

# *Efecto del cambio climático en la agricultura de Panamá: Realidad o mito*



X Congreso del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Panamá  
Hotel Gran David, Santiago, Veraguas  
13-15 Octubre 2022

**Román Gordón Mendoza**  
*[gordon.roman@gmail.com](mailto:gordon.roman@gmail.com)*



# Consideraciones generales

- El Cambio Climático es causado por los gases que tienen un efecto invernadero como el  $\text{CO}_2$  y otros más ;
- Produce un aumento de la temperatura y afectan otras variables climáticas.

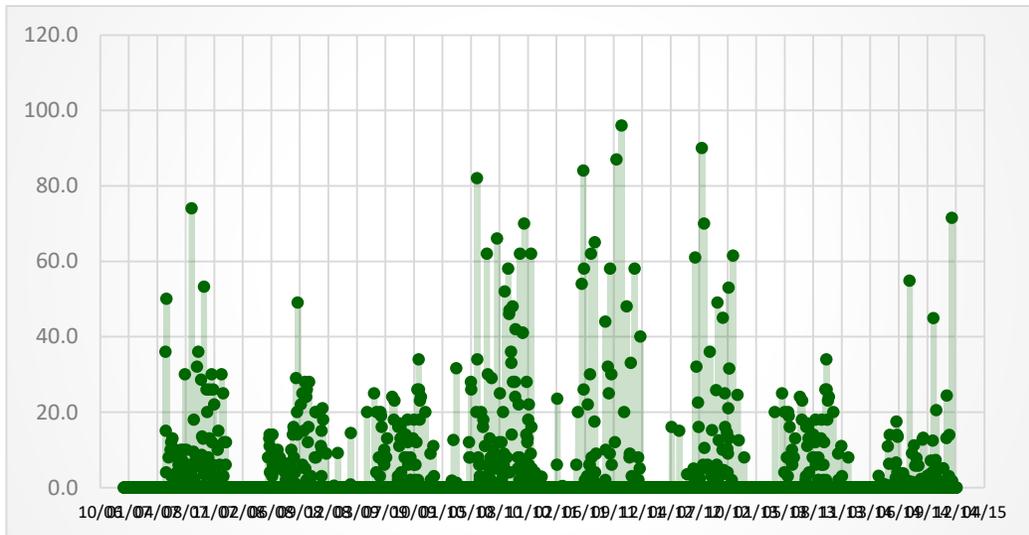
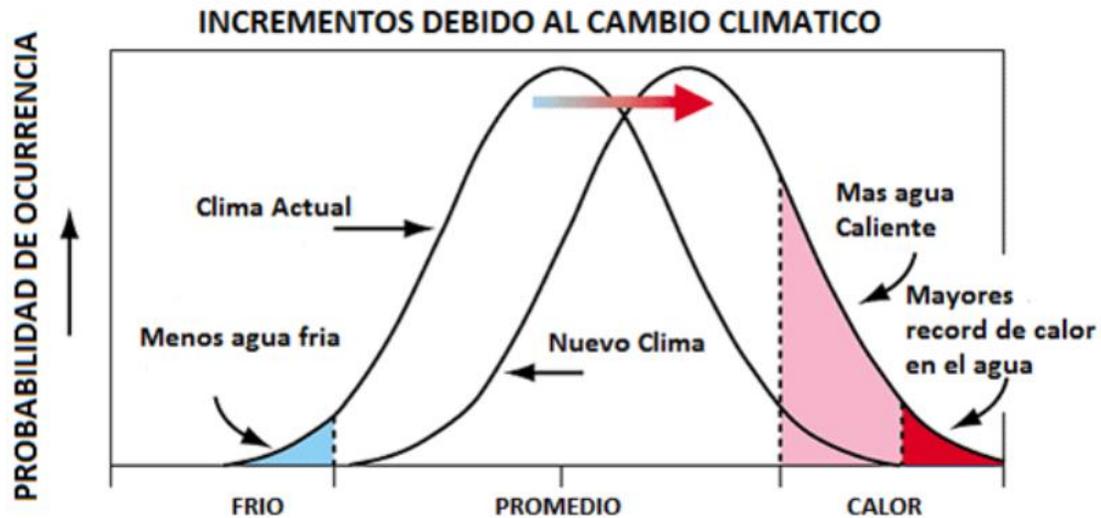


# CAMBIO CLIMÁTICO

Variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se **mantiene durante un período prolongado** (generalmente durante más de diez años).

# VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Es una medida del rango en que los elementos climáticos, como temperatura o lluvia, **varían de un año a otro**. Incluso puede incluir las variaciones del número de aguaceros de un año a otro.



¿Qué signos estamos viendo?



# Intensificación de daño y Plagas emergentes

*Spodoptera frugiperda*



*Mocis sp*



*Diatraea spp*



# Inundaciones



# Sequías

CLIMA

## Se pierden cultivos de subsistencia en Azuero por sequía

Alcibiades Cortez / Especial para La Prensa | MACARACAS, Los Santos  
09 may 2019 - 07:23 PM

**La Prensa**

TEMAS: Azuero / Los Santos / Herrera / Productores / sequía



Productores no han podido sembrar por falta de lluvias.



## Deficiente polinización (Diente de Perro)



- Se pueden observar granos no polinizados debido a la no sincronización entre la caída del polen y la emergencia de los estigmas o la muerte del polen

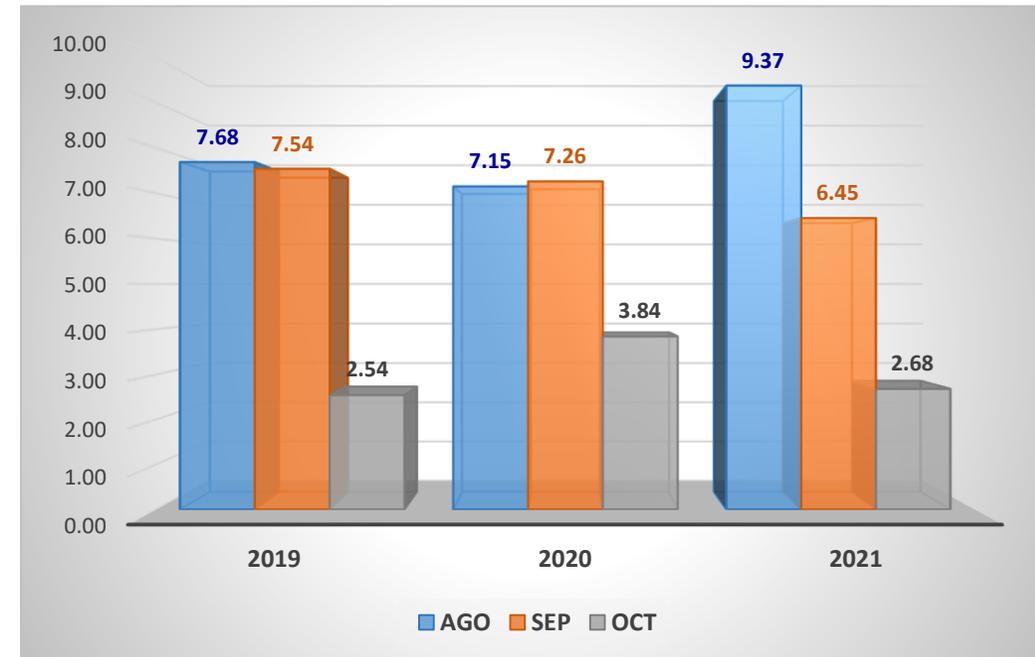


# Efecto del mal llenado según híbridos, El Ejido 2019 - 2021

## % de mazorcas mal llenadas

	2019	2020	2021	Prom
AGOSTO	1	1	1	1
SEPTIEMBRE	5	6	5	5
OCTUBRE	55	58	34	49

## Rendimiento de grano (tha<sup>-1</sup>)



2017

2018

2019

2020

Altamente susceptible



Medianamente susceptible



Tolerante



# Estudios sobre Cambio Climático



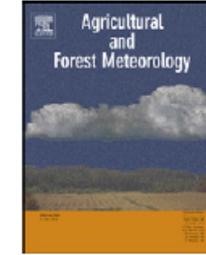


ELSEVIER

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

## Agricultural and Forest Meteorology

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/agrformet](http://www.elsevier.com/locate/agrformet)



