II. CLIMA

RESUMEN DE FACTORES CLIMATICOS DE LA ZAFRA 2014/2015 EN LAS ZONAS NORTE Y CENTRO DEL PAIS

C. Marchesi[10]

Se presenta un resumen de la información correspondiente al clima de la zafra 2014/2015 comparándolos con datos de una serie histórica (1980-2013). En base a los datos de estaciones meteorológicas situadas en Tacuarembó (INIA Tacuarembó), Salto (INIA Salto Grande) y Bella Unión (ALUR[11]), se presentan los siguientes factores climáticos: temperatura del aire - máximas y mínimas-, precipitaciones, radiación solar, evaporación del "Tanque A" y evapotranspiración (datos a partir de la zafra 1999-2000), para cada localidad. A partir del año 2010 se cuenta además con dos estaciones automáticas (Decagon) en los sitios experimentales de Paso Farías, Artigas, y Cinco Sauces, Tacuarembó, de cuyos datos se infieren los eventos fenológicos para el cultivar INIA Olimar con distintas fechas de siembra como ejemplo.

A los efectos de determinar la influencia de los factores climáticos sobre el crecimiento vegetativo y el rendimiento en granos en el cultivo de arroz, se simulan tres fechas de siembra (20 de septiembre, 20 de octubre y 20 de noviembre), ubicando el comienzo del período crítico (21 días antes y después de 50% floración) 90 días después de la siembra para la primera fecha, 70 días después de la segunda y 60 días después para la fecha de siembra.

PRECIPITACIONES

En las Tablas 1 a 3 se presentan los datos de precipitaciones para las localidades de Tacuarembó, Salto y Bella Unión. Primeramente se presentan las medías mensuales, anuales y del período agosto – mayo de los últimos 5 años así como el promedio histórico. En los recuadros siguientes se muestran las sumas anuales, déficit o exceso anual y acumulado, el volumen de lluvias ocurridas en los meses de diciembre a marzo y su porcentaje sobre la medía histórica. Por último se observa en las Figuras 1 a 3 las precipitaciones medías mensuales de las zafras 13/14, 14/15 y promedio histórico de las tres localidades.

[10] Ph.D., Investigador Adjunto, INIA Tacuarembó, cmarchesi@tb.inia.org.uy
[11] Agradecemos al Ing. Agr. Fernando Hackenbruch por su disposición en facilitar la información correspondiente a la zona de Bella Unión, por ALUR.

Tabla 1. - TACUAREMBÓ. Datos de precipitaciones acumuladas mensuales (milímetros) de la zafra 2014/2015 y las cuatro anteriores, en comparación con la Media Histórica.

MESES	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	M. HIST.
E	116	83	36	41	199	**105**
F	503	120	363	213	349	**166**
M	53	98	19	69	115	**129**
A	16	78	75	81	219	**167**
M	149	108	33	200	70	**136**
J	83	61	165	38	37	**120**
J	150	65	64	46	134	**85**
A	78	105	128	36	17	**74**
S	132	114	90	169	170	**107**
O	12	138	277	185	192	**157**
N	31	104	39	279	81	**129**
D	110	23	300	19	151	**136**
E	83	36	41	199	109	**105**
F	120	363	213	349	17	**166**
M	98	19	69	115	67	**129**
A	78	75	81	219	19	**167**
M	108	33	200	70	144	**136**
Suma anual	1433	1095	1588	1375	1734	**1510**
Suma A-M	850	1008	1438	1639	966	**1305**
Suma E-M	301	418	323	663	193	**400**

Promedios Anuales de Precipitaciones (mm).

Año	2010	2011	2012	2013	**2014**	**Prec. Anual histórica**
Suma anual	1433	1095	1588	1375	1734	**1510**
Déf Exc anual	-77	-415	78	-135	224	
Déf/Exc acum	-1029	-1444	-1366	-1501	-1277	

Precipitaciones Acumuladas						
Dic-Mar (mm)	411	440	623	682	343	**536**
% Prom. Hist.	-23%	-18%	16%	27%	-36%	

Tabla 2. - SALTO. Datos de precipitaciones acumuladas mensuales (milímetros) de la zafra 2014/2015 y las cuatro anteriores, en comparación con la Media Histórica.

MESES	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	M. HIST.
E	51	160	48	27	**45**	**119**
F	102	493	85	352	**118**	**147**
M	56	97	122	81	**65**	**170**
A	49	34	212	61	**49**	**153**
M	77	107	97	23	**123**	**96**
J	82	26	67	8	**2**	**87**
J	27	73	73	14	**35**	**45**
A	46	54	78	216	**18**	**51**
S	189	82	35	81	**114**	**87**
O	97	54	198	500	**162**	**171**
N	365	48	96	59	**214**	**127**
D	188	60	56	246	**34**	**140**
E	160	48	27	45	**119**	**119**
F	493	85	352	118	**222**	**147**
M	97	122	81	65	**131**	**170**
A	34	212	61	49	**154**	**153**
M	107	97	23	123	**117**	**96**
Total anual	1329	1289	1167	2068	**1722**	**1393**
Suma A-M	1776	863	1007	1502	**1285**	**1261**
Suma E-M	750	255	461	228	**473**	**436**

Promedios Anuales de Precipitaciones (mm).

Año	2009	2010	2011	2012	**2013**	**Prec. Total histórica**
Suma anual	1329	1289	1167	2068	**1722**	**1393**
Déf Exc anual	-64	-105	-226	675	**329**	
Déf/Exc acum	-596	-701	-927	-252	**77**	

Precipitaciones Acumuladas						
Dic-Mar (mm)	937	316	516	475	**506**	**576**
% Prom. Hist.	63%	-45%	-10%	-18%	**-12%**	

Tabla 3. - BELLA UNION. Datos de precipitaciones acumuladas mensuales (milímetros) de la zafra 2014/2015 y las cuatro anteriores, en comparación con la Media Histórica.

MESES	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	M. HIST.
E	112	325	223	17	**84**	**158**
F	95	121	177	205	**135**	**144**
M	21	117	58	70	**97**	**136**
A	8	69	128	124	**95**	**157**
M	120	84	100	30	**61**	**97**
J	24	14	65	9	**20**	**82**
J	16	51	43	8	**60**	**65**
A	1	16	71	90	**7**	**57**
S	207	69	72	61	**78**	**90**
O	93	24	214	330	**29**	**140**
N	667	54	88	17	**327**	**133**
D	229	48	151	242	**41**	**133**
E	325	223	17	84	**234**	**158**
F	121	177	232	135	**210**	**144**
M	117	58	66	97	**141**	**136**
A	69	128	87	95	**138**	**157**
M	84	100	5	61	**78**	**97**
Total anual	1593	992	1387	1202	**1032**	**1389**
Suma A-M	1913	895	1002	1210	**1282**	**1243**
Suma E-M	563	457	314	315	**584**	**437**

Promedios Anuales de Precipitaciones (mm).

