

Fecha de emergencia: 15/11/2020

Fertilización con Zn foliar: 20/11/2020. Solamente Mejorado y Potencial

Fertilización pre riego: 21/11/2020. Urea y YaraVera Amidas

Fertilización 2º de UREA: 26/12/2020. Testigo nada, Mínimo 60 kg/ha, Potencial y Mejorado 100 kg/ha

Fecha de floración: 09/02/2021. Fungicida el 05/02/2021

Fecha de cosecha manual de muestras para laboratorio: 15/03/2021

Fechas de cosecha a campo: 16/03/2021

Ciclo del cultivo: 120 días

Este ensayo tuvo un efecto significativo de raíces negras que afectó de mediados a fin de ciclo.

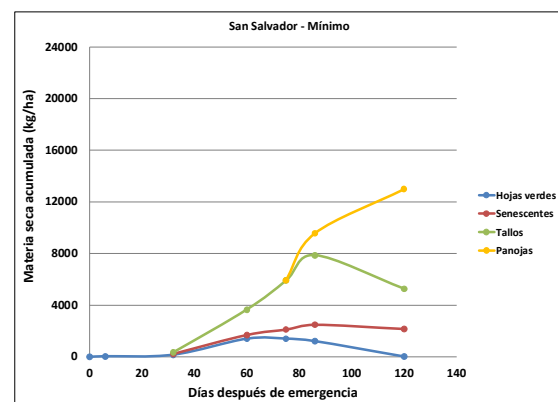
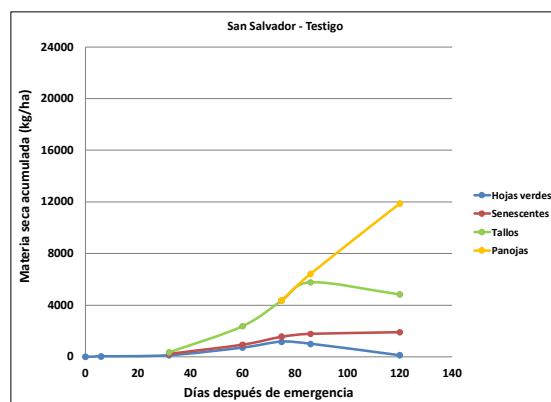
Dosis de nutrientes aplicados en kg/ha

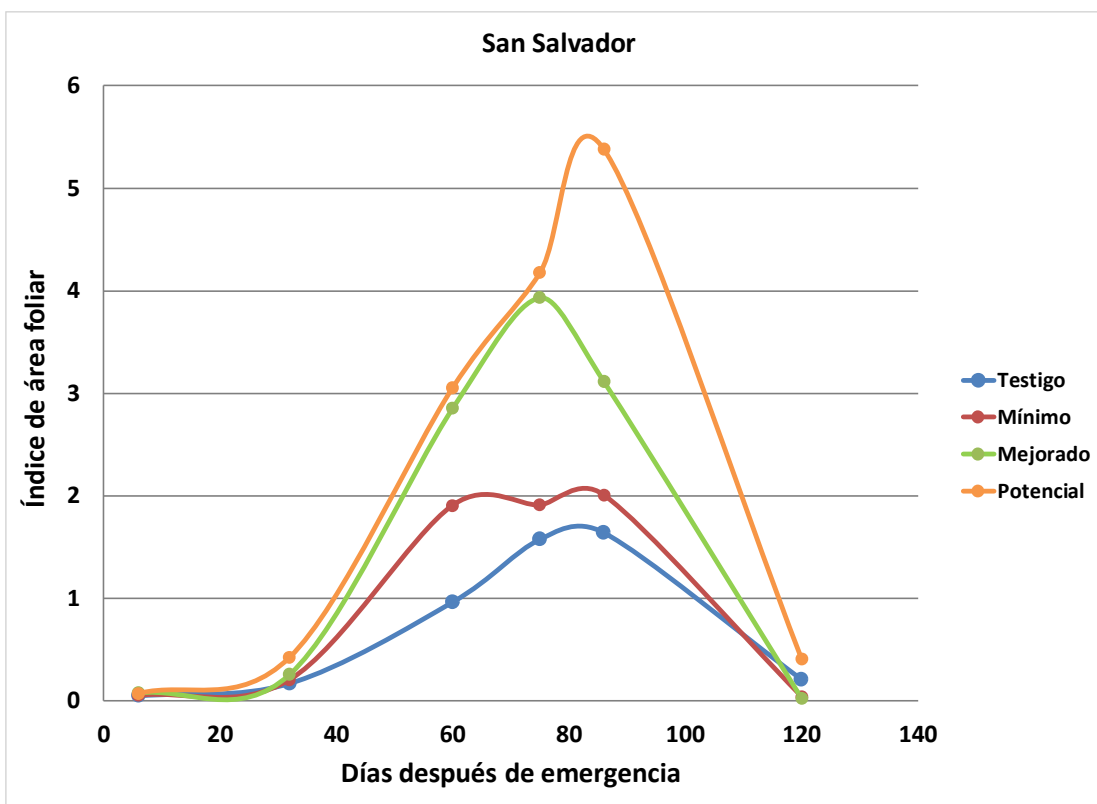
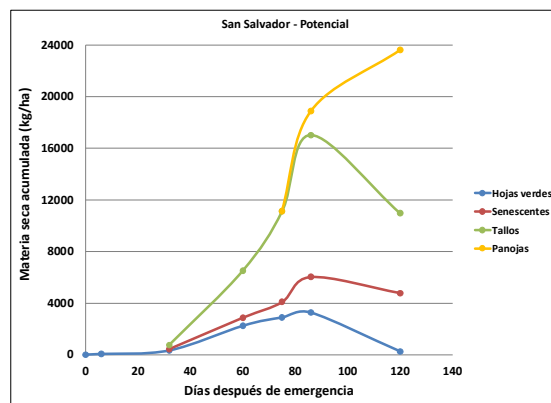
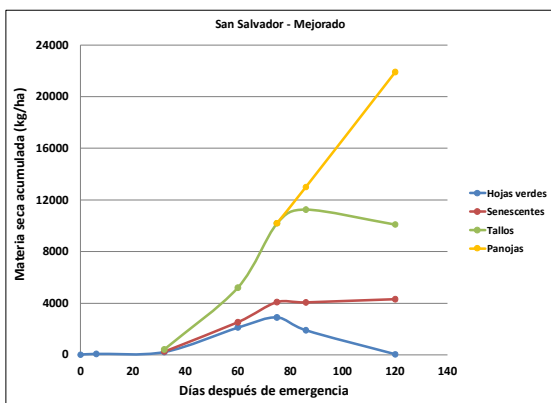
Tratamientos	N	P	K	S	Zn
1 – Testigo	0	0	0	0	0
2 – Mínimo	66	13	35	0	0
3 - Mejorado	127	24	70	0	0,5
4 – Potencial	143	24	70	25	1,9

Evolución en el número de plantas, tallos y panojas por tratamiento

Fecha	21/11/2020	17/12/2020	14/1/2021	29/1/2021	8/2/2021	15/3/2021
Tratamiento	Plantas/m ²	Tallos/m ²	Tallos/m ²	Tallos/m ²	Tallos/m ²	Panojas/m ²
Testigo	179	248	323	384	370	360
Mínimo	201	407	487	460	450	373
Mejorado	151	488	547	576	543	567
Potencial	166	722	667	653	630	607

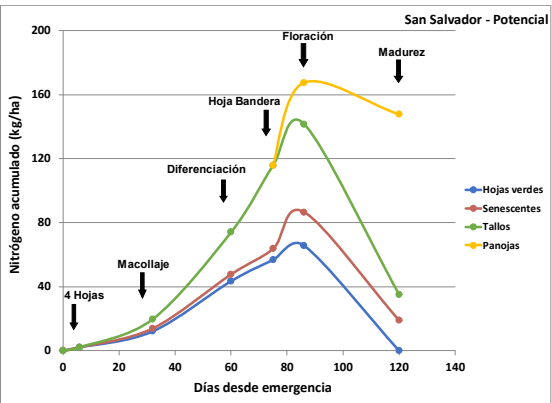
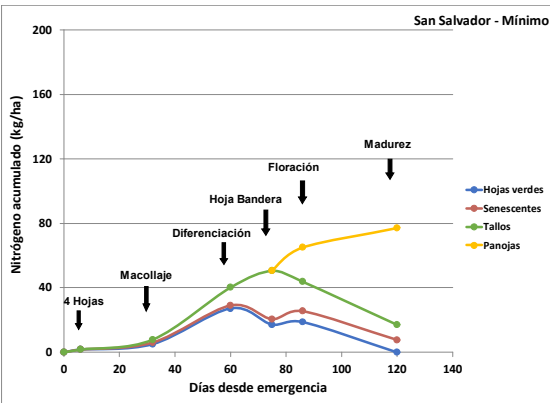
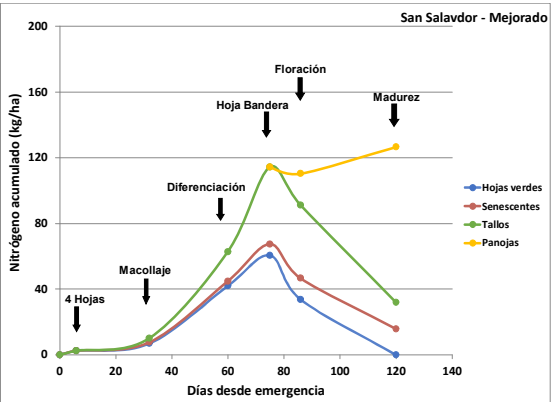
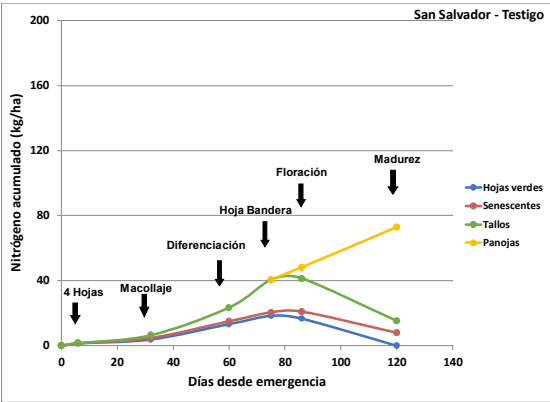
Evolución en el crecimiento y área foliar por tratamiento



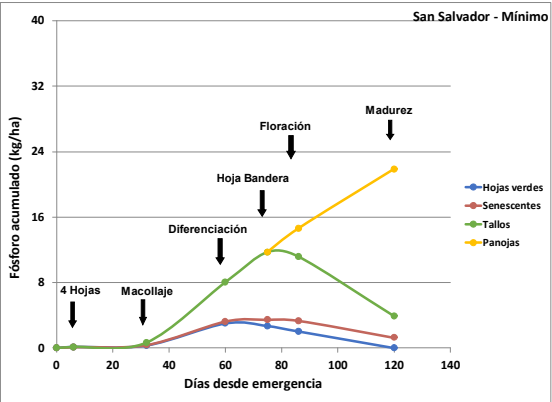
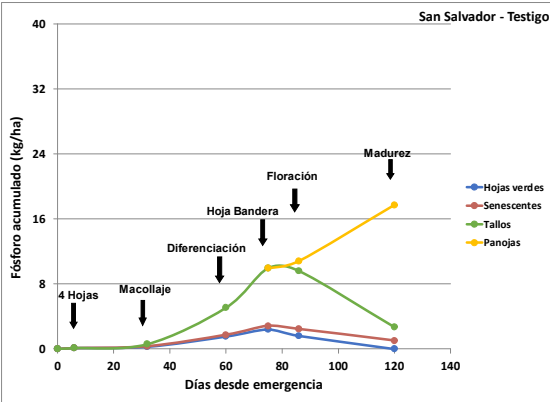