### Climate change impact uncertainties for maize in Panama: Farm information, climate projections, and yield sensitivities

Alex C. Ruane<sup>a,b,\*</sup>, L. DeWayne Cecil<sup>c</sup>, Radley M. Horton<sup>b,a</sup>, Román Gordón<sup>d</sup>, Raymond McCollum<sup>e</sup>, Douglas Brown<sup>e</sup>, Brian Killough<sup>f</sup>, Richard Goldberg<sup>b</sup>, Adam P. Greeley<sup>b</sup>, Cynthia Rosenzweig<sup>a,b</sup>



atmosphere



Article

## Using a Statistical Crop Model to Predict Maize Yield by the End-Of-Century for the Azuero Region in Panama

Marlemys M. Martínez<sup>1</sup>, Tosiuyuki Nakaegawa<sup>2</sup> , Reinhardt Pinzón<sup>3,4</sup> , Shoji Kusunoki<sup>2,5</sup> , Román Gordón<sup>6</sup>  and Javier E. Sanchez-Galan<sup>4,7,\*</sup> 



# Materiales y Métodos



## Escenarios (SRES, 2000)

- A2 (Altas emisiones)
- B1 (Bajas emisiones)

Los futuros escenarios se produjeron ajustando la data histórica para que coincida con promedios mensuales según lo determinen las simulaciones de los **16 Modelos de circulación general**.

Programa DSSAT, basado en modelo CERES de cultivos



## Escenarios (SRES, 2000)

MRI-ACGM 3.2S, bajo cuatro conjuntos diferentes de temperatura de la superficie del mar (C0, C1, C2 y C3)

Modelo de regresión utilizando los datos de un experimento de varios años

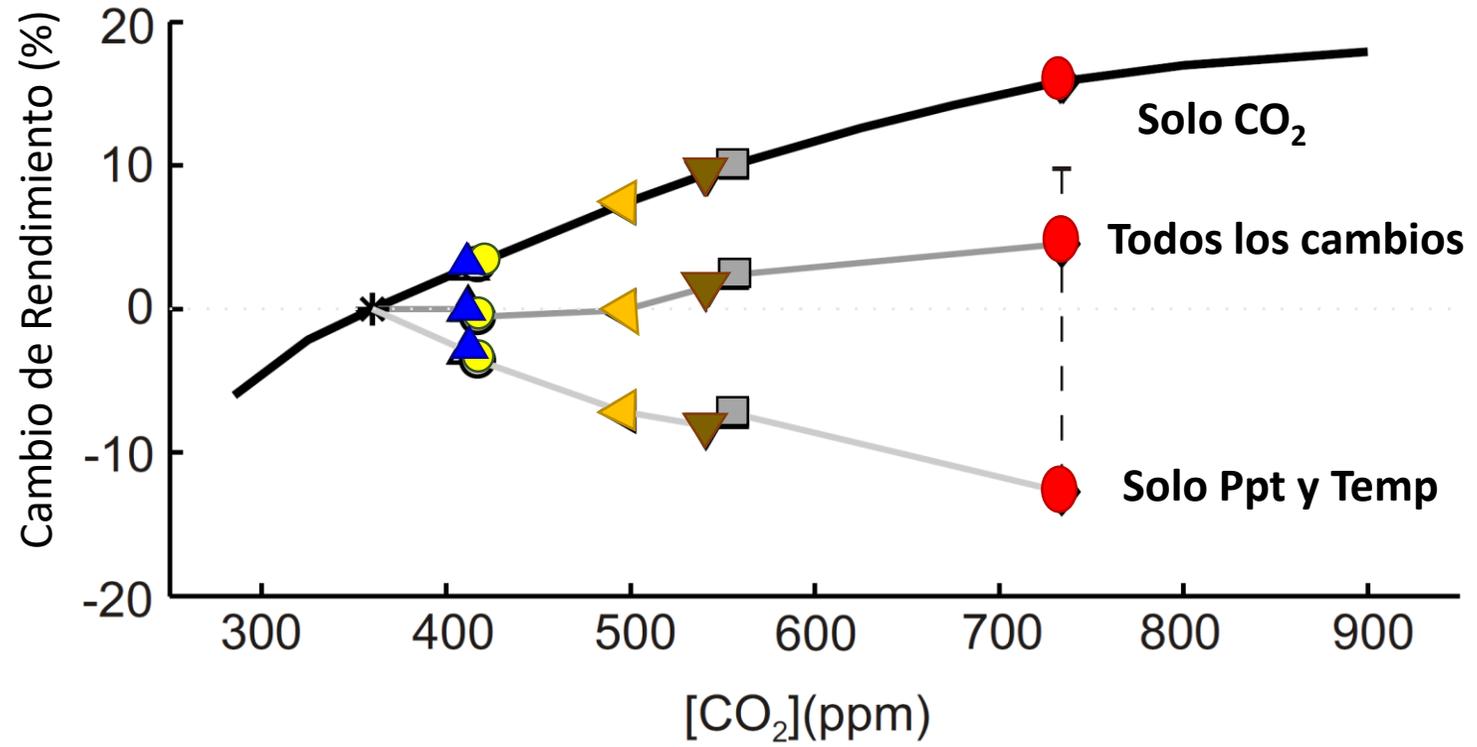
## Períodos analizados:

- Período Base (1980 – 2009)
- Principios del Siglo (2005 – 2034)
- Medios del Siglo (2040 – 2069)
- Final del Siglo (2070 – 2099)

## Períodos analizados:

- Período Base (1990 – 2009)
- Final del Siglo (2075 – 2099)





Ruane, et al (2011)



# Conclusiones

- Proyecciones GCM conducen a una amplia gama de impactos en el rendimiento con **incertidumbres crecientes en el futuro**.
- Gran parte de esta **incertidumbre** se deriva de la **alta variabilidad de la precipitación interanual**.
- Las brechas del rendimiento de maíz en Panamá tienen el potencial de ser reducidas con un continuo desarrollo de tecnologías que permitan seleccionar **cultivares adaptados, manejo de la fertilización** y agro tecnología (**fechas de siembra, población de plantas, etc.**)

- 
- El Segundo estudio concluye que al **aumentar las lluvias** a final del siglo se espera un aumento del rendimiento



# Coeficientes Varietales





# Modelaje de la respuesta de cultivos

## Modelo DSSAT

Parámetros sobre

- Características del suelo
- Meteorología,
- Prácticas de riego y uso de fertilizante
- **Características del cultivo**

## AquaCrop

Parámetros sobre

- Características del suelo
- Meteorología
- Prácticas de riego
- **Características del cultivo**



	ADV9789	ADV9293	P4226	IMV1102
V1	61	49	59	58
V2	116	85	117	119
V3	177	133	171	166
V4	217	174	216	210
V5	259	223	264	254
V6	320	267	317	306
V7	363	325	370	356
V8	428	392	417	413
V9	464	459	474	470
V10	513	512	523	516
V11	567	546	567	561
V12	604	581	602	597
V13	639	611	641	640
V14	673	640	682	683
V15	699	675	717	722
V16	736	708	755	755
V17	791	729	789	783
V18	825	745	815	809
V19	860	773	840	832
V20	896	792	861	861
V21		808		
FM	925	835	905	905
R1	994	883	945	945
R1	1158	993	1162	1162
R2	1348	1100	1319	1319
R3	1474	1212	1449	1449
R4	1653	1379	1678	1678
R5	2047	1882	1926	1926

	Híbrido	Variedad
Peso de mazorca	221	166
No de granos/mazorca	489	426
No de hileras	12	14
No de granos por hilera	38	30
Peso Planta (g)	271	230
Peso de granos (g)	76.4	53.7
Índice de cosecha (%)	28.2	23.3