Año	2009	2010	2011	2012	**2013**	**Prec. Total histórica**
Suma anual	1593	992	1387	1202	**1032**	**1389**
Déf Exc anual	204	-398	-2	-187	**-357**	
Déf/Exc acum	-202	-599	-602	-789	**-1146**	

Precipitaciones Acumuladas						
Dic-Mar (mm)	792	505	465	557	**625**	**570**
%Prom. Hist.	39%	-11%	-18%	-2%	**10%**	

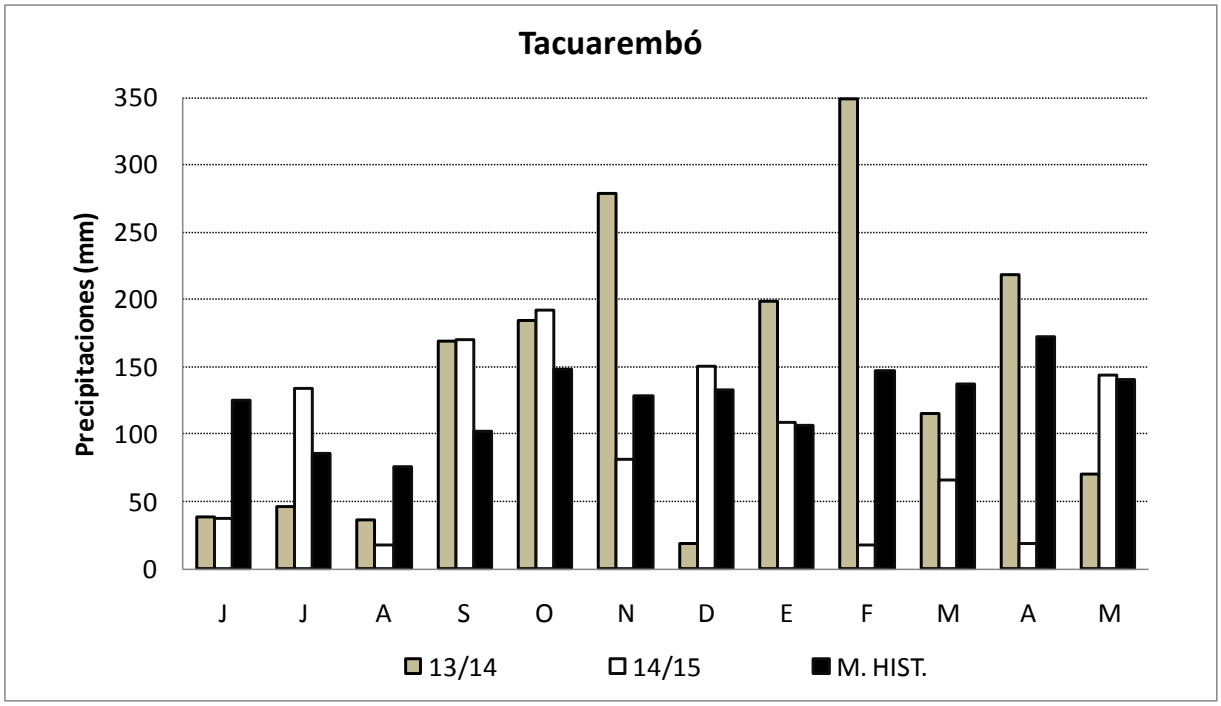


Figura 1. - Precipitaciones mensuales de la zafra 13/14, 14/15 y promedio de la serie histórica de Tacuarembó.

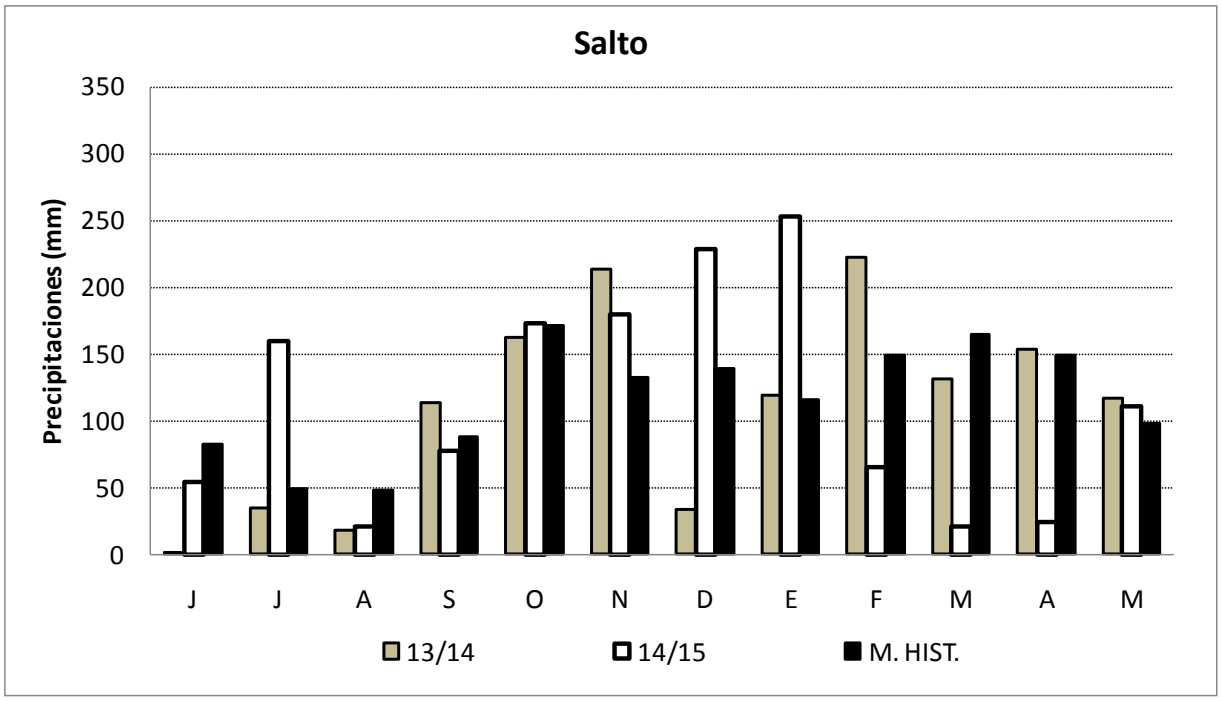


Figura 2. - Precipitaciones mensuales de la zafra 13/14, 14/15 y promedio de la serie histórica de Salto.