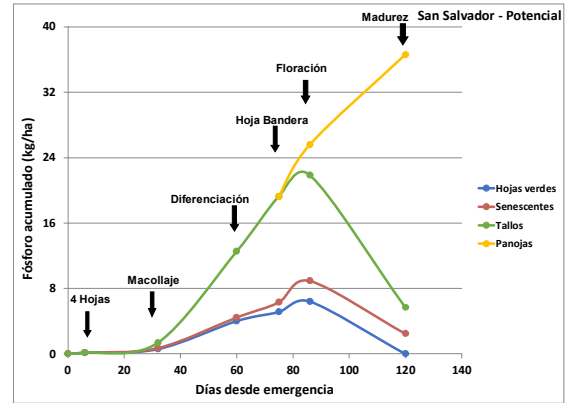
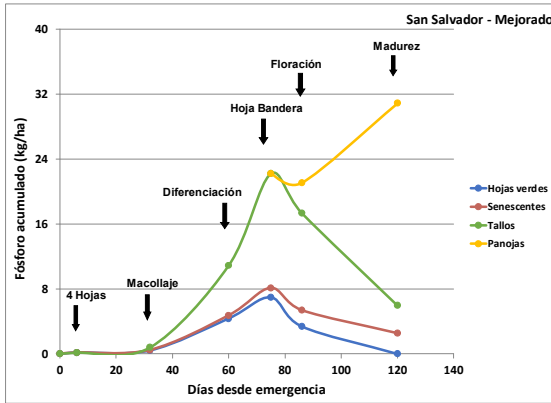
Absorción de nutrientes (N-P-K-S-Zn) por tratamiento

Nitrógeno

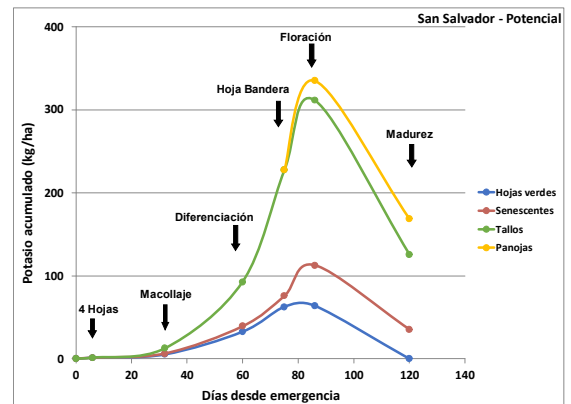
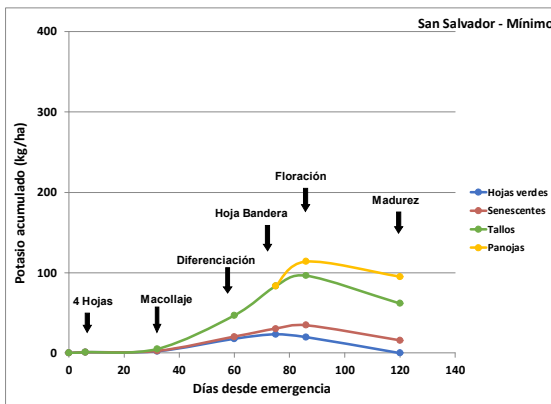
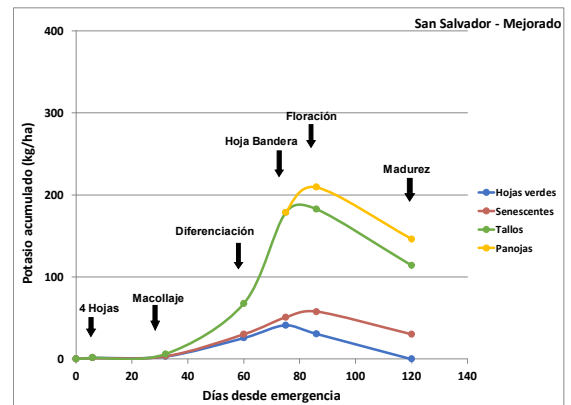
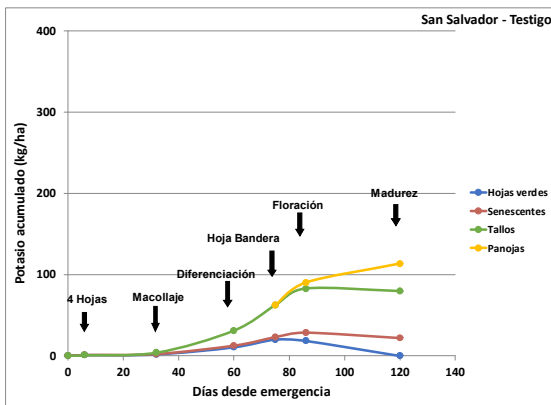


Fósforo

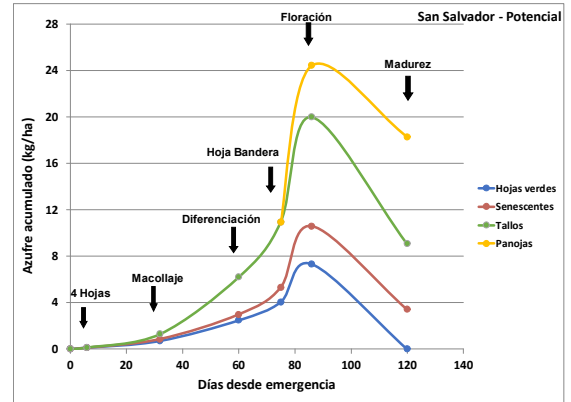
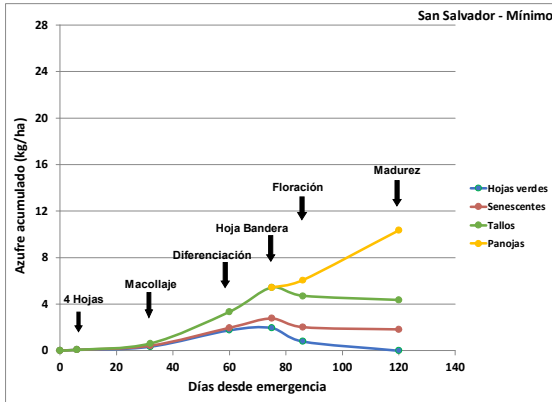
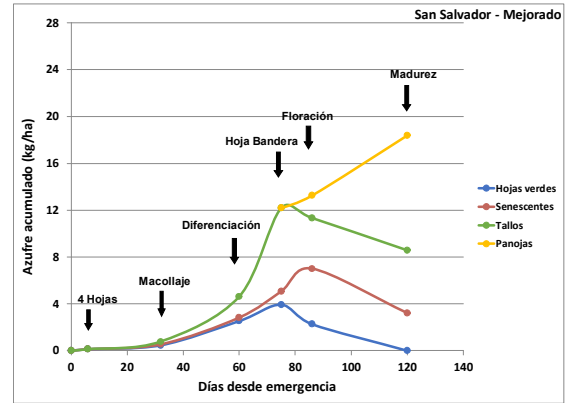
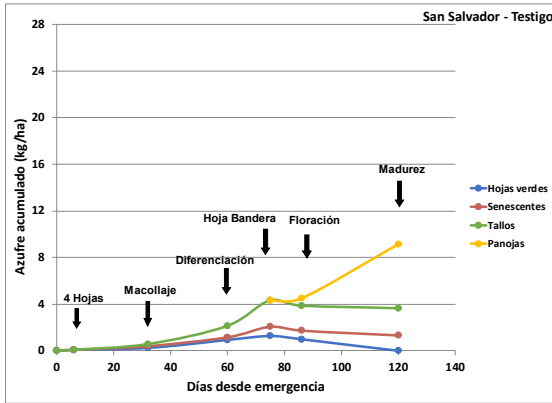




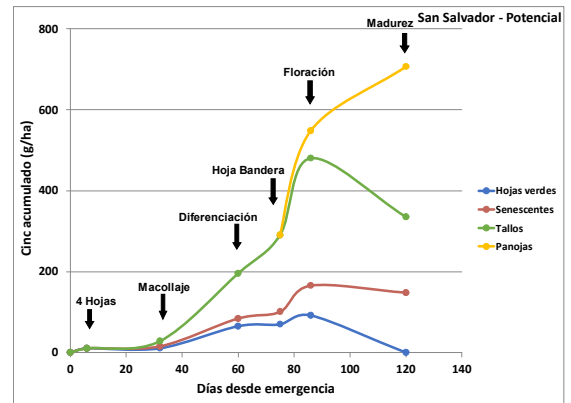
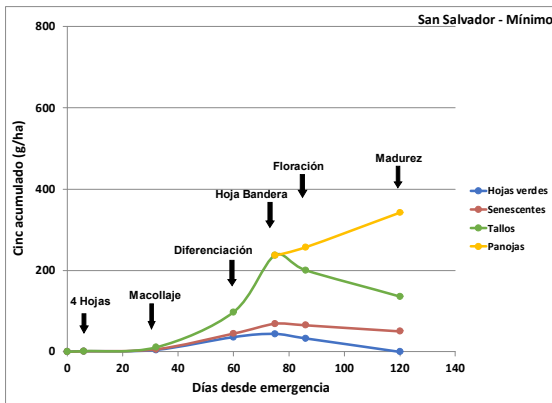
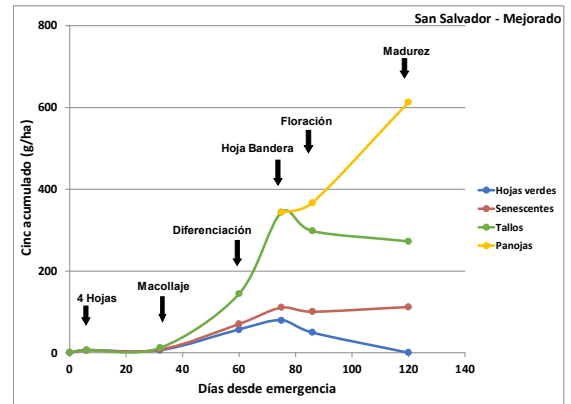
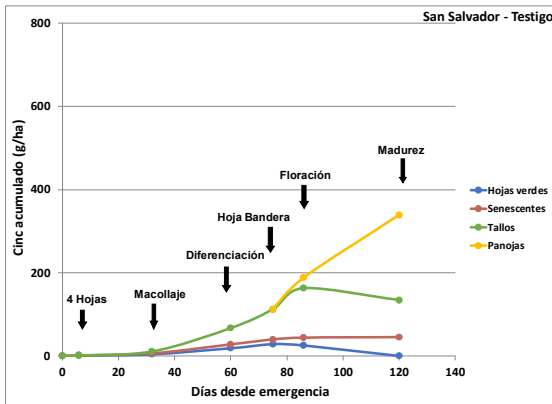
Potasio



Azufre



Cinc



Rendimiento y componentes

Tratamiento	Panojas/ m ²	Granos/ panoja	Vanos (%)	Peso 1000 (g)	Rendimiento (kg/ha) ₁	Rendimiento (kg/ha) ₂	Calidad (Factor)
Testigo	360	91	14,3	23,3	7041	4003	98,0
Mínimo	373	88	9,0	23,7	7708	4759	102,1
Mejorado	567	85	12,8	25,2	11811	5933	104,6
Potencial	607	88	13,0	24,0	12659	6056	105,6

1) Cosecha manual, panojas. 2) Cosecha mecánica.