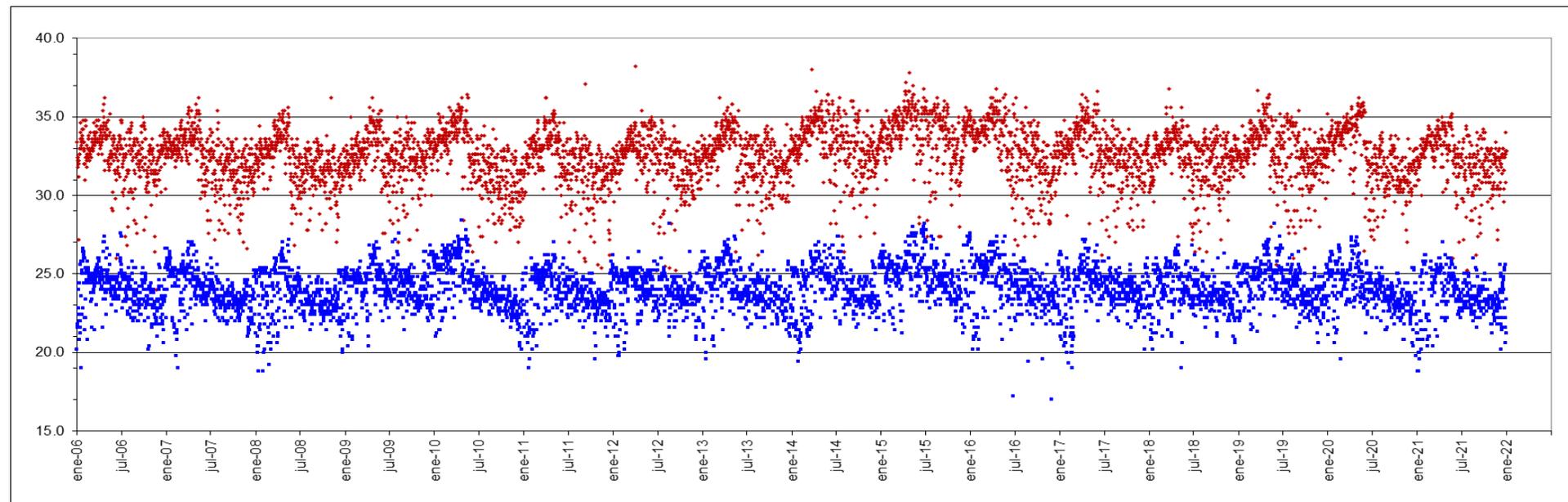
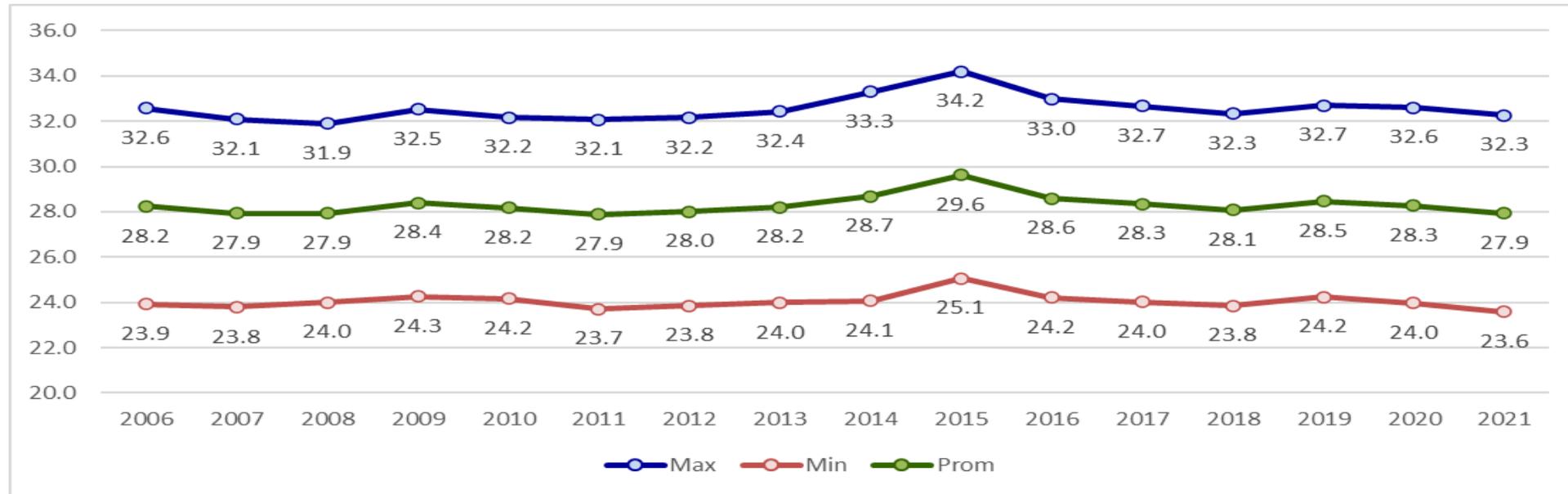


# Temperatura y Lluvia en Azuero



# Promedio anual de 2006-2020, La Villa, Los Santos

Datos proporcionados por ETESA



# Precipitación pluvial mensual de la Región de Azuero, 1995-2020

## Análisis de anomalías mensuales

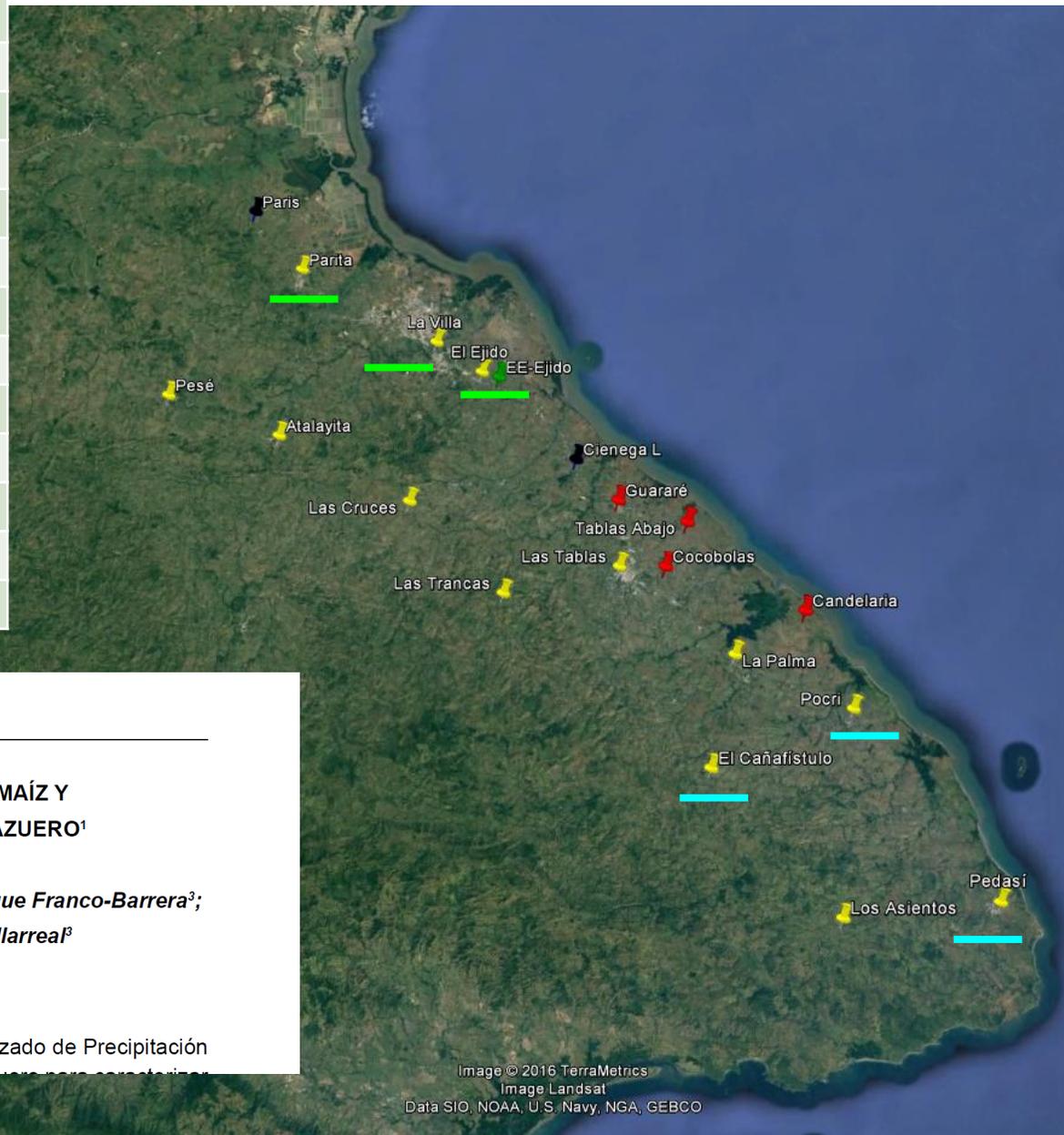
Meses	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Prom.	L.conf
Ene	0	13	1	0	25	35	2	1	0	2	3	14	0	0	1	0	2	1	0	0	1	0	0	34	0	0	5	0.5
Feb	0	1	0	6	1	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
Mar	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	3	7	7	0	0	0	3	4	3	0	0	1	1	0.1
Abr	62	2	11	2	11	0	0	31	4	27	25	9	31	0	1	45	7	28	0	5	15	45	42	18	0	16	17	0.9
May	91	162	24	121	149	134	77	97	179	135	160	137	131	135	82	159	169	113	147	71	20	67	82	114	119	52	113	2.2
Jun	178	173	147	133	139	190	93	76	163	175	221	174	181	168	192	234	211	89	197	172	97	145	155	118	136	54	154	2.3
Jul	168	182	106	109	170	184	248	159	196	196	198	183	98	189	152	199	155	214	175	99	83	179	177	147	153	38	160	2.3
Ago	147	143	25	173	251	186	102	204	162	192	197	208	246	230	261	230	120	141	165	146	60	132	188	124	88	118	163	2.9
Sep	100	210	164	101	269	139	191	137	139	198	206	83	213	205	85	257	246	207	145	103	37	158	153	109	179	115	160	2.9
Oct	248	182	193	178	294	88	213	216	250	198	249	181	303	177	178	243	166	250	190	230	87	326	240	133	145	185	205	2.9
Nov	220	227	180	184	282	168	146	93	161	134	233	128	184	260	219	255	158	104	172	107	102	330	190	90	111	160	177	3.1
Dic	57	68	1	156	97	30	60	6	118	54	88	77	149	43	27	52	70	13	123	120	0	9	50	1	56	42	60	2.3
Total	1272	1365	852	1163	1687	1155	1132	1021	1375	1311	1585	1199	1537	1407	1200	1680	1313	1161	1314	1053	505	1395	1279	888	986	779	1216	13.7
Ene-Jul	500	535	289	371	495	543	420	364	545	536	612	521	441	492	431	645	552	444	519	347	219	440	458	432	408	160	451	5.6
Ago-Dic	772	830	563	792	1192	612	712	657	830	776	974	678	1096	915	769	1035	761	717	795	705	286	955	821	456	578	619	765	9.7