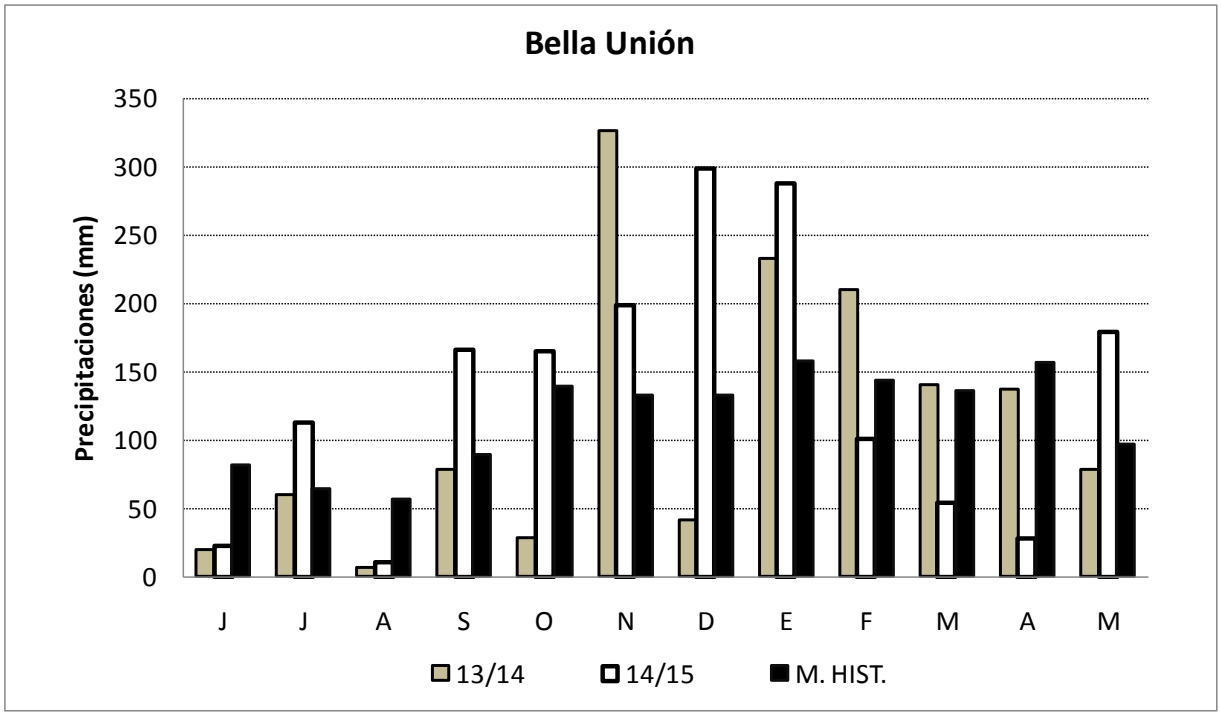


Figura 3. - Precipitaciones mensuales de la zafra 13/14, 14/15 y promedio de la serie histórica de Bella Unión.

TEMPERATURAS

En base a los datos analizados se presentan graficadas las temperaturas máximas medías y mínimas medías que se sucedieron en la zafra 14/15, comparados con los datos de la serie histórica para las localidades de Tacuarembó, Salto y Bella Unión (Figuras 4 a 6). En las mismas se detallan las tres fechas de siembra simuladas que van a determinar la ubicación de los períodos de floración (Períodos Críticos: PC) en diferentes condiciones climáticas.

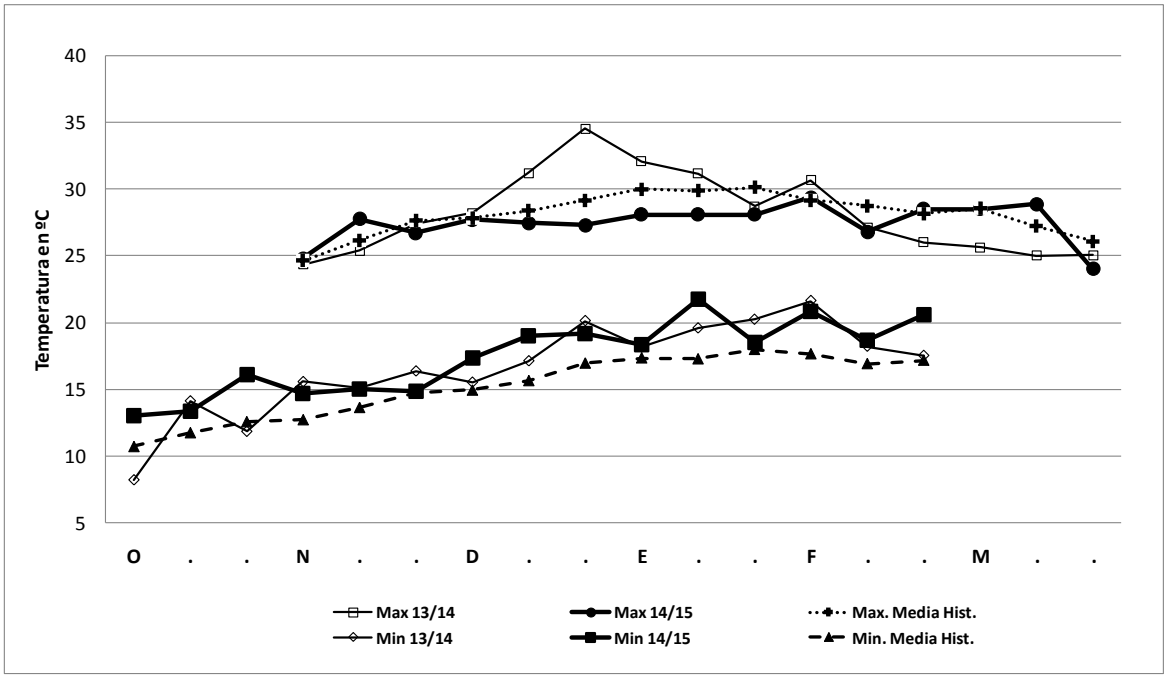


Figura 4. - Temperaturas máximas y mínimas, media histórica y zafras 13/14 y 14/15. Tacuarembó.

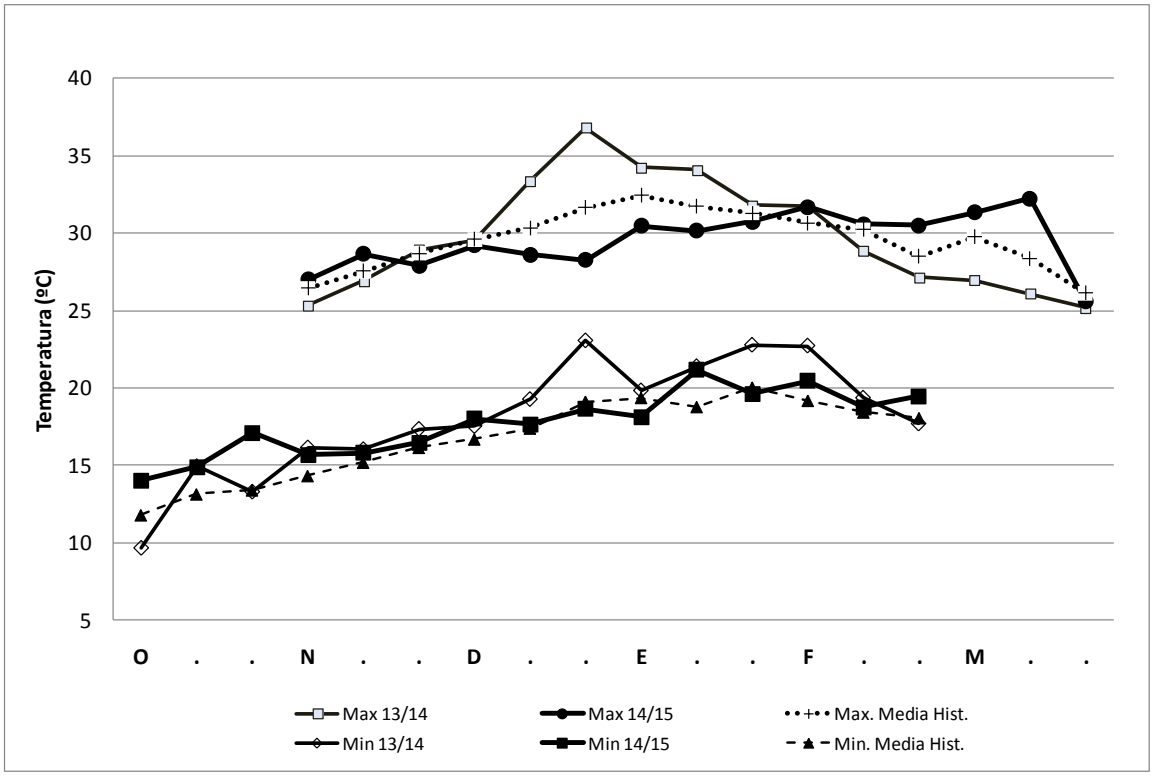


Figura 5. - Temperaturas máximas y mínimas, medías históricas y zafras 13/14, 14/15. Salto.