Campo La Maja

Localidad: San Salvador

Coordenadas: 31°45'15,04'' S, 58° 41'7,31'' O

Variedad: Memby Porá

Franjas: 50 m x 200 m = 10000 m²

Densidad de siembra: 140 kg/ha

Distancia de siembra: 17,5 cm

Fecha de siembra: 30/10/2020, con baños para nacer

Fecha de emergencia: 12/11/2020

Fertilización con Cloruro de Potasio al voleo 03/11/2020

Fertilización pre riego: 27/11/2020. Urea y YaraVera Amidas

Fertilización con Zn foliar: 15/12/2020. Todos los tratamientos.

Fertilización 2º de UREA: 24/12/2020. Todos los tratamientos con 60 kg/ha

Fertilización 3º de UREA: 21/01/2021. Todos los tratamientos con 70 kg/ha

Fecha de floración aproximada: 29/01/2021

Fecha de cosecha de muestras para laboratorio: 24/03/2021

Fechas de cosecha a campo: 13/04/2021

Ciclo del cultivo: 132 días

Dosis de nutrientes aplicados en kg/ha

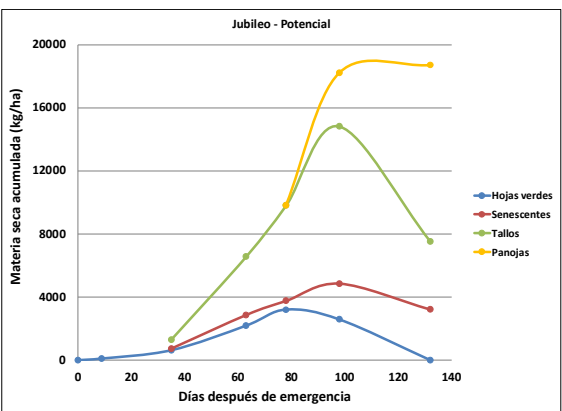
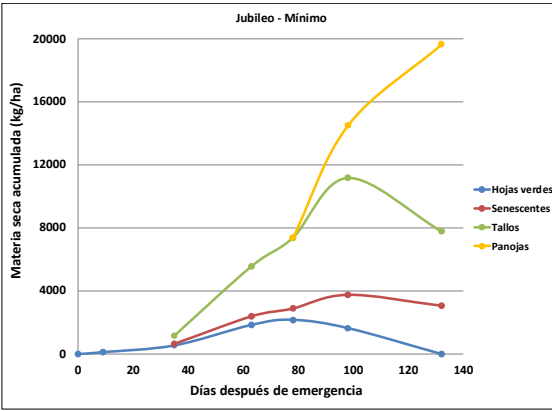
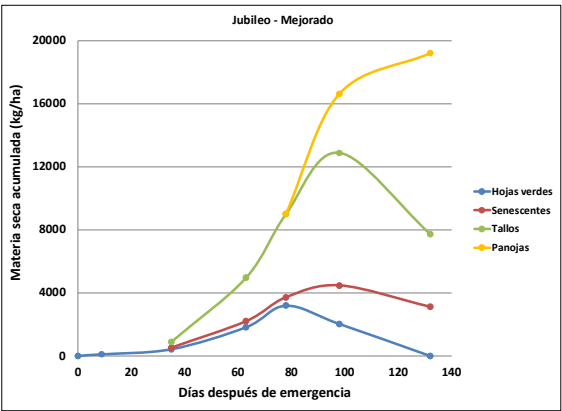
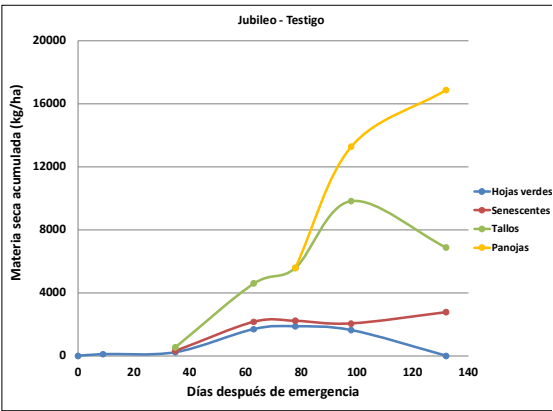
Tratamientos	N	P	K	S	Zn
1 - Testigo	60	0	0	0	0,5
2 – Mínimo	99	13	35	0	0,5
3 - Mejorado	141	24	70	0	0,5
4 - Potencial	157	24	70	25	1,9

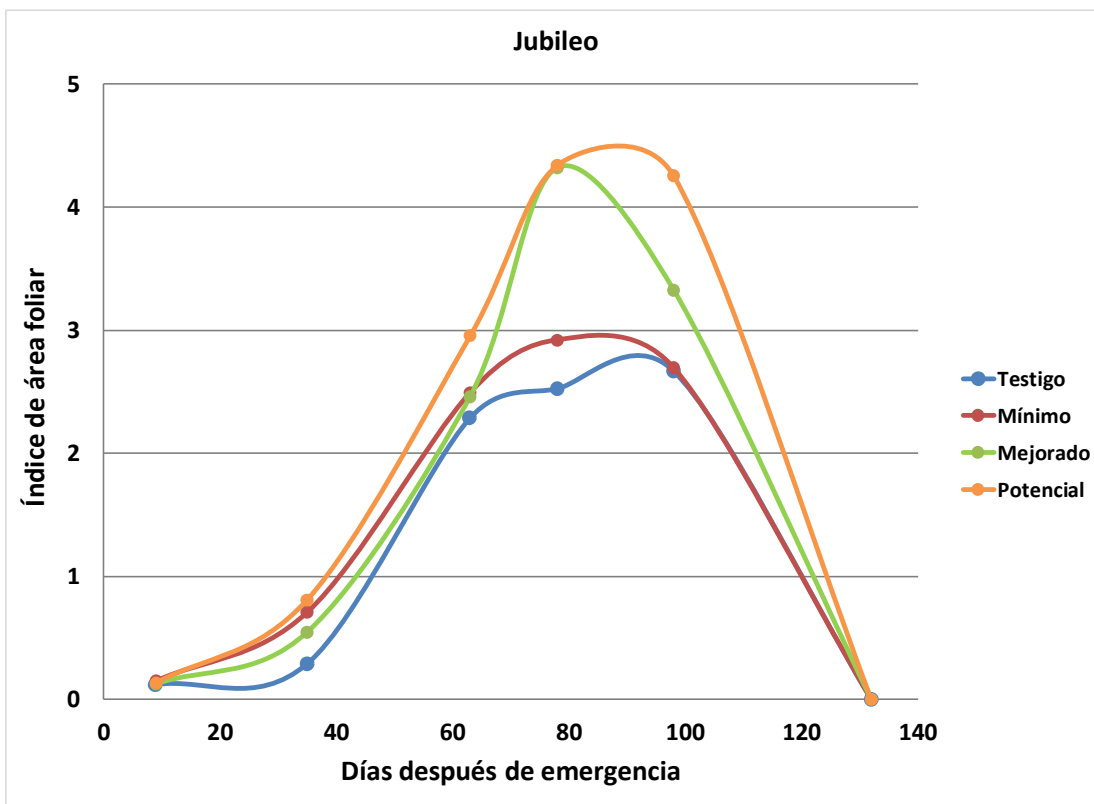
En este ensayo no se pudo evitar la aplicación de urea y Zn foliar con avión sobre todos los tratamientos, por lo cual no hay un testigo absoluto.

Evolución en el número de plantas, tallos y panojas por tratamiento

Fecha	27/11/2020	17/12/2020	14/1/2021	29/1/2021	18/2/2021	24/3/2021
Tratamiento	Plantas/m ²	Tallos/m ²	Tallos/m ²	Tallos/m ²	Tallos/m ²	Panojas/m ²
Testigo	99	173	530	680	470	393
Mínimo	97	522	707	717	487	440
Mejorado	87	477	603	837	573	380
Potencial	88	758	743	790	540	413

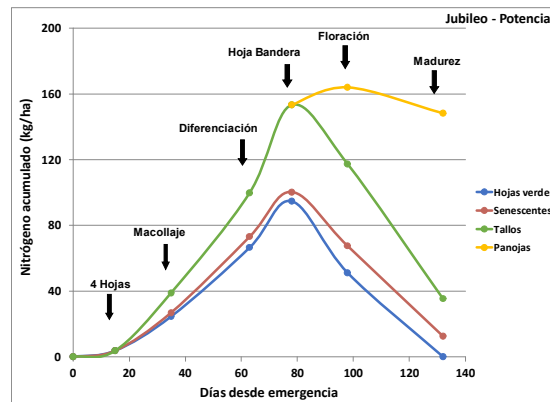
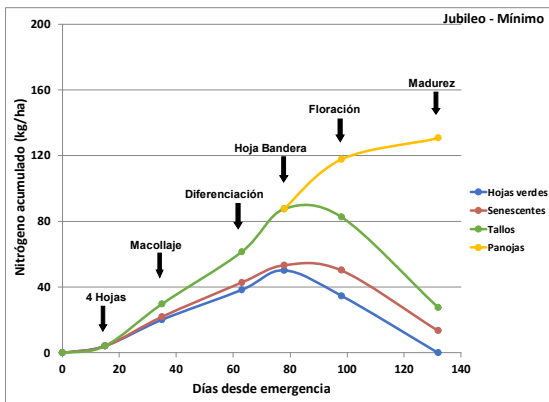
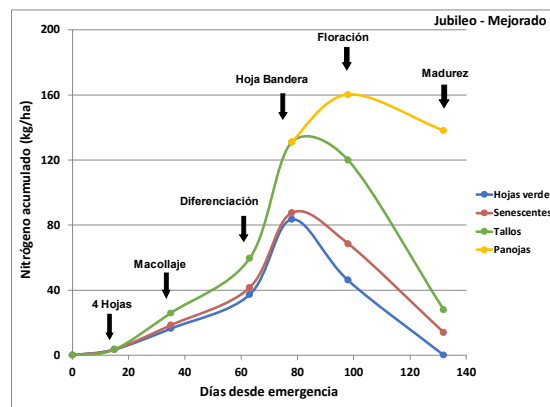
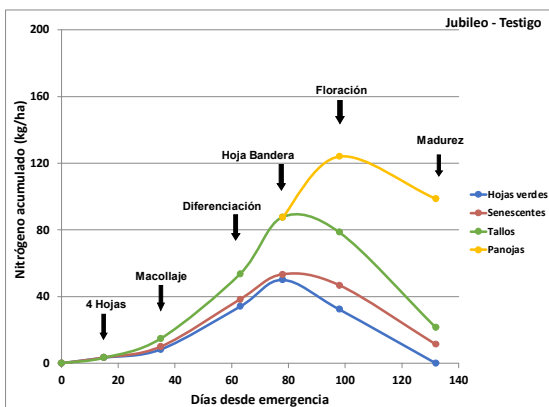
Evolución en el crecimiento y área foliar por tratamiento