Anomalía =  $\pm$  Intervalo de confianza al 10%

- Debajo de lo normal
- Normal
- Encima de lo Normal



Localidad	Inicio	Final	Años
<b>POCRÍ</b>	1971	2014	<b>44</b>
<b>PEDASÍ</b>	1968	2014	<b>47</b>
LA PALMA	1967	1998	32
LAS TABLAS	1967	1998	32
LAS CRUCES	1967	1998	32
LAS TRANCAS	1973	1999	27
LOS ASIENTOS	1973	1997	25
<b>EL CAÑAFÍSTULO</b>	1973	2014	<b>42</b>
<b>EL EJIDO</b>	1972	2015	<b>44</b>
<b>LOS SANTOS</b>	1965	2015	<b>51</b>
ATALAYITA	1965	1976	12
PESÉ	1971	2014	44
<b>PARITA</b>	1967	2014	<b>48</b>



2017. CIENCIA AGROPECUARIA no. 26:69-83.

**RELACIÓN ENTRE RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍZ Y EL ÍNDICE NORMALIZADO DE PRECIPITACIÓN EN AZUERO<sup>1</sup>**

*Román Gordón-Mendoza<sup>2</sup>; Jorge Iván Núñez-Cano<sup>3</sup>; Jorge Enrique Franco-Barrera<sup>3</sup>; Ana Elida Sáez-Cigarruista<sup>3</sup>; Jorge Enrique Jaén-Villarreal<sup>3</sup>*