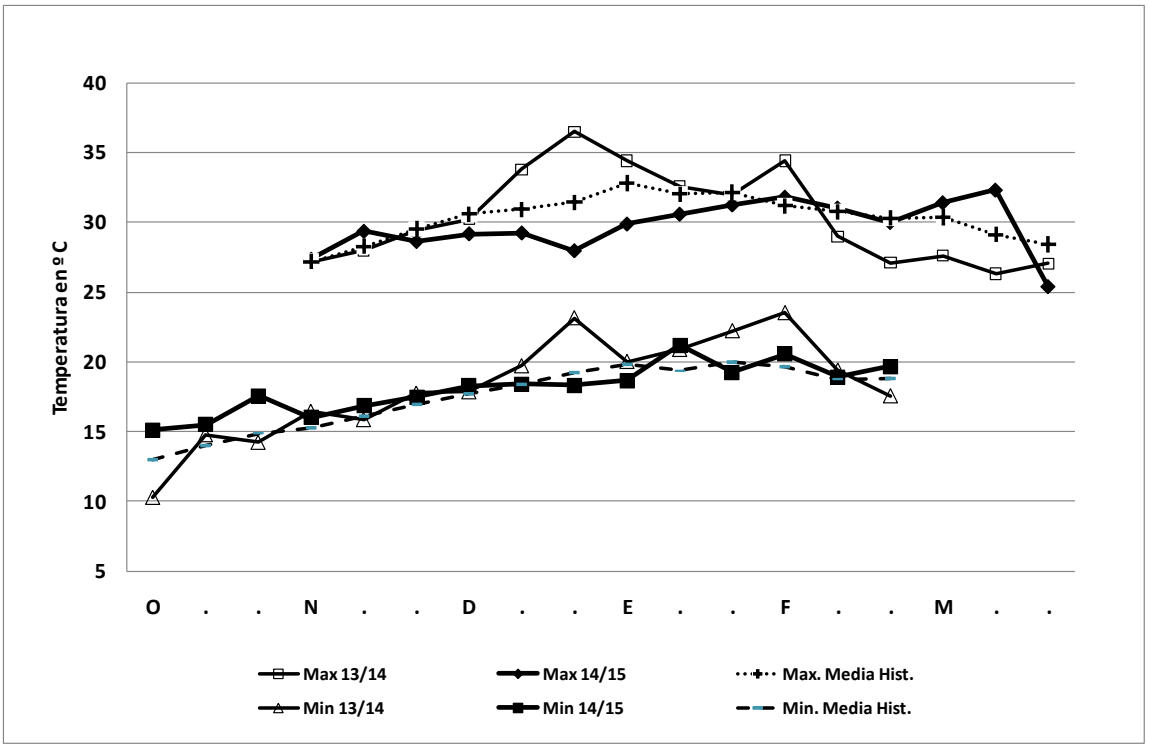


Figura 6. - Temperaturas máximas y mínimas, medías históricas y zafras 13/14, 14/15. Bella Unión.

En la Tabla 4 se presentan datos de Suma térmica para las tres localidades. Por medio de este parámetro se puede determinar el momento que el cultivo alcanza la floración y la madurez fisiológica.

Tabla 4. - Suma térmica para los períodos críticos de cada época de siembra y para el entorno del 10 de Octubre al 10 de Enero (desarrollo vegetativo de la 1ª época de siembra).

DEPTO.	PARAMETRO	SUMA TERMICA (Temp. Medias)			
		Des. Veg.	Período Critico		
		10 Oct.-10 En.	1ra época	2da. época	3ra. época
TBO	Media	949	569	572	555
	Zafra 14/15	1032	591	608	599
	Zafra 13/14	1074	655	643	579
	Difer % (Z-M)/M	8,7	3,7	6,3	7,9
	Dif. Grados/dia	0,9	0,5	0,9	1,1
Salto	Media	1081	655	649	612
	Zafra 14/15	1148	608	632	628
	Zafra 13/14	1229	757	728	642
	Difer % (Z-M)/M	6,2	-7,1	-2,6	2,6
	Dif. Grados/dia	0,7	-1,2	-0,4	0,4
Bella Unión	Media	1174	663	664	634
	Zafra 14/15	1172	597	626	623
	Zafra 13/14	1269	726	709	627
	Difer % (Z-M)/M	-0,2	-10,0	-5,7	-1,8
	Dif. Grados/dia	0,0	-1,7	-0,9	-0,3

Difer. % (Z-M)/M = indica la diferencia entre los valores de suma térmica de las series históricas y la zafra actual expresado como porcentaje de la medía.
Dif. Grados/día = indica la diferencia de grados centígrados por día para el período considerado.
Períodos críticos:
PC1, 40 días a partir del 20 de Diciembre;
PC2, 40 días a partir del 30 de Diciembre;
PC3, 40 días a partir del 20 de Enero;

EVAPORACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACION

En la Tabla 5 y Figuras 7 y 8 se presentan los datos de evaporación del Tanque A para las localidades de Tacuarembó y Salto, comparando los valores de la medía histórica con los de la zafra 13/14 y 14/15 para los períodos Enero a Marzo y los Períodos Críticos correspondientes a cada fecha de siembra simulada.

Tabla 5. - Evaporación "Tanque A" expresado en milímetros. Datos de la medía histórica y de las zafras 13/14 y 14/15.

DEPTO	PARAMETROS	EVAPORACION TOTAL EN EL PERIODO (mm)			
		Enero - Marzo	Per. critico (1)	Per. critico (2)	Per. critico (3)
TBO	MEDIA	565	302	290	254
	ZAFRA 14/15	505	236	257	236
	ZAFRA 13/14	415	262	216	182
	Dif.(Z-M)	-60,1	-66,0	-33,7	-17,3
	% (Z-M)/M	-10,6	-21,9	-11,6	-6,8
Salto	MEDIA	624	351	334	282
	ZAFRA 14/15	570	250	254	277
	ZAFRA 13/14	612	412	351	260
	Dif.(Z-M)	-54,1	-100,8	-79,9	-5,7
	% (Z-M)/M	-8,7	-28,7	-23,9	-2,0

Dif. (Z-M) = indica la diferencia entre los valores de milímetros evaporados de la zafra actual y la serie histórica.
% (Z-M)/M = indica el porcentaje de la diferencia entre los valores de milímetros evaporados de la zafra actual y la serie histórica.
Períodos críticos:
PC1, 40 días a partir del 20 de Diciembre;
PC2, 40 días a partir del 30 de Diciembre;
PC3, 40 días a partir del 20 de Enero;