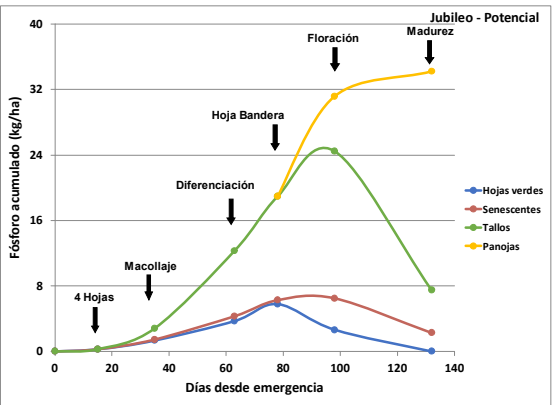
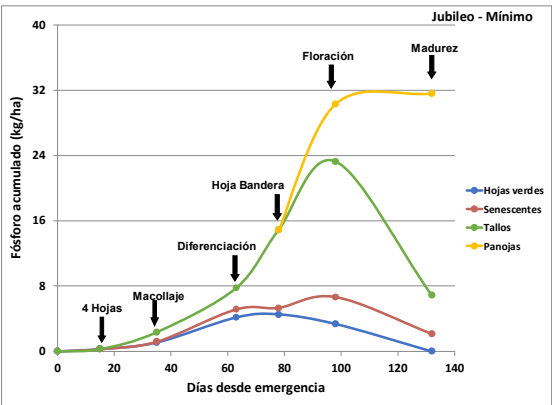
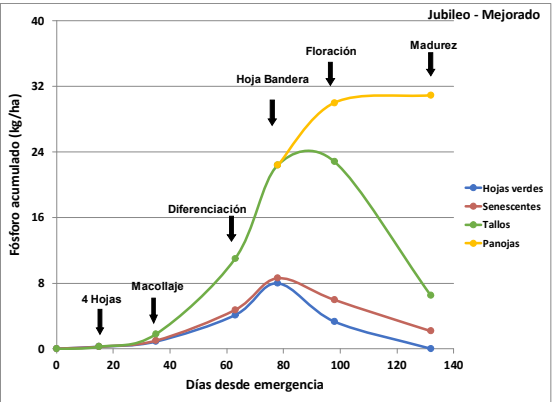
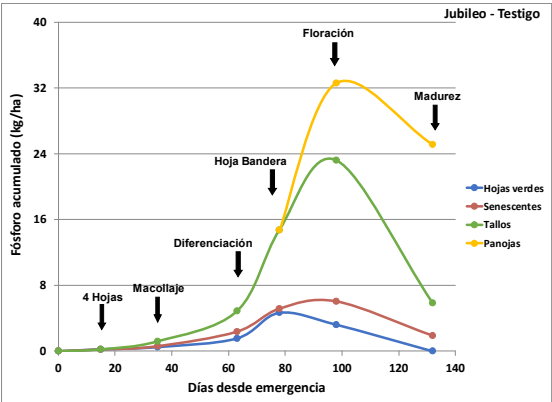


Absorción de nutrientes (N-P-K-S-Zn) por tratamiento

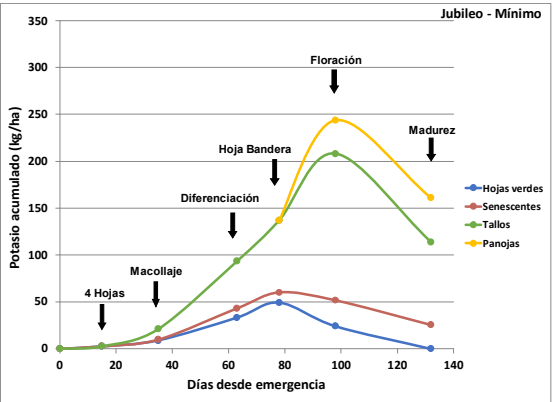
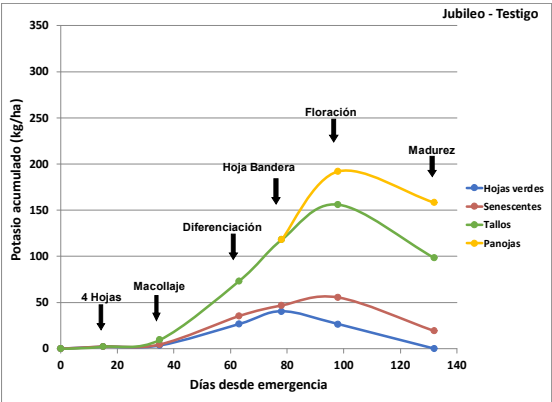
Nitrógeno

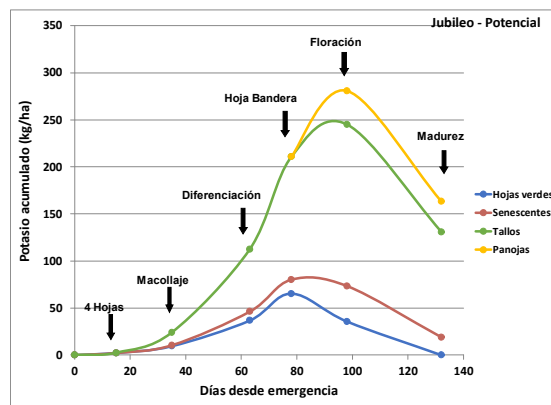
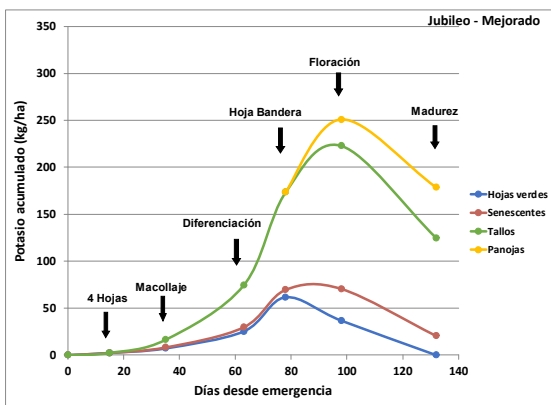


Fósforo

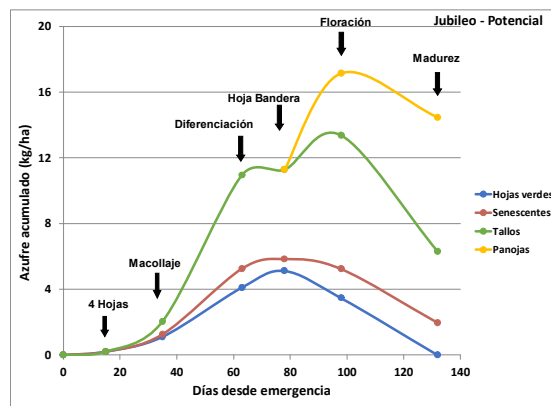
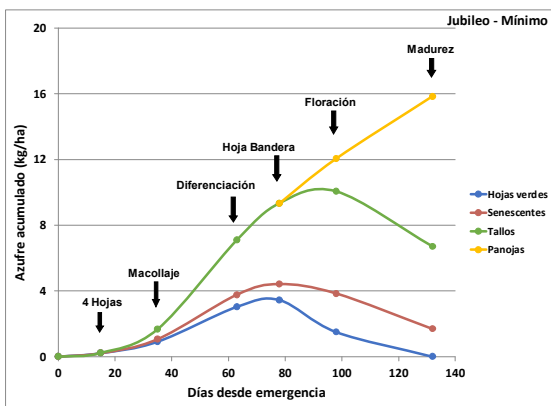
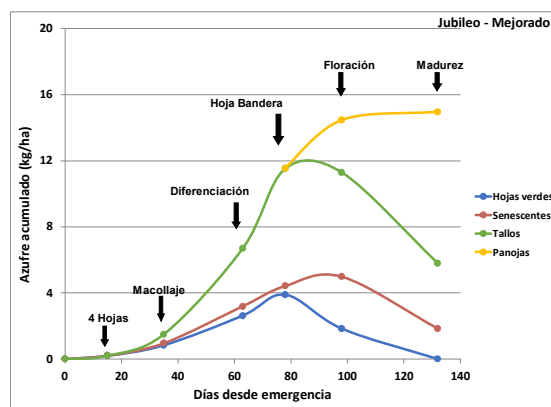
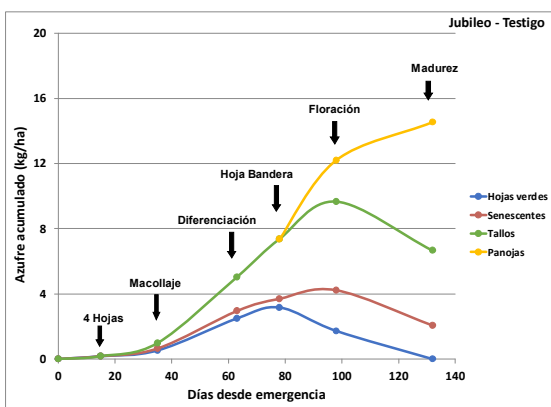


Potasio

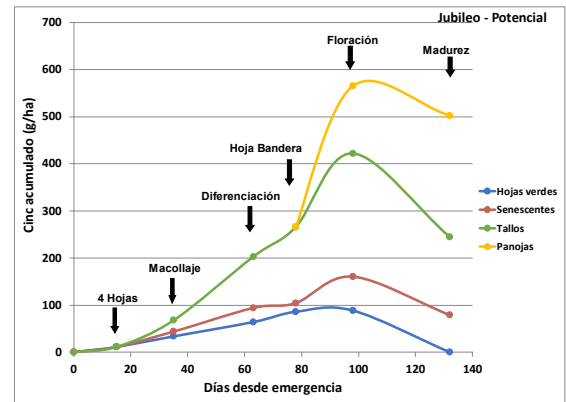
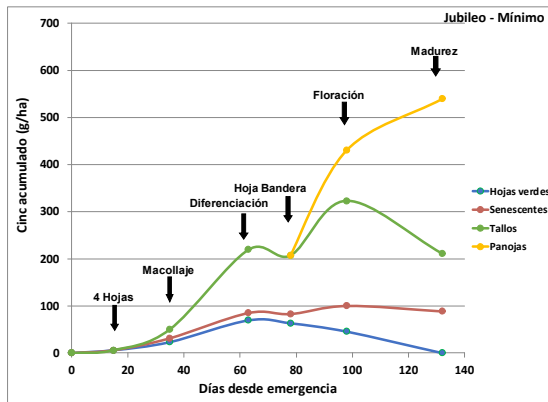
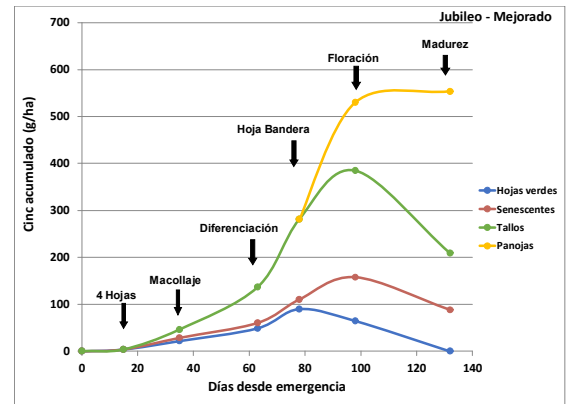
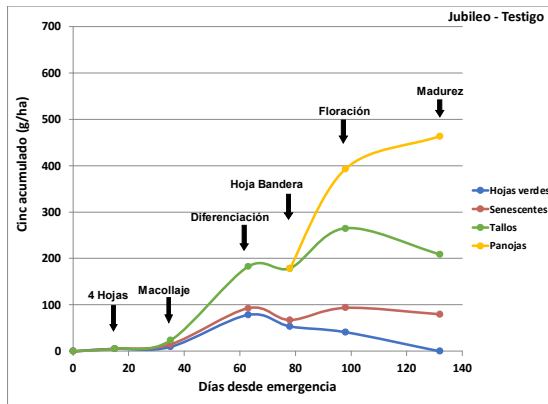




Azufre



Cinc



Rendimiento y componentes

Tratamiento	Panojas/ m ²	Granos/ panoja	Vanos (%)	Peso 1000 (g)	Rendimiento (kg/ha) ₁	Rendimiento (kg/ha) ₂	Calidad (Factor)
Testigo	393	112	7,6	23,4	9997	9595	113,8
Mínimo	440	110	6,8	22,6	11850	10068	112,7
Mejorado	380	160	6,9	21,9	11477	10703	113,8
Potencial	413	149	10,3	22,6	11181	10808	113,2

1) Cosecha manual, panojas. 2) Cosecha mecánica.