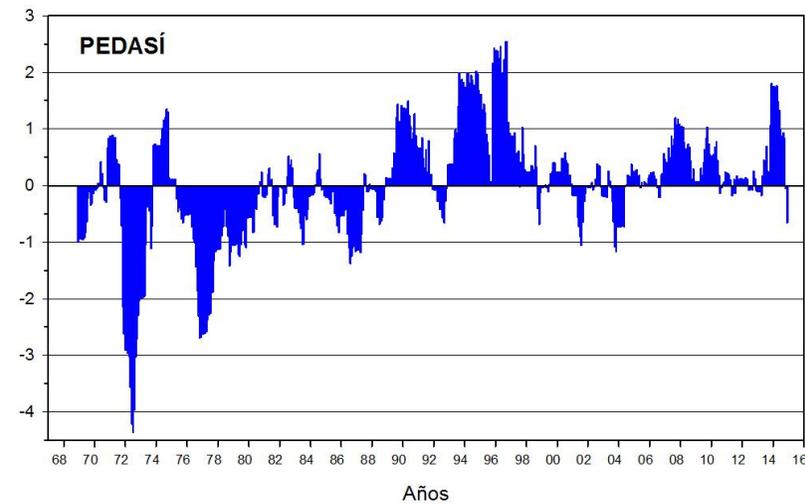
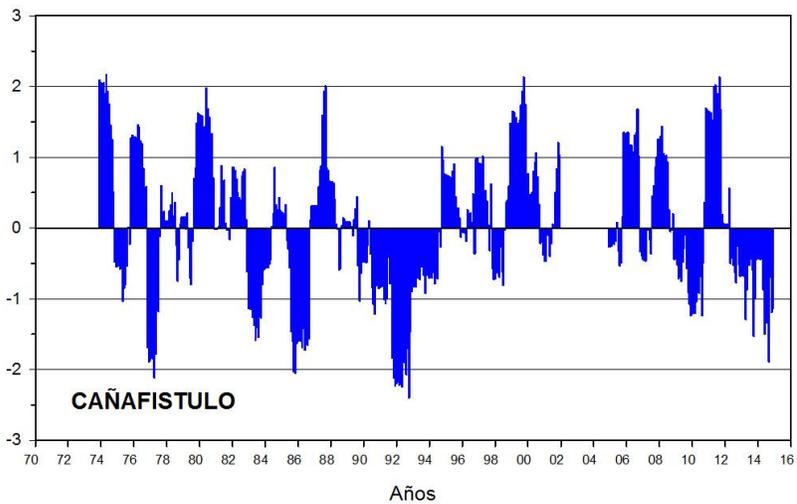
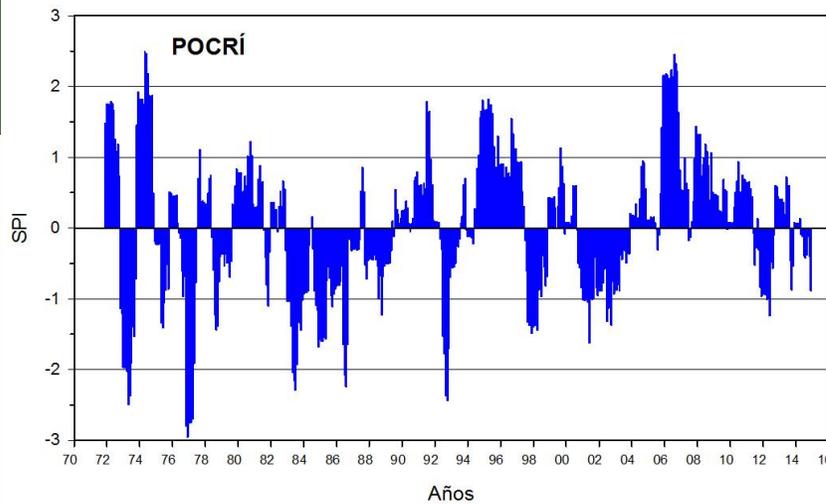
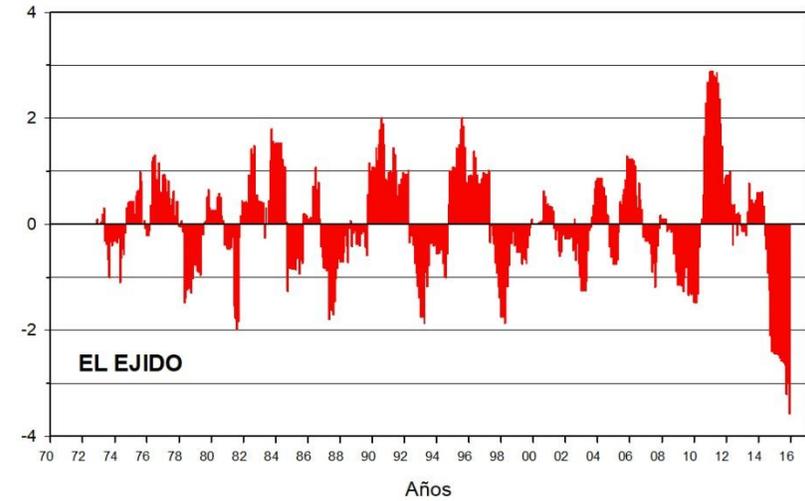
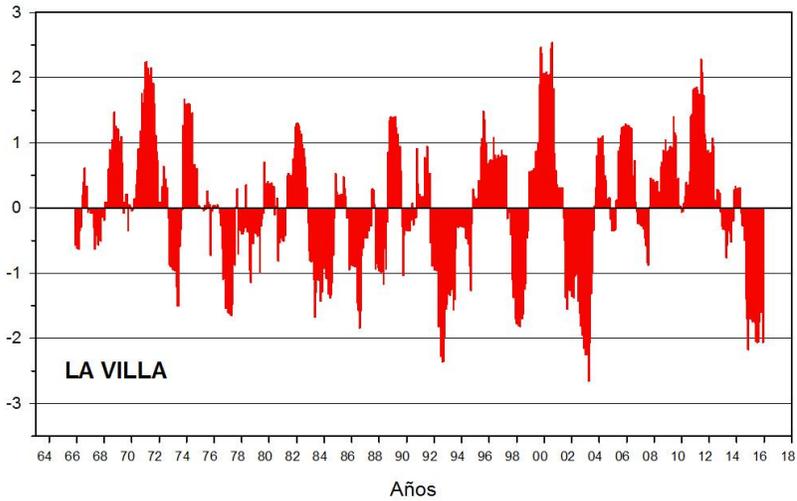
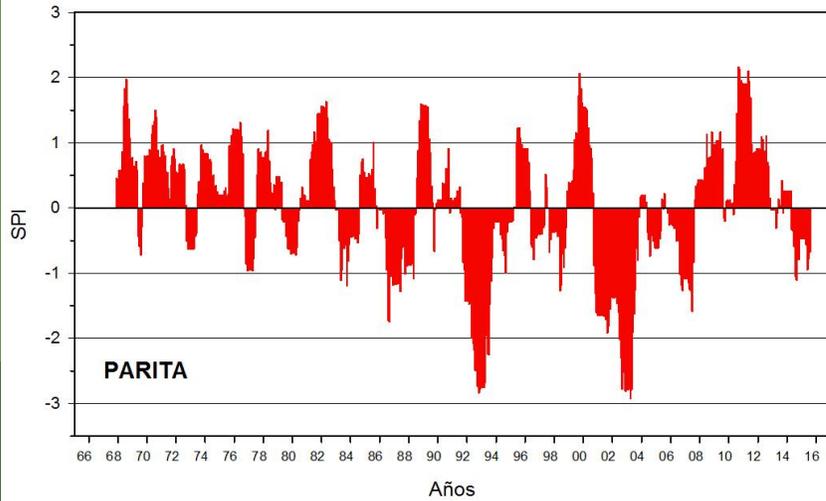
**RESUMEN**

Se realizó un estudio con el objetivo de determinar el Índice Normalizado de Precipitación (INP) en sus sitios en las localidades de Parita, Pesé, Los Santos, Los Asientos, El Cañafístulo, Pocrí, La Palma, Las Tablas, Las Cruces, Las Trancas, Guararé, Cienega L, Atalayita, La Villa, EE-Ejido y Pedasí.

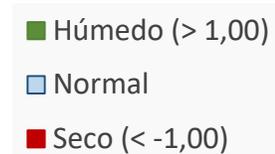
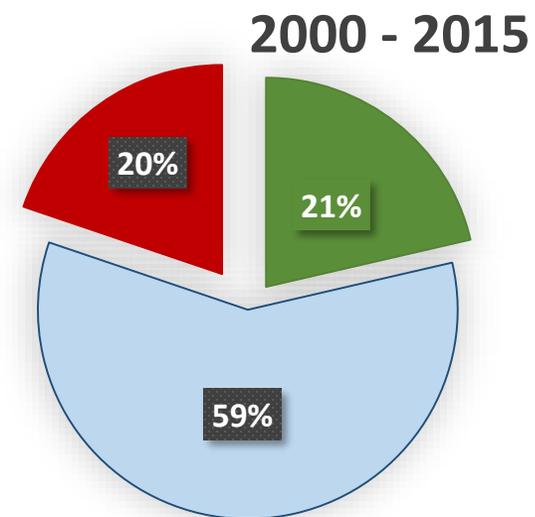
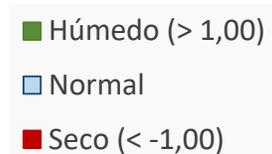
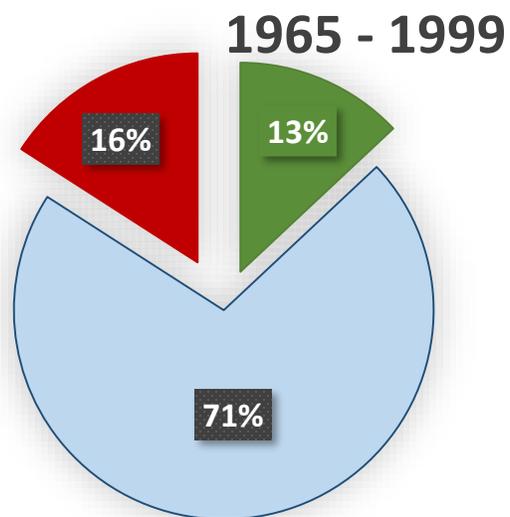
- ETESA
- MIAMBIENTE
- IDIAP
- Particulares