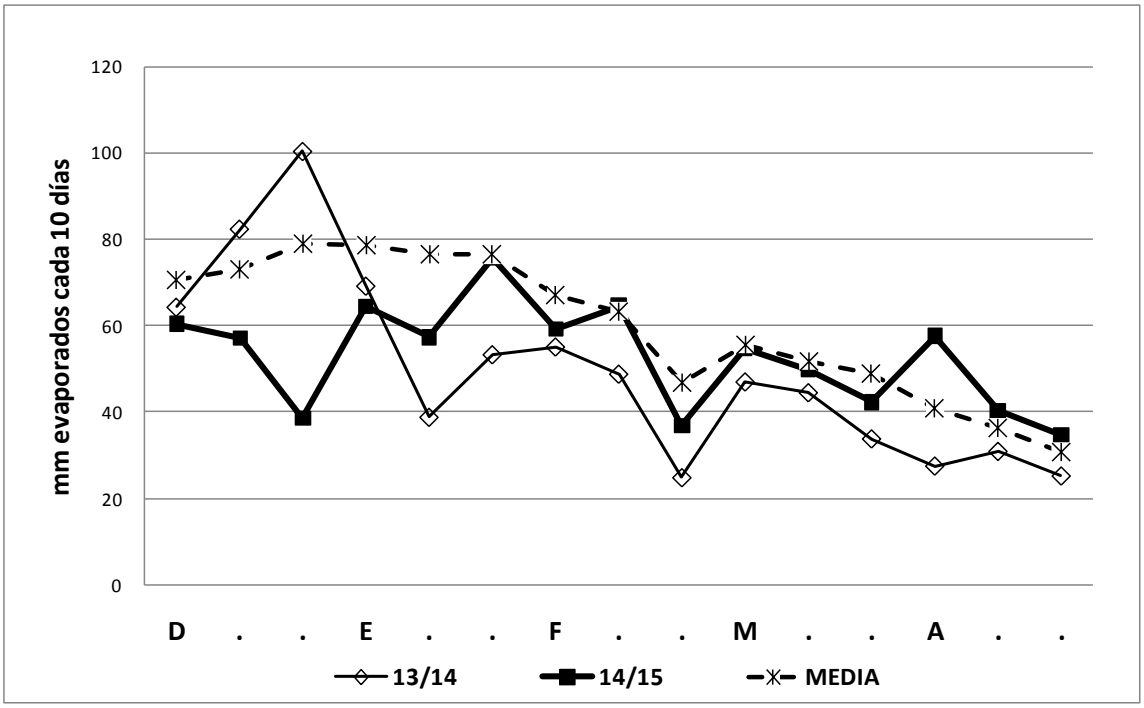


Figura 7 - Evaporación (Tanque A) de las zafras 13/14, 14/15 y medía histórica en el período Diciembre-Abril para Tacuarembó.

Figura 8 - Evaporación (Tanque A) de las zafras 13/14, 14/15 y medía histórica en el período Diciembre-Abril para Salto.

Cada vez más se utiliza el concepto de Evapotranspiración (ET) –en vez de evaporación-, para estimar la demanda de los cultivos por agua del suelo. La ET es la consideración conjunta de la evaporación (fenómeno físico) y la transpiración (fenómeno biológico), y en Uruguay se estima utilizando la metodología de Penman-Monteith (recomendado por la FAO), que combina parámetros como temperatura, radiación solar, velocidad del viento y humedad del aire. En la Tabla 6 y Figuras 9 y 10 se presentan los datos de ET de Tacuarembó y Salto comparando los

valores de la medía histórica con los de la zafra 13/14 y 14/15 para los períodos Enero a Marzo y los Períodos Críticos correspondientes a cada fecha de siembra simulada.

Tabla 6. - Evapotranspiración –estimada por Penman-Monteith- expresado en milímetros. Datos de la medía histórica y de las zafras 13/14 y 14/15.

DEPTO	PARAMETROS	ETP TOTAL EN EL PERIODO (mm)			
		Enero - Marzo	Per. critico (1)	Per. critico (2)	Per. critico (3)
TBO	MEDIA	376	201	201	182
	ZAFRA 14/15	402	199	205	197
	ZAFRA 13/14	419	254	231	192
	Dif.(Z-M)	26	-2	4	15
	% (Z-M)/M	7	-1	2	8
Salto	MEDIA	401	213	211	191
	ZAFRA 14/15	427	208	211	208
	ZAFRA 13/14	468	286	267	222
	Dif.(Z-M)	26	-5	0	16
	% (Z-M)/M	7	-2	0	8

Dif. (Z-M) = indica la diferencia entre los valores de milímetros evapotranspirados de la zafra actual y la serie histórica.
% (Z-M)/M = indica el porcentaje de la diferencia entre los valores de milímetros evapotranspirados de la zafra actual y la serie histórica.
Períodos críticos:
PC1, 40 días a partir del 20 de Diciembre;
PC2, 40 días a partir del 30 de Diciembre;
PC3, 40 días a partir del 20 de Enero;

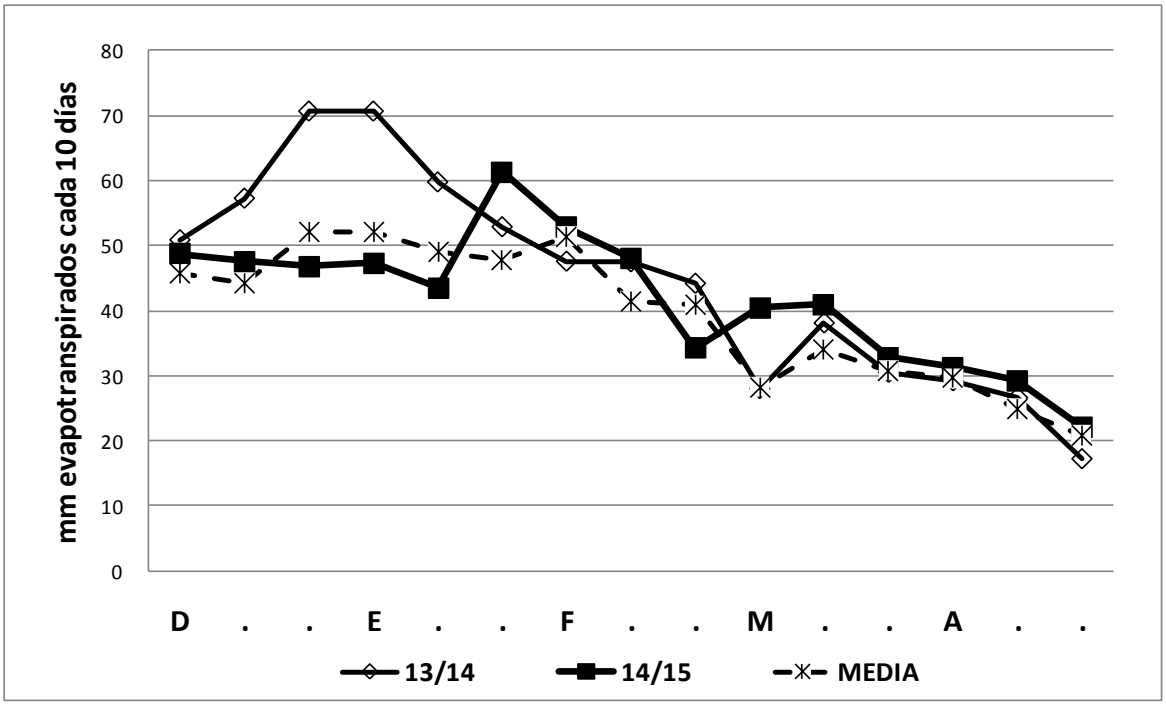


Figura 9 - Evapotranspiración (Penman-Monteith) de las zafras 13/14, 14/15 y medía histórica en el período Diciembre-Abril para Tacuarembó.