Campo La Vascongada

Localidad: Feliciano

Coordenadas: 30°27'3,46" S, 58°50'55,17 O

Variedad: Guri

Franjas: 20 x 100 metros

Densidad de siembra: 120 kg/ha

Distancia de siembra: 17,5 cm con baños para nacer

Fecha de siembra: 07/10/2020. Fertilizante de base Tiple 19 y NPSZn de YPF

Fecha de emergencia: 04/11/2020 (con baños)

Fertilización pre riego: 10/12/2020. Urea y YaraVera Amidas.

Fertilización con Zn foliar: 20/12/2020. Tratamientos mejorado y potencial.

Deriva de herbicidas 25/12/2020 efecto quemado y retraso de ciclo.

Fertilización diferenciación UREA: 20/01/2021. Testigo sin aplicar, los demás tratamientos con 70 kg/ha

Fecha de floración: 08/02/2021

Fecha de cosecha de muestras para laboratorio: 07/04/2021

Fechas de cosecha a campo: 13/04/2021

Ciclo del cultivo: 154 días (ciclo afectado por herbicida).

Dosis de nutrientes aplicados en kg/ha

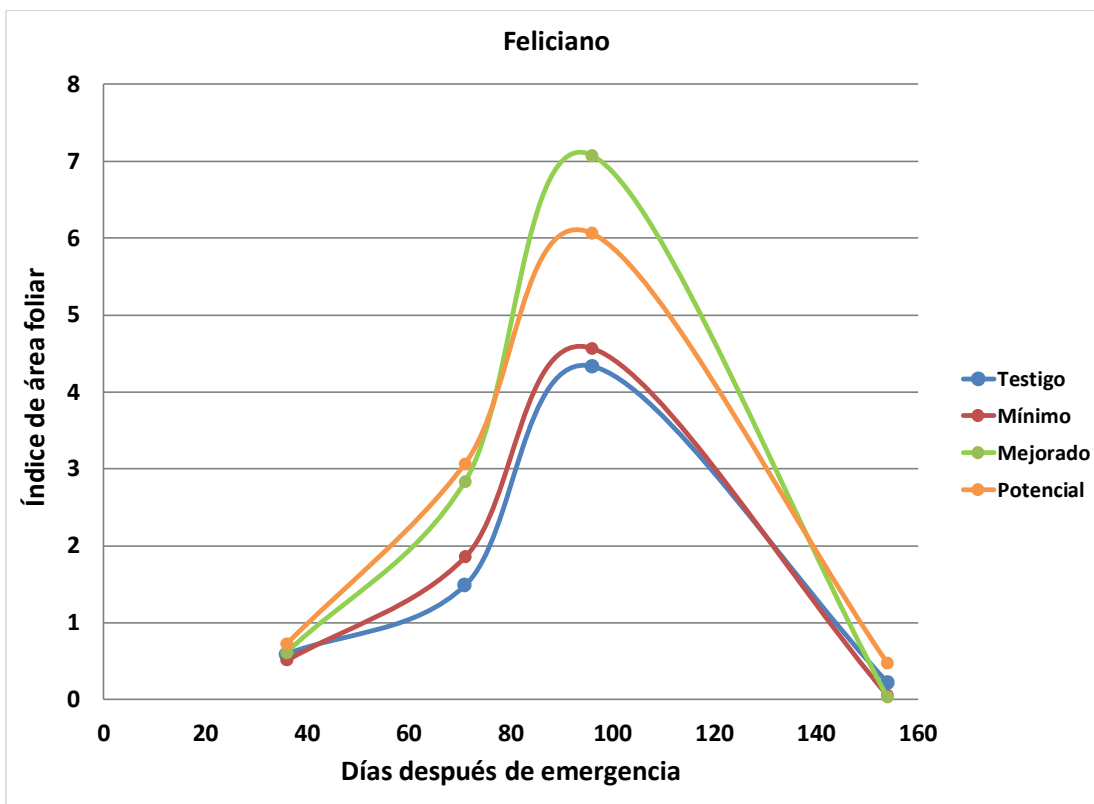
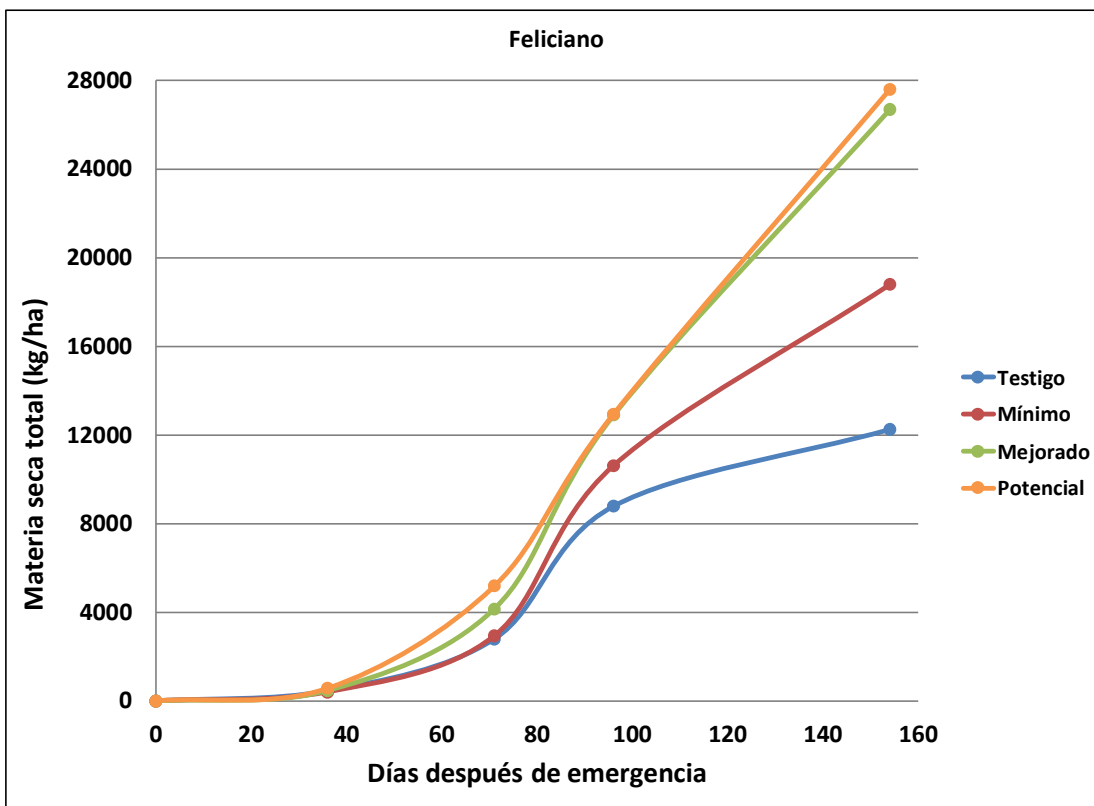
Tratamientos	N	P	K	S	Zn
1 - Testigo	0	0	0	0	0
2 – Mínimo	79	8	17	0	0
3 - Mejorado	130	17	34	0	0,5
4 - Potencial	131	23	75	19	1,8

Evolución en el número de plantas, tallos y panojas por tratamiento

Fecha	27/11/2020	29/1/2021	18/2/2021	24/3/2021
Tratamiento	Plantas/m ²	Tallos/m ²	Tallos/m ²	Panojas/m ²
Testigo	162	457	690	275
Mínimo	188	594	644	387
Mejorado	218	617	857	481
Potencial	207	610	869	460

Evolución en el crecimiento y área foliar por tratamiento

Este ensayo sufrió un fuerte efecto de deriva de herbicidas. Se pensó que estaba perdido, por lo cual se hicieron menos evaluaciones en el ciclo del cultivo. Finalmente se recuperó alargando su ciclo, pero rindió bien.



Rendimiento y componentes

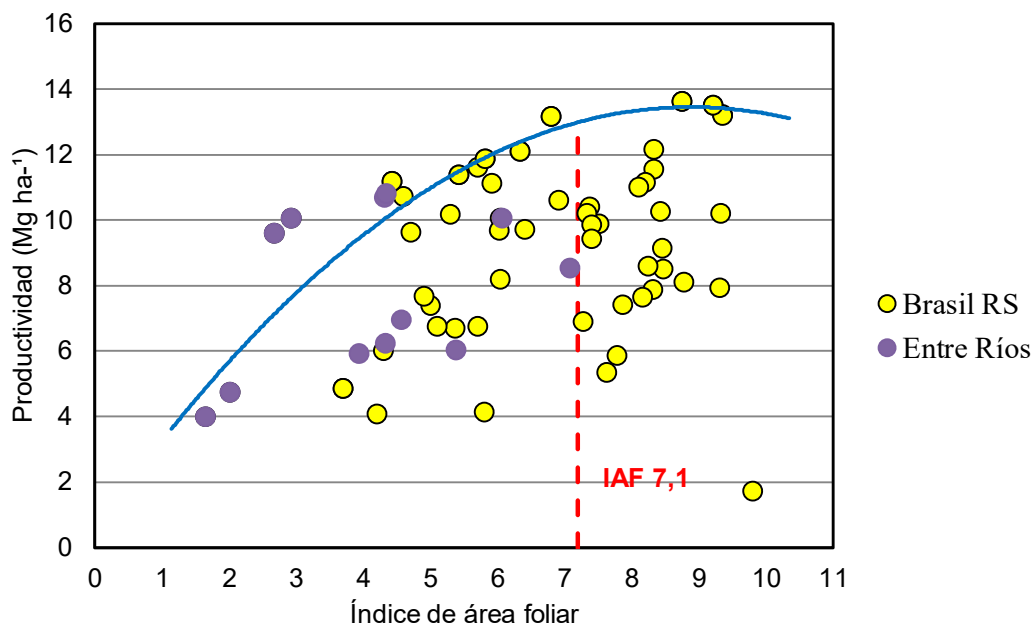
Tratamiento	Panojas/ m ²	Granos/ panoja	Vanos (%)	Peso 1000 (g)	Rendimiento (kg/ha) ₁	Rendimiento (kg/ha) ₂	Calidad (Factor)
Testigo	275	124	9,3	23,8	7143	6256	105,5
Mínimo	387	134	12,9	22,1	12067	6959	105,2
Mejorado	481	159	8,5	24,1	14976	8545	108,3
Potencial	460	139	9,2	25,6	15448	10080	105,0

1) Cosecha manual, panojas. 2) Cosecha mecánica.

Análisis Conjunto de datos

Esta experiencia se realizó en un año climáticamente propicio para la productividad del cultivo de arroz. Sin embargo, los nacimientos fueron retazados por faltas de lluvias, hubo que realizar baños para el nacimiento y el número de plantas logradas fue bajo. A pesar de ello, las buenas condiciones climáticas que se mantuvieron hasta la madurez, con temperaturas agradables, bajas precipitaciones y alta radiación permitieron buenos rendimientos.

Las diferentes estrategias de fertilización permitieron incrementar el macollaje, generando un elevado número de tallos y panojas, junto con mayor área foliar. De todas maneras, el hecho de que las emergencias estuvieran retrasadas del óptimo y con un bajo número de plantas, a pesar de la fertilización, no se pudo alcanzar en ningún caso un índice de área foliar elevado o por encima del óptimo.