# SPI 12 (Promedio mensual)



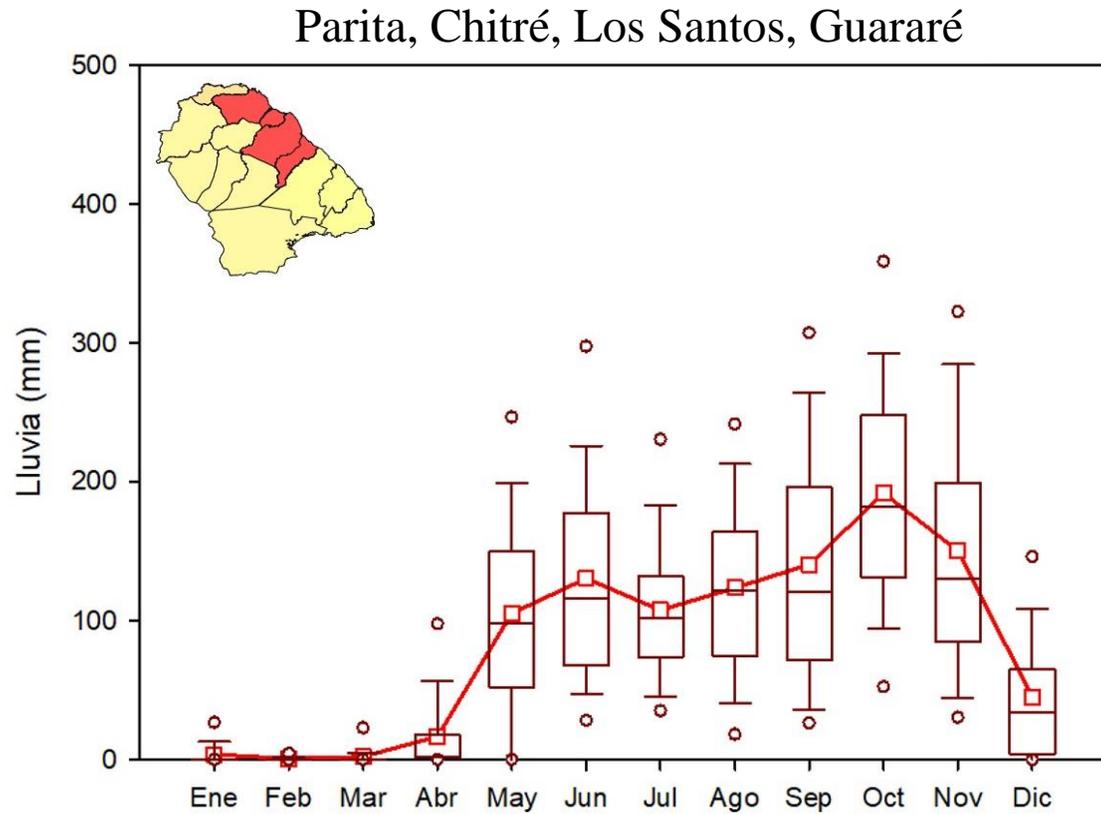
## Aumento de la variabilidad climática en los últimos años



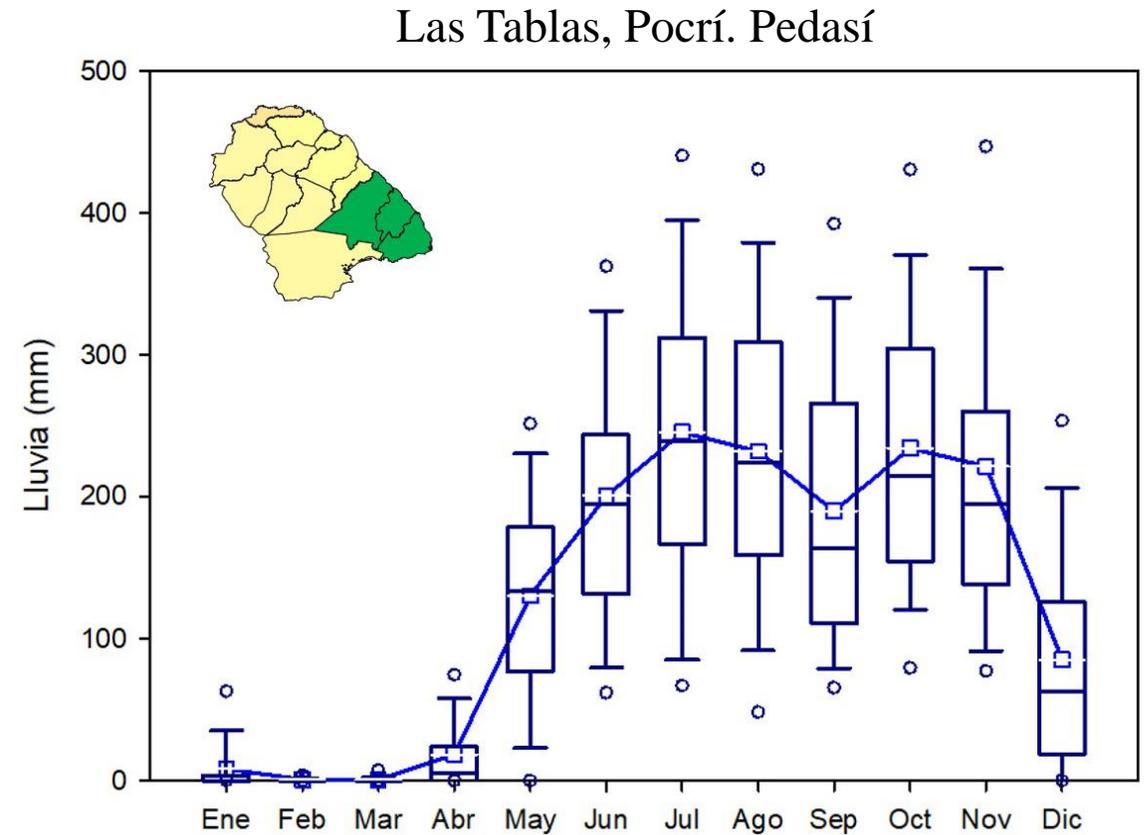
Porcentaje de meses con valores de SPI-12, de acuerdo a las categorías según OMM (2012) en dos periodos de tiempo del pluviómetro localizado en La Villa de Los Santos