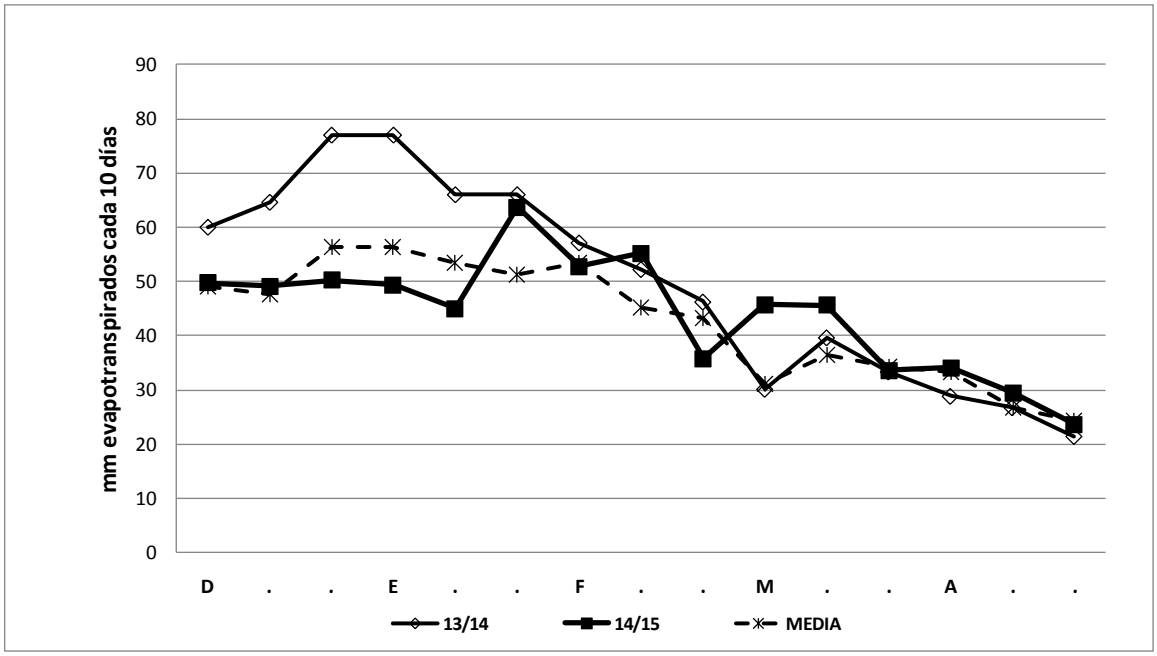


Figura 10 - Evapotranspiración (Penman-Monteith) de las zafras 13/14, 14/15 y medía histórica en el período Diciembre-Abril para Salto.

RADIACION SOLAR

La intensidad de la luz y las estructuras productivas de una población de plantas son los factores más importantes que determinan la producción de materia seca. Reducciones en la radiación solar producen disminuciones en el rendimiento, con plantas más altas, un aumento en el porcentaje de granos chuzos y menor respuesta a la fertilización nitrogenada. La importancia de los requerimientos de luz en el ciclo del cultivo va aumentando en la medida que nos acercamos al período reproductivo, alcanzando sus mayores exigencias en el comienzo de floración. La fase del cultivo en la cual la falta de luz produce mayores efectos en la reducción de los rendimientos es el período que se extiende desde la diferenciación de la panoja hasta 10 días antes que comience la fase de maduración -aproximadamente 42 días- siendo el comienzo de floración la mitad de este período.

En la Tabla 7 se presenta la sumatoria de horas de luz para los períodos Oct-Dic, Ene-Mar. y los tres períodos críticos. En las Figuras 11 a 12 se observan las diferencias entre las zafras 13/14, 14/15 y las medías históricas de cada localidad.

Tabla 7. - Suma de horas luz para los períodos críticos de cada época de siembra y para los entornos Octubre-Diciembre y Enero-Marzo (medías históricas y zafras 13/14, 14/15).

SITIO	PARAMETROS	Des. Veg.	Des.Rep	Período Critico		
		Oct.-Dic.	En.-Mar.	1ra época	2da. época	3ra. época
TBO	Media	738	716	452	347	303
	Zafra 14/15	**652**	**772**	**434**	**362**	**328**
	Zafra 13/14	784	645	418	288	301
	Difer % (Z-M)/M	-12	8	-4	4	8
	Dif. Hs.sol/dia	-0,9	0,6	-0,4	0,4	0,6
SALTO	Media	786	778	392	374	338
	Zafra 14/15	**695**	**755**	**338**	**348**	**365**
	Zafra 13/14	801	686	367	342	267
	Difer % (Z-M)/M	-12	-3	-14	-7	8
	Dif. Hs.sol/dia	-1,0	-0,3	-1,3	-0,6	0,7

Difer. % (Z-M)/M = indica las horas de luz de diferencia entre la medida de la zafra actual y la serie histórica, expresado como porcentaje de la medía.
Dif. Hs.sol/día = indica las horas de luz de diferencia por día entre la medida de la zafra actual y la serie histórica.
Períodos críticos:
PC1, 40 días a partir del 20 de Diciembre;
PC2, 40 días a partir del 30 de Diciembre;
PC3, 40 días a partir del 20 de Enero;

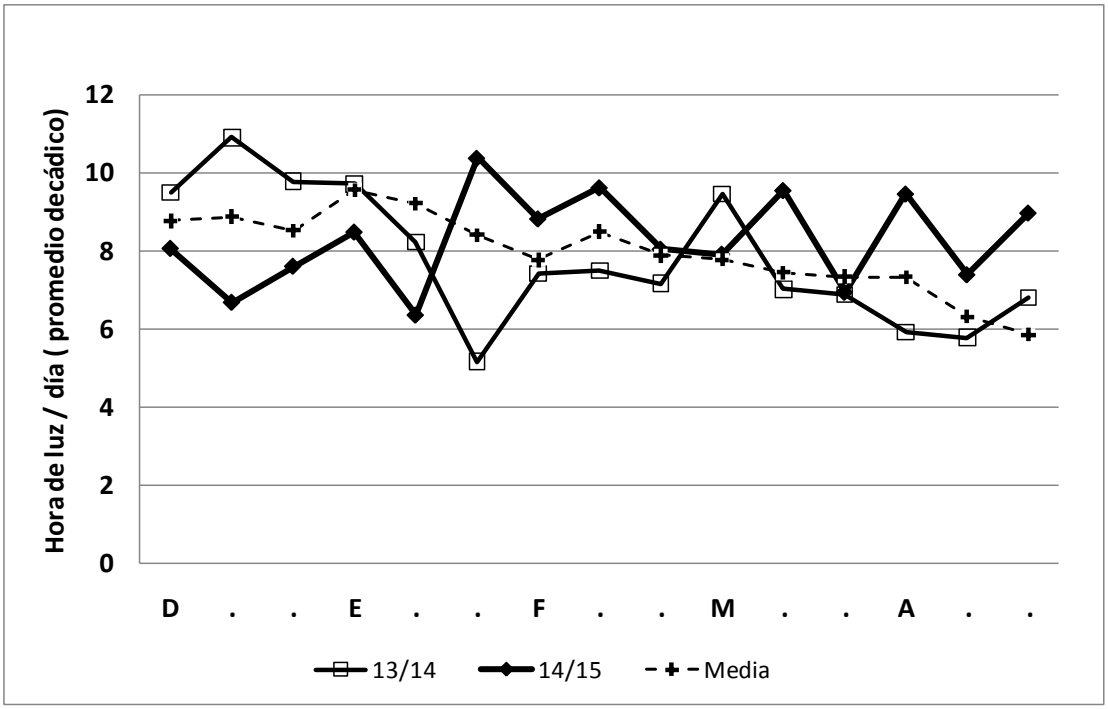


Figura 11. - Heliofanía (horas de luz/día, promedio década) del período Diciembre a Abril para Tacuarembó.