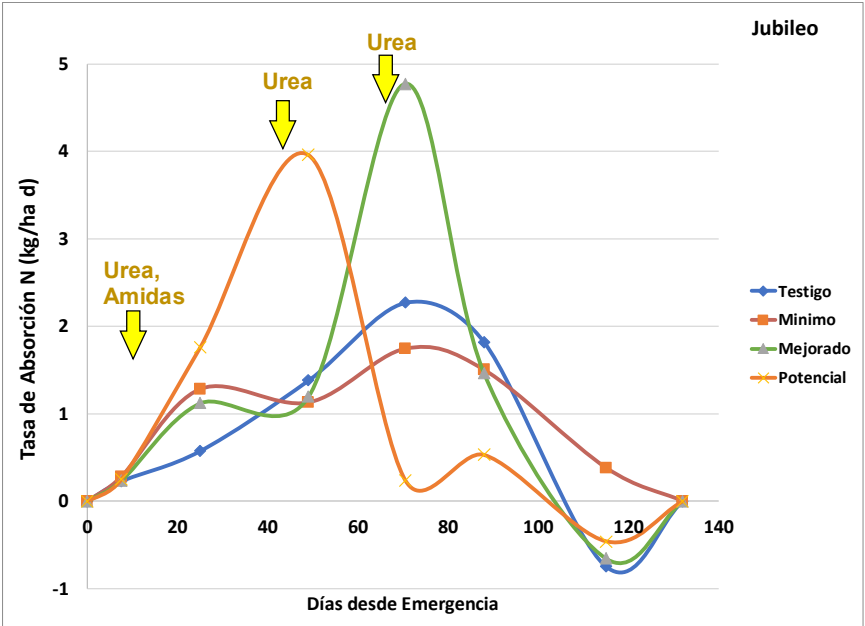
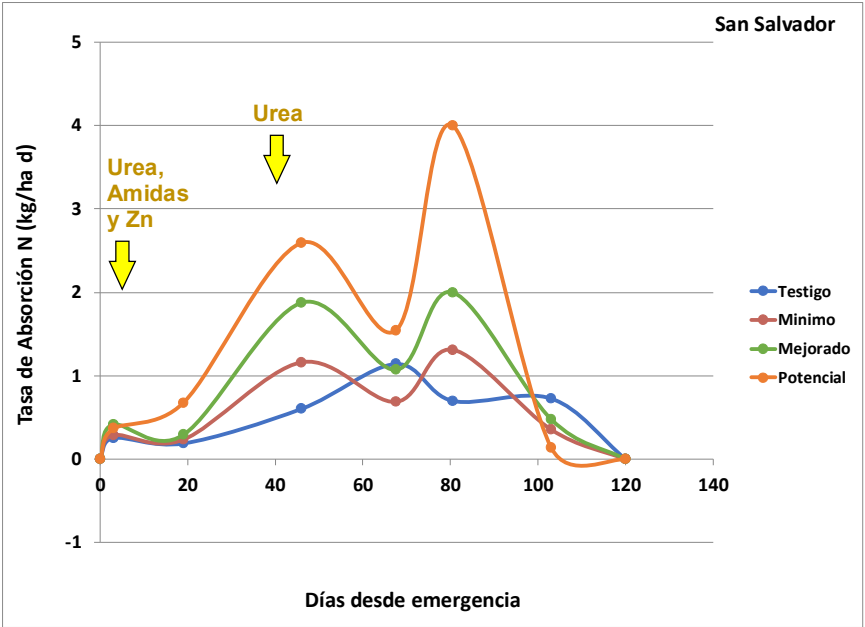


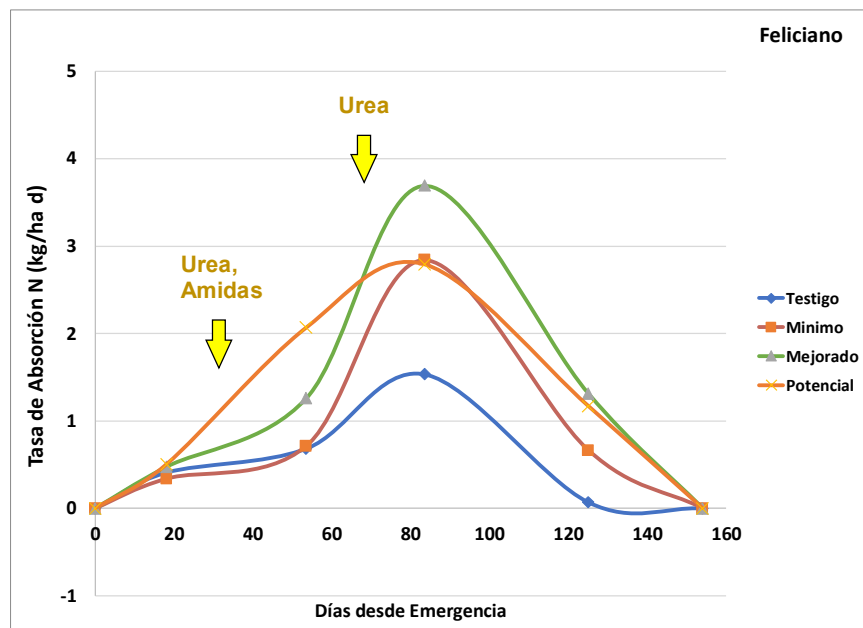
Tasas de absorción de Nutrientes

Nitrógeno

La tasa de absorción de N fue afectada por los distintos tratamientos. La fertilización balanceada o potencial (NPKSZn) mostró una absorción más temprana del N en la etapa vegetativa en los 3 sitios. La nutrición de base a la siembra con PKSZn permitió aprovechar de mejor manera el N aplicado previo al riego y posteriormente. La provisión de N por parte del suelo puede apreciarse en el

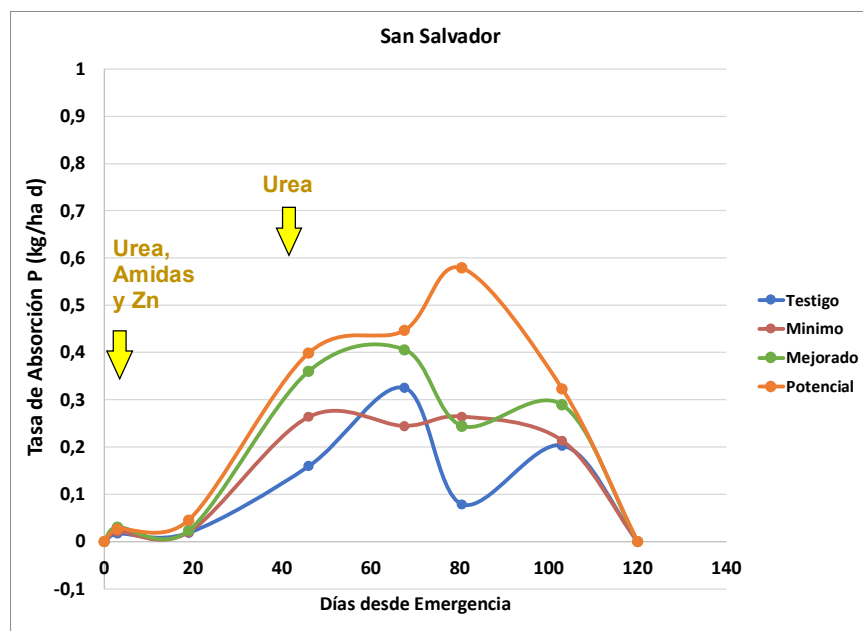
tratamiento testigo. Los tratamientos fertilizados duplican o triplican las tasas de absorción del tratamiento testigo. Esto deja a las claras la baja capacidad del suelo para satisfacer las necesidades de N de un cultivo de alto rendimiento.

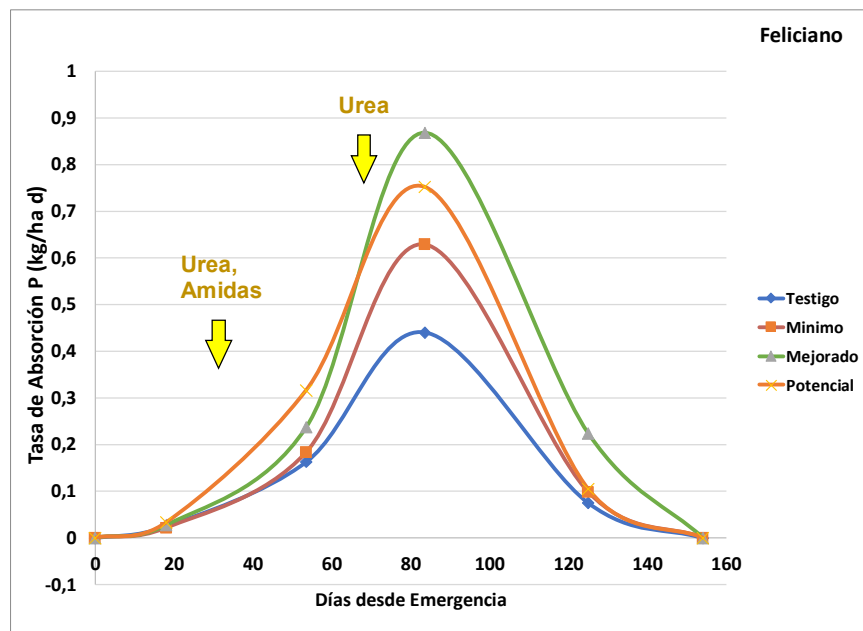
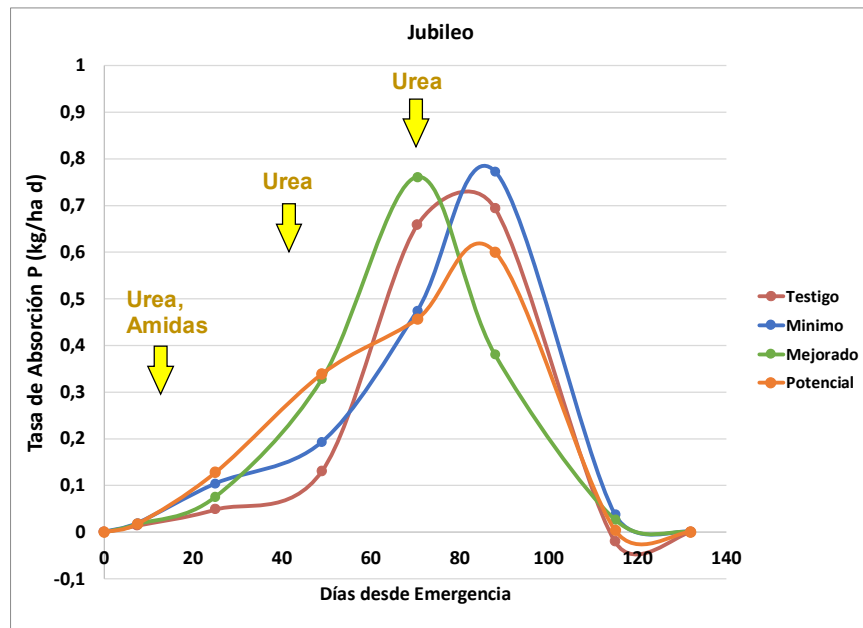