## Localidades del Norte

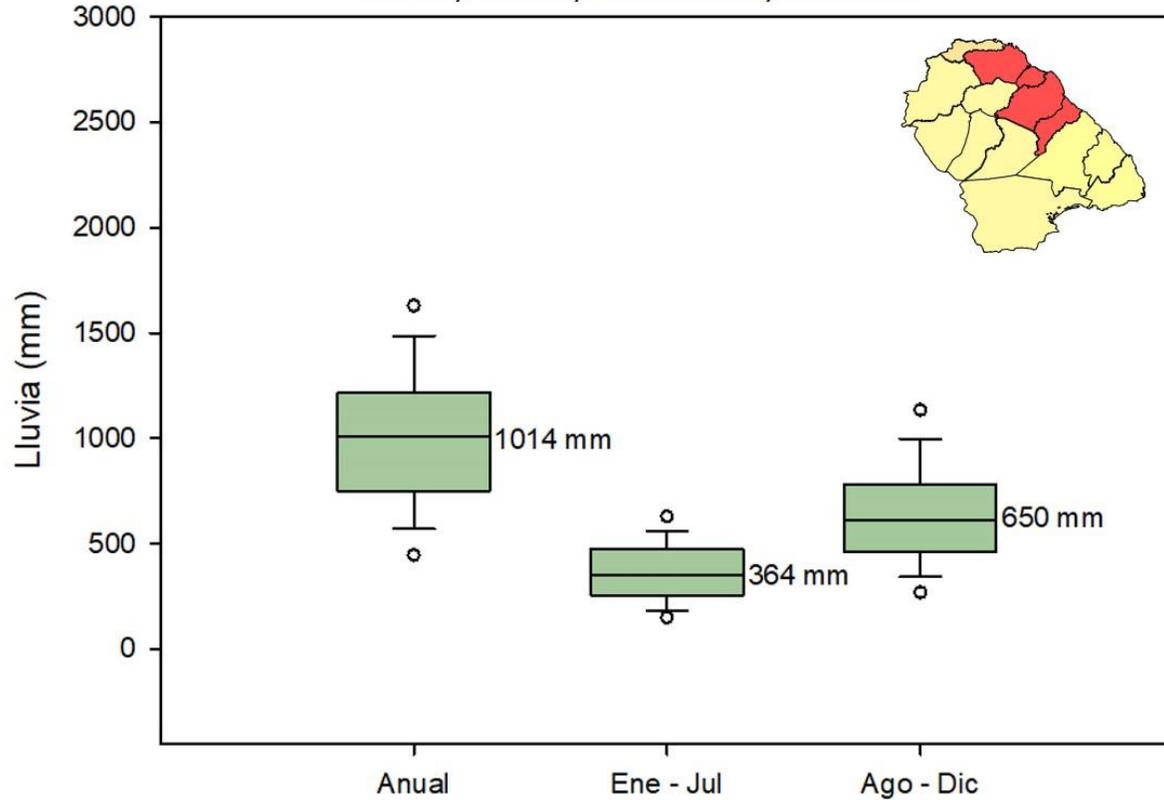


## Localidades del Sur



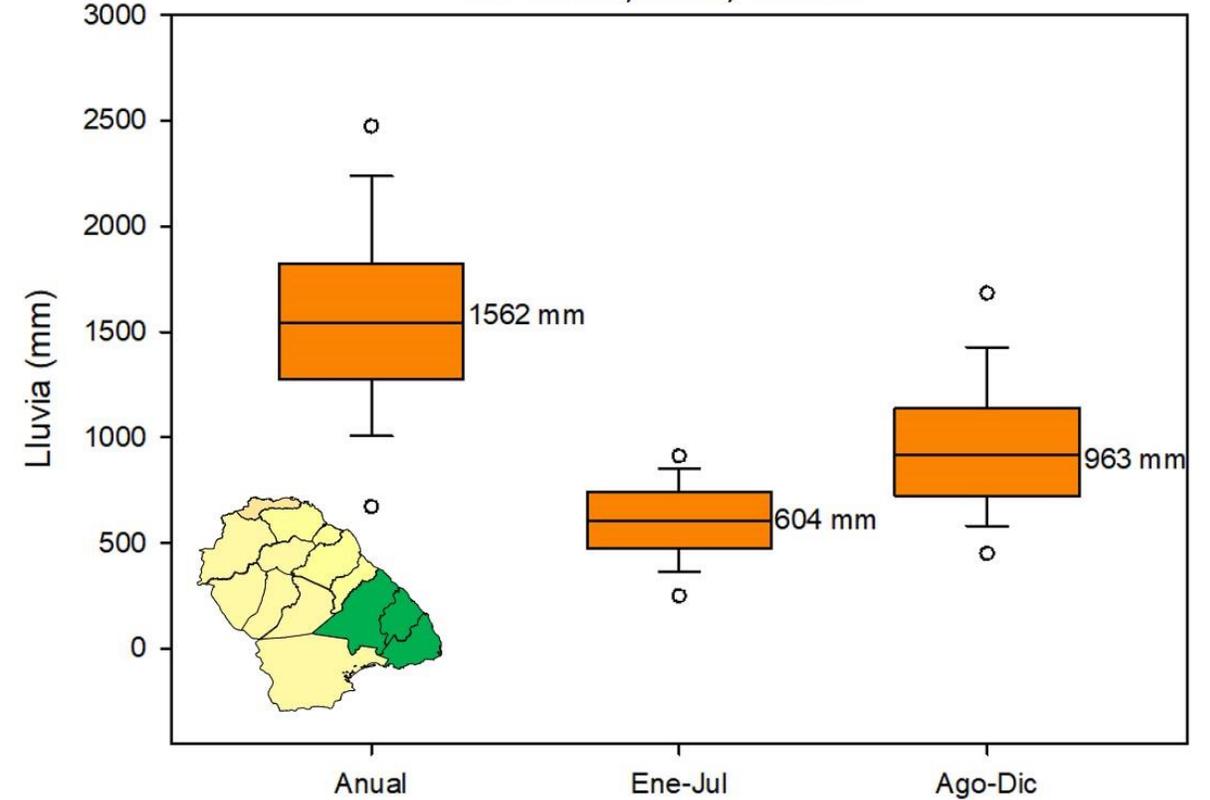
## Localidades del Norte

Parita, Chitré, Los Santos, Guararé



## Localidades del Sur

Las Tablas, Pocrí, Pedasí



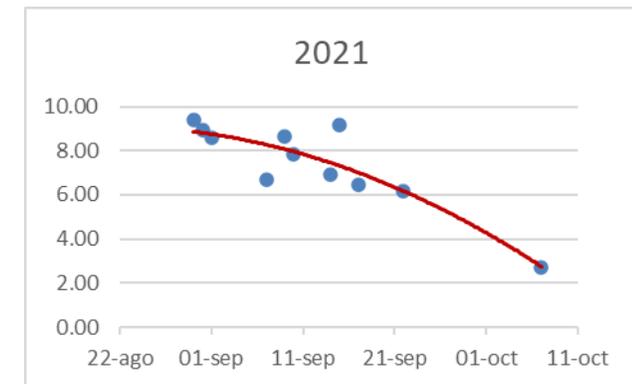
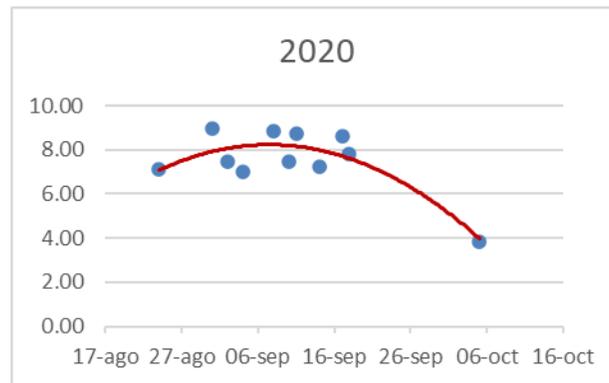
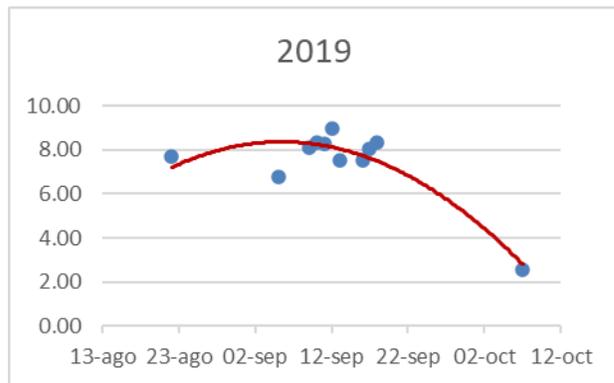
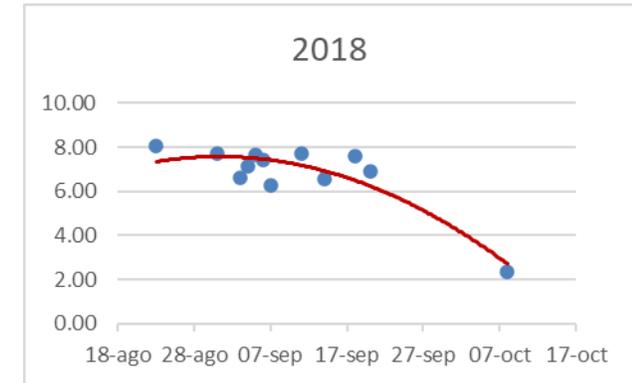
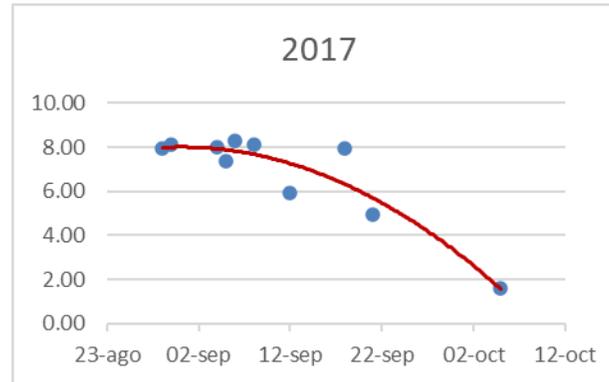
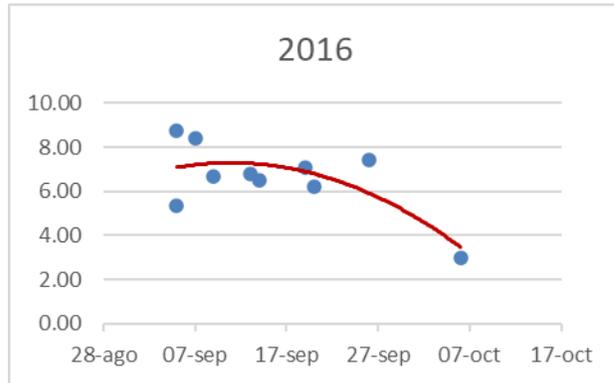
Según Lafitte, 1994, el maíz necesita por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivo.