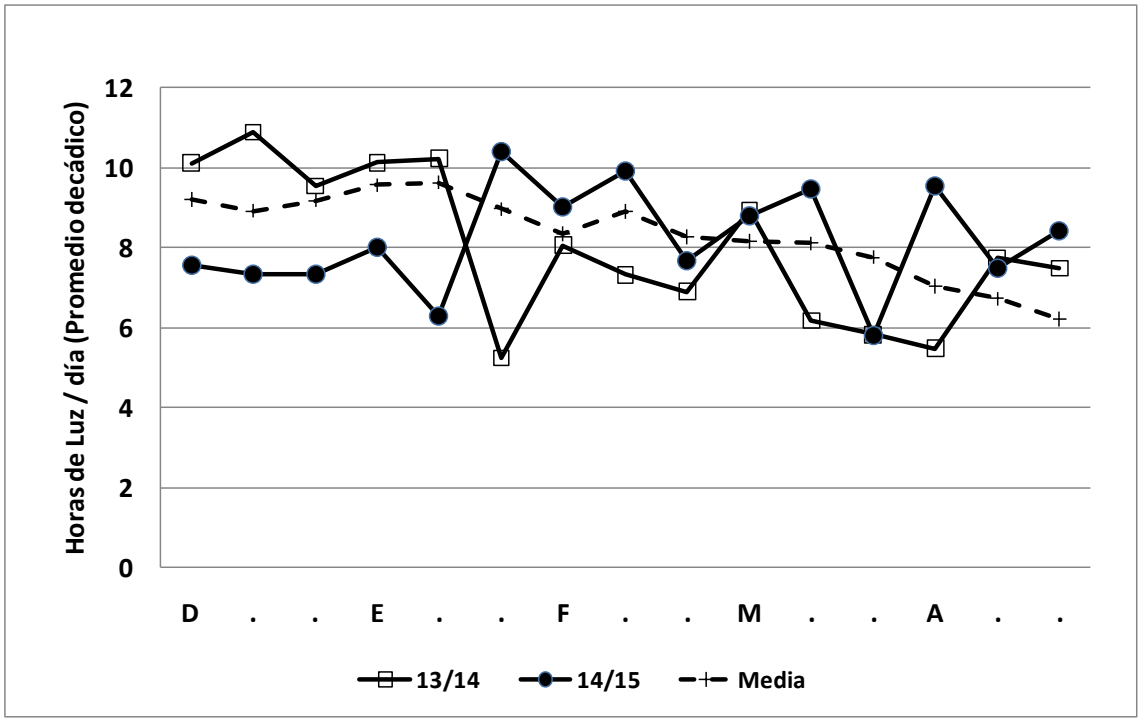


Figura 12. - Heliofanía (horas de luz/día, promedio década) del período Diciembre a Abril para Salto.

GRADOS DÍA- Simulación para INIA Olimar

El arroz responde a la acumulación térmica para desarrollar su ciclo de vida, cumpliendo su fenología en la medida que acumula "grados de calor". Es por ello que la misma variedad sembrada en distintas épocas va a cumplir su ciclo en tiempos diferentes, dato importante ya que varias prácticas de manejo del cultivo están asociadas a su fenología (manejo del riego, fertilización, control de malezas y enfermedades). Aquí presentamos un ejercicio que nos muestra cuán diferentes pueden llegar a ser esos ciclos, utilizando los datos reales de clima de la zafra de dos zonas de Artigas (Paso Farías y Bella Unión), Salto y Tacuarembó, para el cultivar INIA Olimar, en base a las unidades térmicas que este requiere según estudios realizados por INIA Treinta y Tres (Roel y Méndez, 2005). En la medida que tengamos información de clima en tiempo real, será posible prever con mayor precisión el momento en que van a ocurrir estos eventos fenológicos, facilitando quizás el manejo de las chacras.

En las Tablas 8 a 11 se presentan los tiempos que necesita este cultivar para cumplir con sus etapas fenológicas (macollaje, primordio floral, 50% floración y madurez fisiológica) según varias fechas de emergencia (del 10/9 al 1/12) en las cuatro localidades mencionadas.

Tabla 8. - Fechas estimadas para que INIA Olimar cumpla las etapas fenológicas según distintas fechas de emergencia, Tacuarembó, zafra 2014/2015.

INIA Olimar	Inicio Macollaje		Primordio floral		50% floracion		Madurez fisiologica		14/15
Fecha de emergenc	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	dias tot
10-sep	10-oct	30	26-nov	47	25-dic	29	27-ene	33	139
20-sep	16-oct	26	29-nov	44	28-dic	29	30-ene	33	132
01-oct	23-oct	22	06-dic	44	01-ene	26	04-feb	34	126
10-oct	**28-oct**	**18**	**10-dic**	**43**	**06-ene**	**27**	**09-feb**	**34**	**122**
20-oct	**06-nov**	**17**	**16-dic**	**40**	**12-ene**	**27**	**14-feb**	**33**	**117**
01-nov	18-nov	17	27-dic	39	21-ene	25	24-feb	34	115
10-nov	25-nov	15	01-ene	37	27-ene	26	02-mar	34	112
20-nov	06-dic	16	10-ene	35	04-feb	25	10-mar	34	110
01-dic	14-dic	13	18-ene	35	13-feb	26	19-mar	34	108

Tabla 9. - Fechas estimadas para que INIA Olimar cumpla las etapas fenológicas según distintas fechas de emergencia, Salto, zafra 2014/2015.