Fósforo

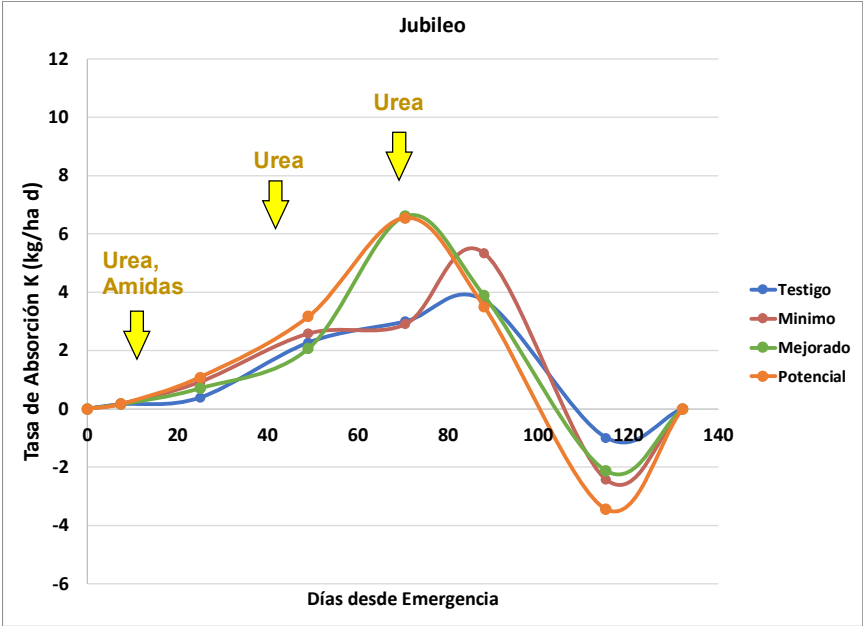
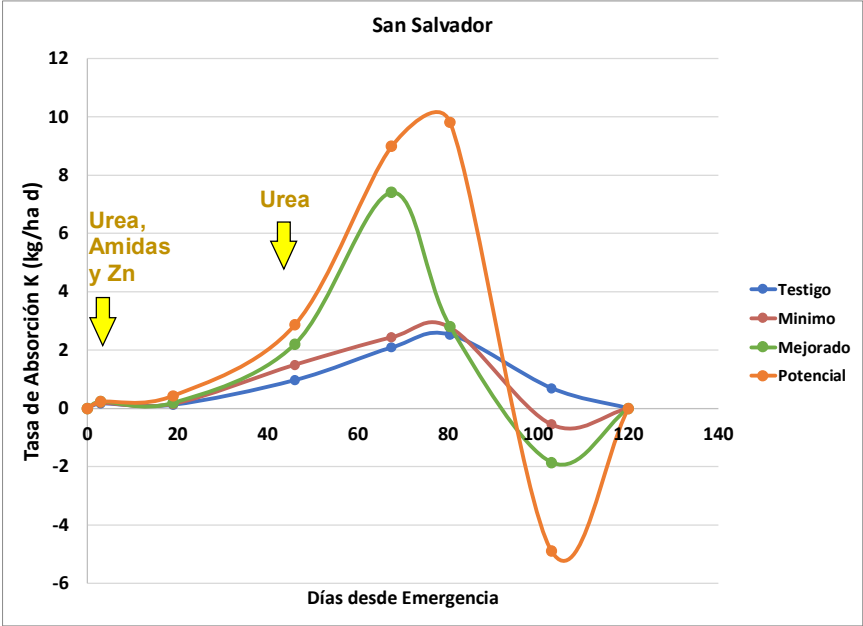
En el caso del fósforo, también se registró una mayor absorción de P en los tratamientos fertilizados. Esto fue notable a los 40-50 días en San Salvador y Jubileo y sobre la floración en Feliciano.

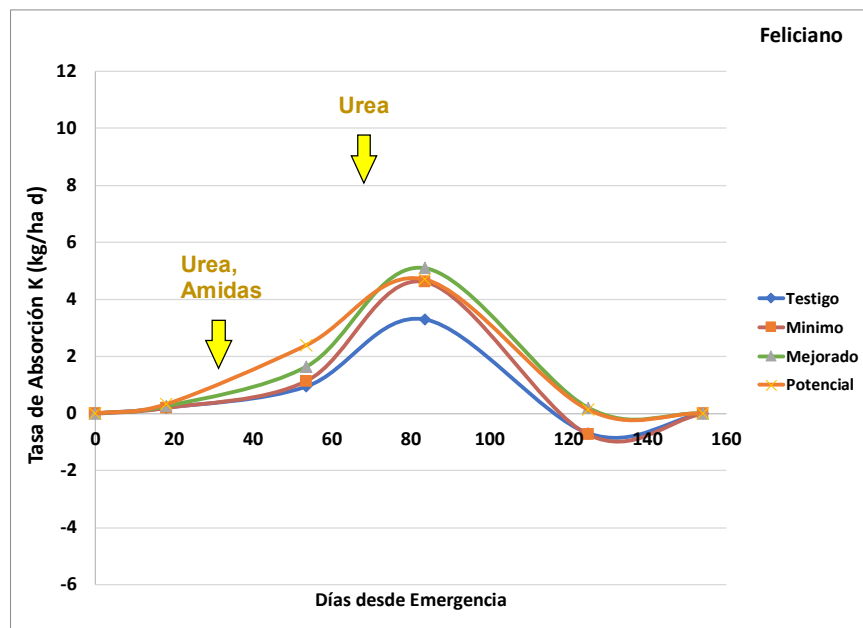




Potasio

A pesar de que podría considerarse suelos muy bien provistos de potasio, la fertilización provocó un notable aumento de la absorción de este elemento. Muy notable en San Salvador y en menor medida en Jubileo y Feliciano. La fertilización con Zn y S parece que fomentó el crecimiento y la mayor absorción de K.

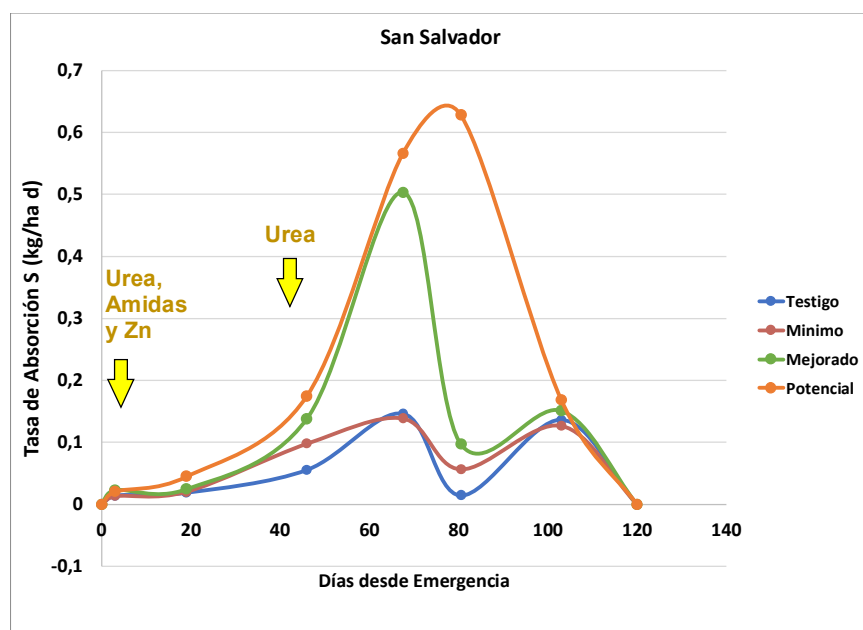


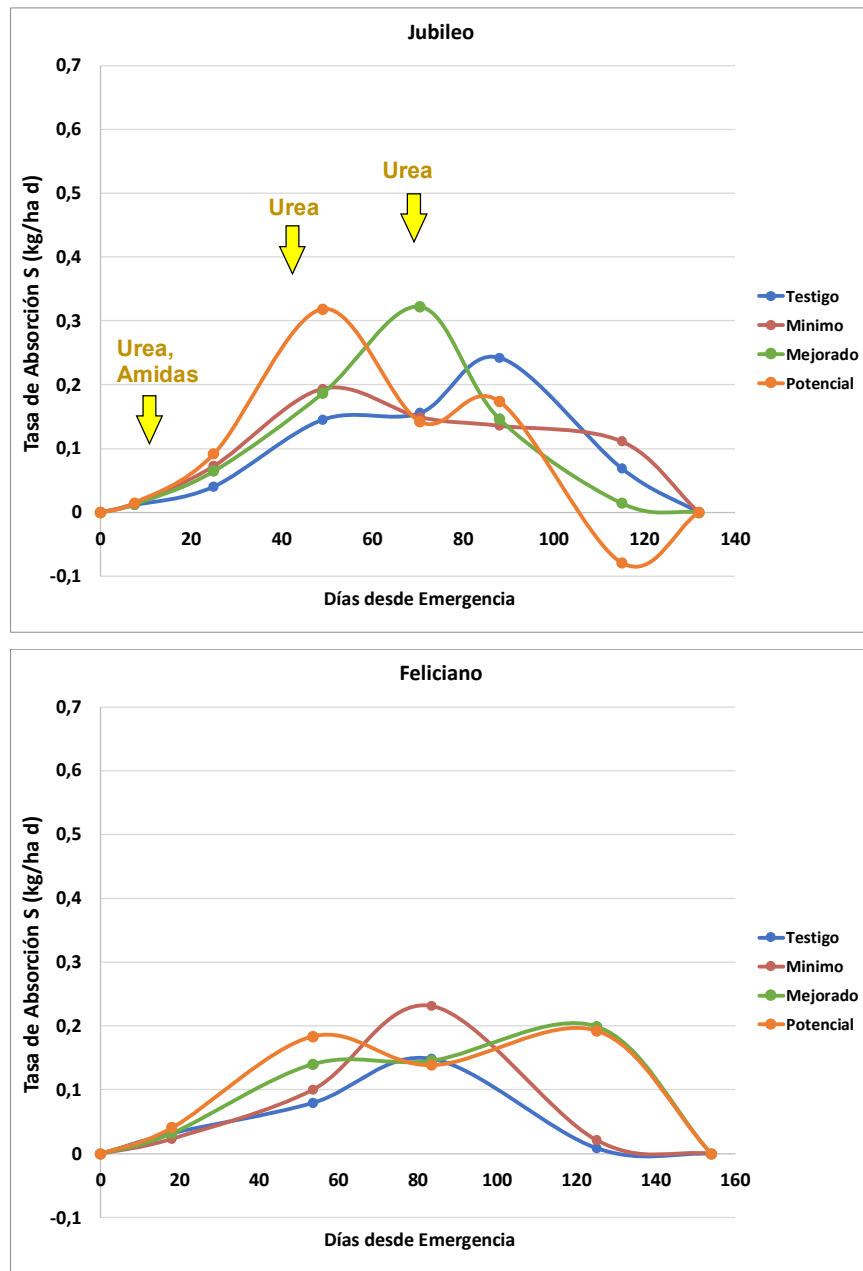


Azufre

El tratamiento potencial con azufre en la base y previo al riego mostró mayores tasas de absorción de este nutriente, en especial en macollaje.