INIA Olimar	Inicio Macollaje		Primordio floral		50% floracion		Madurez fisiologica		
Fecha de en	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	dias tot
10-sep	06-oct	26	16-nov	41	14-dic	28	16-ene	33	128
20-sep	11-oct	21	20-nov	40	18-dic	28	20-ene	33	122
01-oct	19-oct	18	27-nov	39	25-dic	28	25-ene	31	116
10-oct	**26-oct**	**16**	**04-dic**	**39**	**30-dic**	**26**	**31-ene**	**32**	**113**
20-oct	**02-nov**	**13**	**10-dic**	**38**	**06-ene**	**27**	**07-feb**	**32**	**110**
01-nov	16-nov	15	23-dic	37	17-ene	25	18-feb	32	109
10-nov	24-nov	14	30-dic	36	23-ene	24	25-feb	33	107
20-nov	04-dic	14	08-ene	35	31-ene	23	06-mar	34	106
01-dic	14-dic	13	16-ene	33	09-feb	24	15-mar	34	104

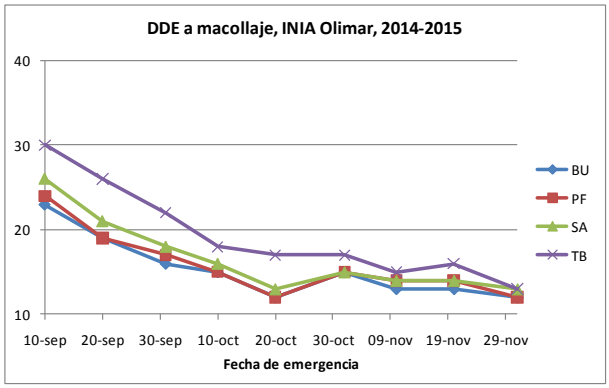
Cuadro 10. - Fechas estimadas para que INIA Olimar cumpla las etapas fenológicas según distintas fechas de emergencia, Bella Unión, zafra 2014/2015.

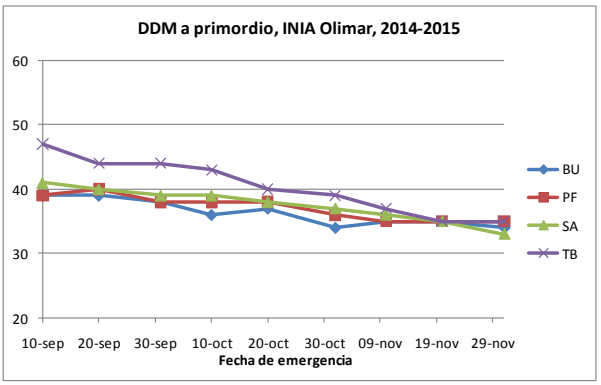
INIA Olimar	Inicio Macollaje		Primordio floral		50% floracion		Madurez fisiologica		
Fecha de emergen	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	dias tot
10-sep	03-oct	23	11-nov	39	09-dic	28	12-ene	34	124
20-sep	09-oct	19	17-nov	39	13-dic	26	16-ene	34	118
01-oct	17-oct	16	24-nov	38	20-dic	26	22-ene	33	113
10-oct	**25-oct**	**15**	**30-nov**	**36**	**27-dic**	**27**	**27-ene**	**31**	**109**
20-oct	**01-nov**	**12**	**08-dic**	**37**	**04-ene**	**27**	**04-feb**	**31**	**107**
01-nov	16-nov	15	20-dic	34	15-ene	26	14-feb	30	105
10-nov	23-nov	13	28-dic	35	21-ene	24	21-feb	31	103
20-nov	03-dic	13	07-ene	35	30-ene	23	02-mar	31	102
01-dic	13-dic	12	16-ene	34	08-feb	23	11-mar	31	100

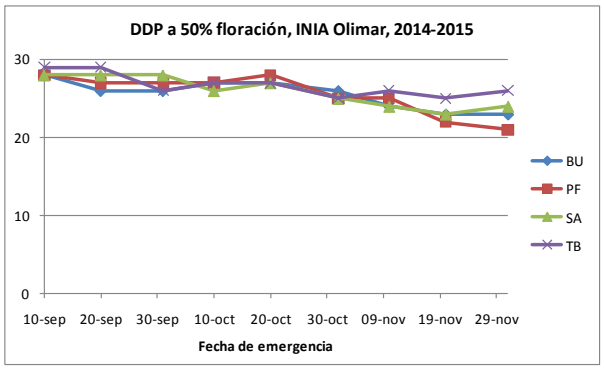
Cuadro 11. - Fechas estimadas para que INIA Olimar cumpla las etapas fenológicas según distintas fechas de emergencia, Paso Farías, zafra 2014/2015.

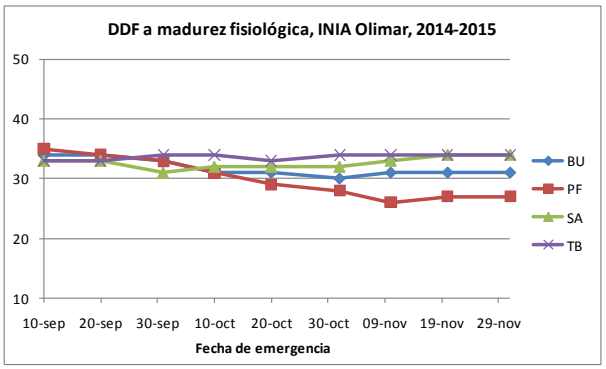
INIA Olimar	Inicio Macollaje		Primordio floral		50% floracion		Madurez fisiologica		
Fecha de emergencia	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	2014-2015	Dias	dias tot
10-sep	04-oct	24	12-nov	39	10-dic	28	14-ene	35	126
20-sep	09-oct	19	18-nov	40	15-dic	27	18-ene	34	120
01-oct	18-oct	17	25-nov	38	22-dic	27	24-ene	33	115
10-oct	**25-oct**	**15**	**02-dic**	**38**	**29-dic**	**27**	**29-ene**	**31**	**111**
20-oct	**01-nov**	**12**	**09-dic**	**38**	**06-ene**	**28**	**04-feb**	**29**	**107**
01-nov	16-nov	15	22-dic	36	16-ene	25	13-feb	28	104
10-nov	24-nov	14	29-dic	35	23-ene	25	18-feb	26	100
20-nov	04-dic	14	08-ene	35	30-ene	22	26-feb	27	98
01-dic	13-dic	12	17-ene	35	07-feb	21	06-mar	27	95

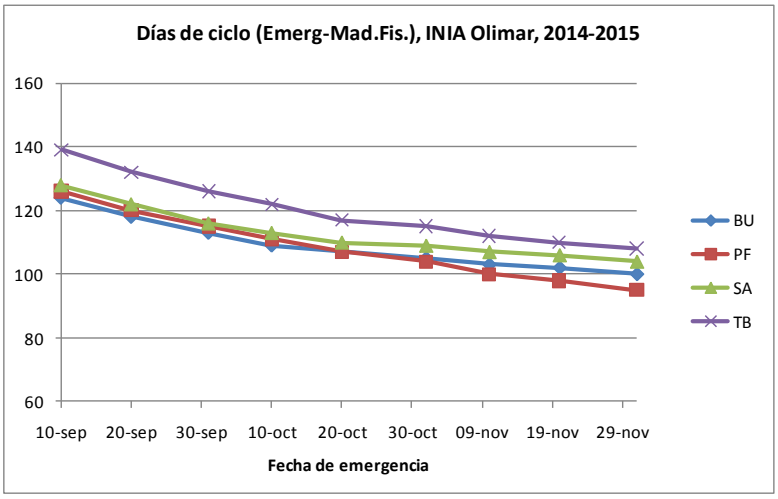
En las Figuras 13 a 17 se muestran los días necesarios para cumplir cada etapa según sitio, marcándose claramente las diferencias entre el centro y el norte del país.











Figuras 13 a 17. - Días de ciclo necesarios para que INIA Olimar cumpla las etapas fenológicas en las cuatro localidades, zafra 2014/2015:13, DD emergencia a inicio macollaje; 14, DD macollaje a primordio; 15, DD primordio a 50% floración; 16, DD 50% floración a madurez fisiológica; 17, DD emergencia a madurez fisiológica.