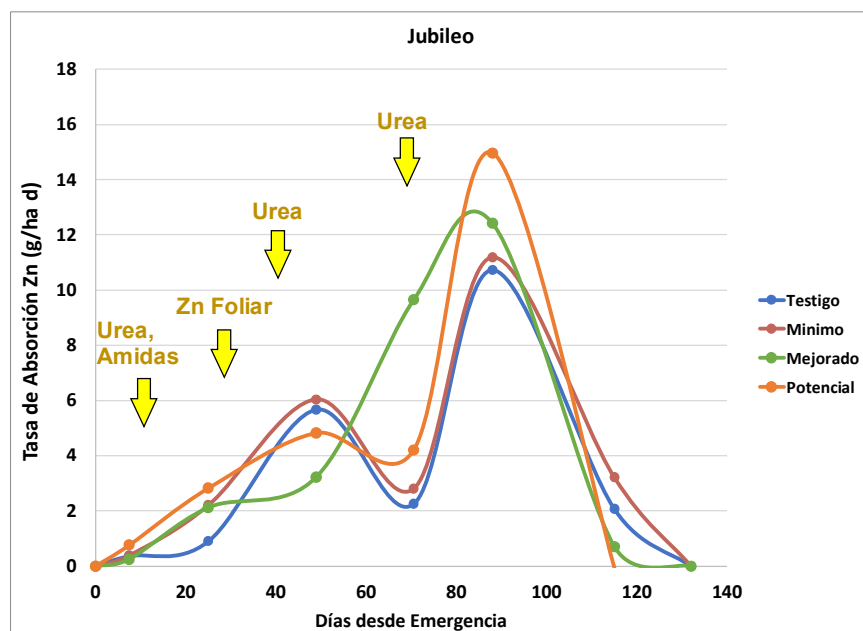
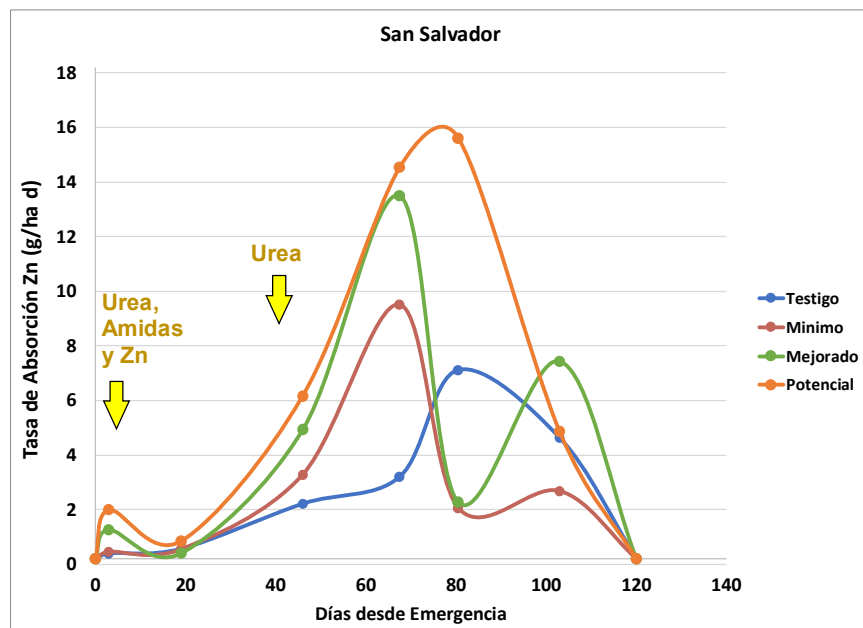
En San Salvador se registraron altas tasas de absorción de S, notablemente superiores a los otros dos sitios. Lo que podría estar relacionado a la presencia de raíces negras o toxicidad por sulfuros observada en ese ensayo.

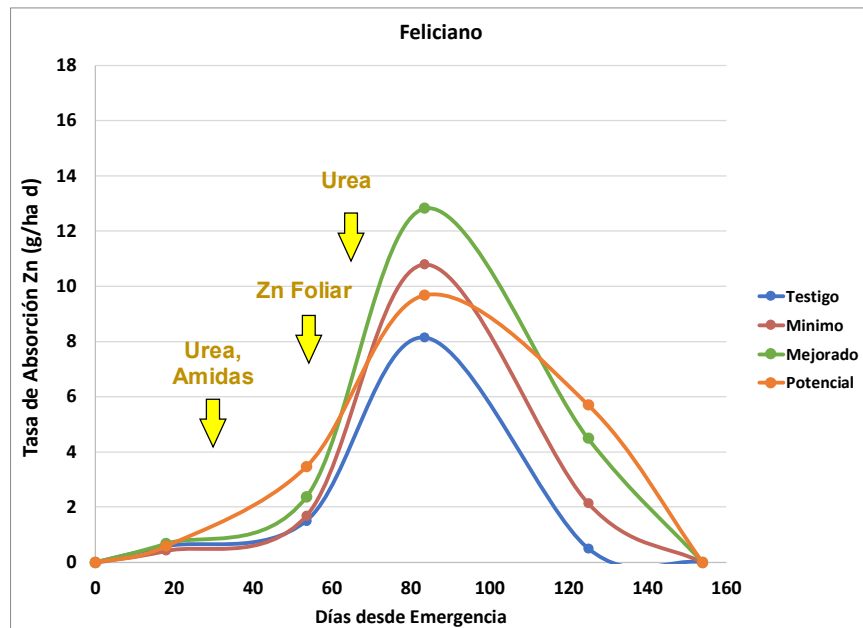




Cinc

El Zn mostró unas tasas de absorción significativamente más altas en San Salvador y Feliciano en los tratamientos con Zn. Hay que recordar aquí que en Jubileo el Zn foliar se aplicó sobre todos los tratamientos y sólo es posible observar entonces la respuesta al Zn de base en el tratamiento Potencial.



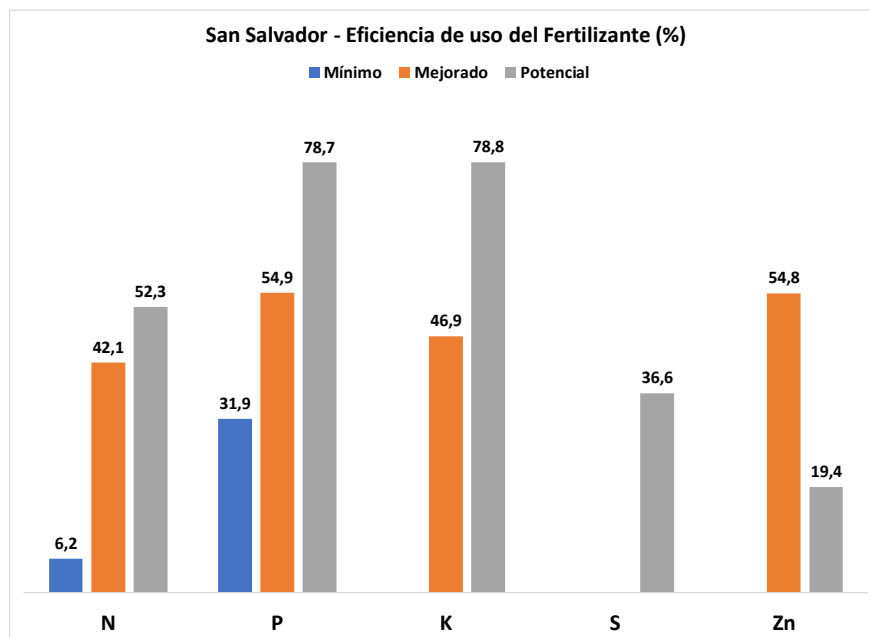


Eficiencia de utilización de los nutrientes del fertilizante

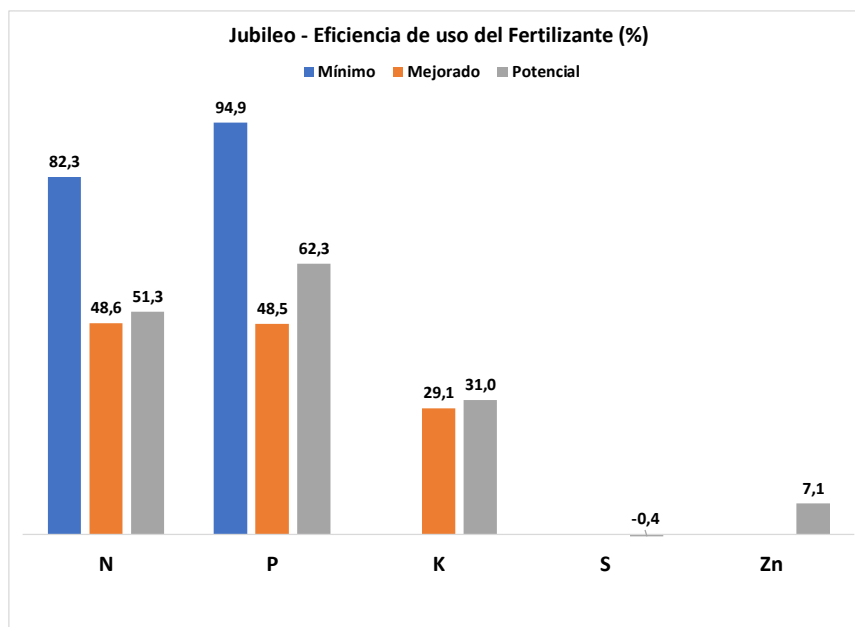
La eficiencia de recuperación o de utilización del fertilizante se calcula como la diferencia entre los nutrientes que absorbe el cultivo en los tratamientos fertilizados y los que absorbe en el testigo sin fertilización. Se asume que esta diferencia de nutrientes que absorbe provienen del fertilizante, por eso se habla de una recuperación “aparente”.

Es frecuente, en algunas situaciones, que la aplicación de un elemento provoque la absorción de mayor cantidad de otros elementos; en este caso, la recuperación aparente de un nutriente puede ser superior a la cantidad aportada.

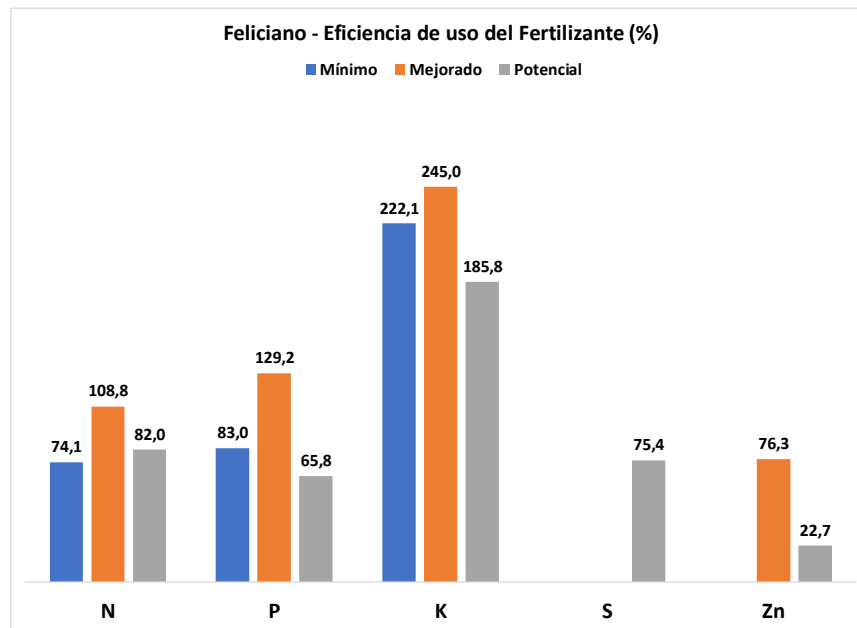
Habitualmente, el incremento de las dosis de un nutriente, manteniendo constante el aporte de otros elementos, repercute en menor eficiencia de uso a dosis más altas de fertilizante. Sin embargo, ante el aporte de otro elemento deficiente, se puede observar una mejora en el uso del fertilizante. Esto fue posible de apreciar claramente en el ensayo de San Salvador. Aunque el aporte de N, P y K fue creciente, el aporte de S y Zn permitió una mayor eficiencia de uso de estos elementos.



En el caso de Jubileo, la mejora no pudo ser registrada tan claramente dado que todos los tratamientos recibieron el Zn foliar. Pero fue posible visualizar alguna mejora en la eficiencia de uso de N, P y K entre el tratamiento Mejorado y Potencial por el aporte de S y fundamentalmente, mayor cantidad de Zn.



En Feliciano todos los elementos fueron recuperados con altísima eficiencia. Fue notable la respuesta a la fertilización con N, P y Zn que repercutió sobre la mayor absorción de potasio, principalmente.



Síntesis

En un año de condiciones excepcionales, a pesar de los bajos estands de plantas y nacimientos tardíos, se pudieron obtener buenos rendimientos con fertilización.

La respuesta estuvo dada por un significativo aumento del número de tallos, el área foliar verde, con más panojas y más granos por panoja.

La eficiencia de uso de los fertilizantes se vio favorecida por el aporte de otros nutrientes (Zn+S).

El conocimiento de los nutrientes absorbidos en las distintas partes de la planta (partición), su removilización y los momentos de mejor o mayor absorción, nos permitirán hacer mejores recomendaciones de fertilización del arroz. Deberían realizarse más experiencias para llegar a conclusiones.

Agradecimientos: Matías Decombard, Lucas García, Julio Ojeda, ProArroz.

Ayudantes alumnos: Fiorella Rameri; Nicolás Pretto; Rodrigo Schonfeld