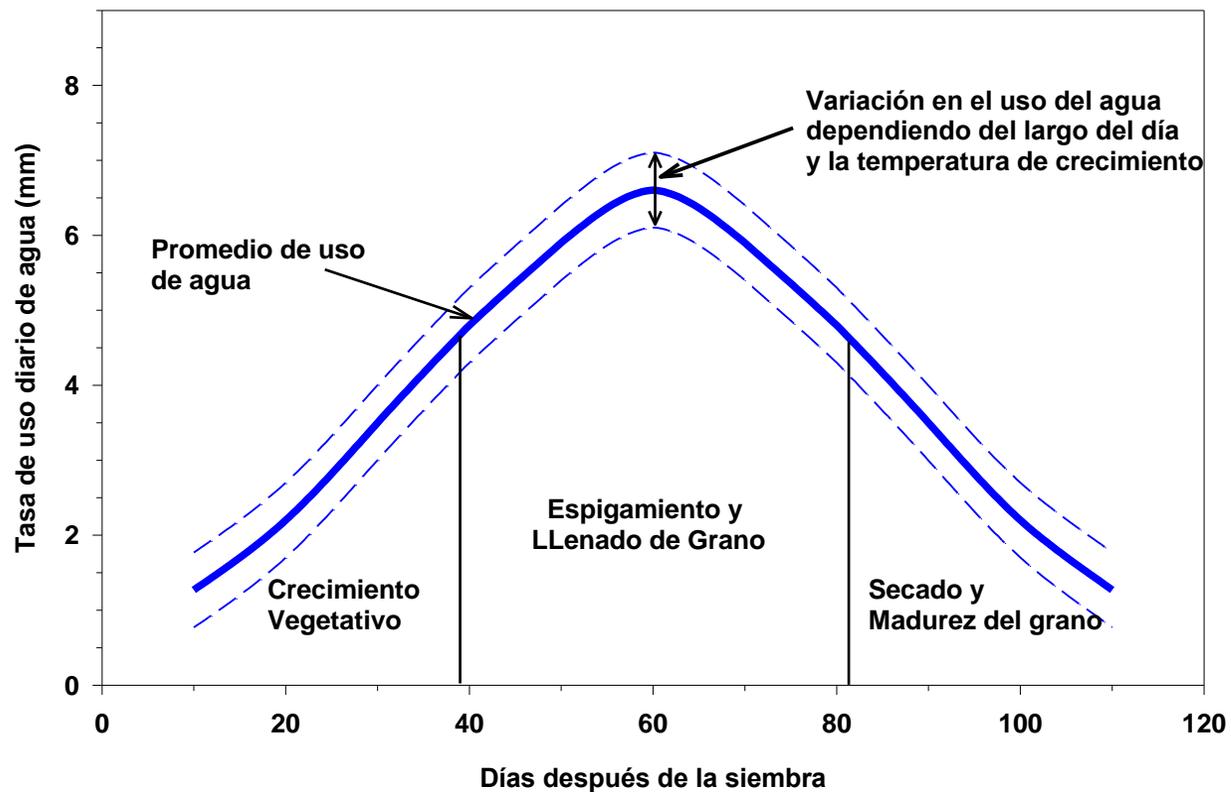
# Alternativa 1: Fechas de siembra



# Rendimiento promedio de ensayos regionales en función a la fecha de siembra, Los Santos, 2016-21



# Distribución del requerimiento de agua durante el desarrollo del cultivo de maíz



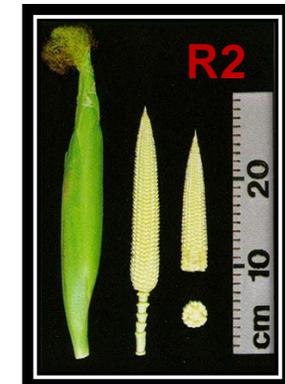
(Mc Williams D., 2000)



# Reducción del rendimiento en maíz debido a la sequía

(D.A. McWilliams, D.R. Berglund, G.J. Endres, 1999)

Etapa Inicio	Etapa Final	% Reducción del rendimiento	
Germinación 3 dds	V6 21 dds	---	25 % F. Vegetativa
V7 22 dds	V18 50 dds	25	
VT 51 dds	R2 80 dds	50	<b>75 %</b> F. Reproductiva
R3 81 dds	R5 100 dds	25	



\* Reducción del rendimiento depende de varias variables incluyendo la germinación y la humedad superficial del suelo

\*\* Una sequía continua puede resultar en un 100% de reducción



# Cálculo del período crítico para la formación del rendimiento (50 -100 dds)

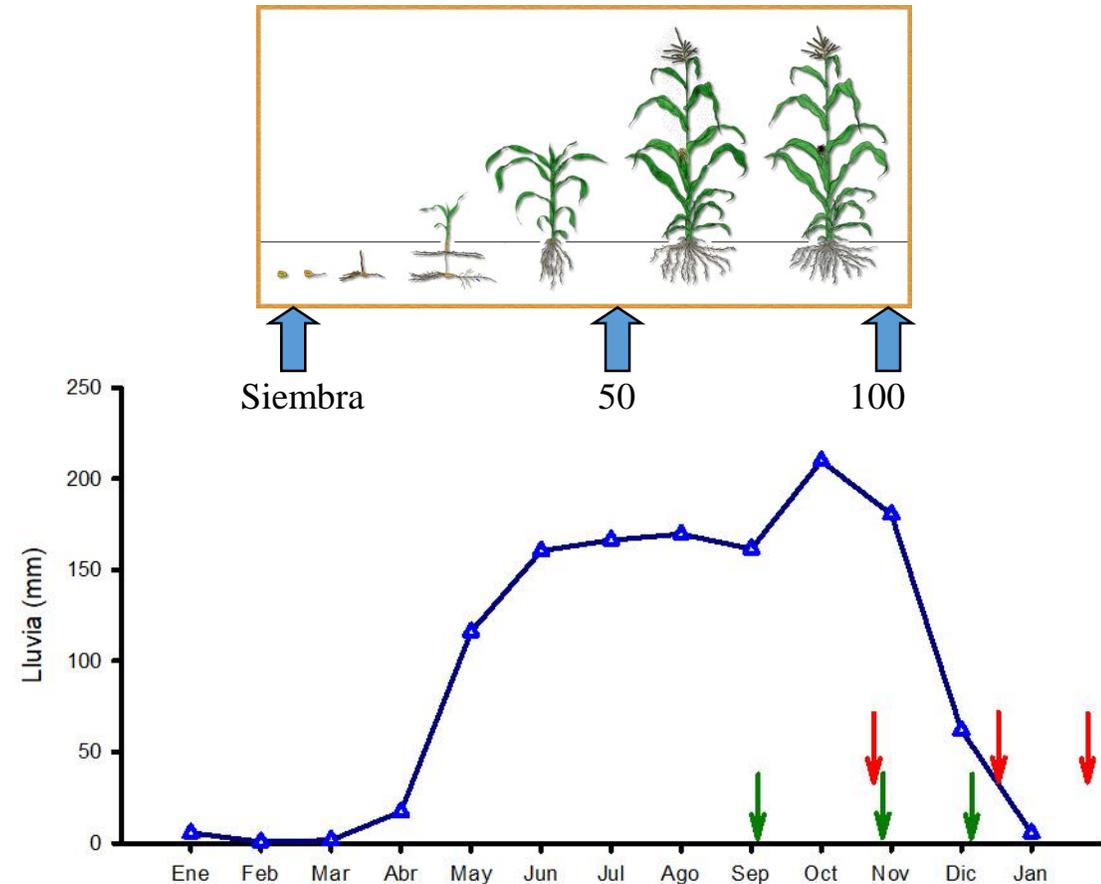
Siembra	50 dds	100 dds
1-Ago	20-Sep	9-Nov
19Ago	8-Oct	27-Nov

20-Ago	9-Oct	28-Nov
31-Ago	20-Oct	9-Dic

1-Sep	21-Oct	10-Dic
15-Sep	4-Nov	24-Dic

16 Sep	5-Nov	25-Dic
30 Sep	19-Nov	8-Ene

1 Oct	20-Nov	9-Ene
10 Oct	29-Nov	18-Ene



# Probabilidad o Riesgo de que la siembra coincida con estrés (<225mm ) durante el período 50-100 dds

Precipitación acumulada entre 50 a 100 dds  
según Fecha de Siembra

	1999	2001	2002
01-Sep	491.1	298.7	205.0
02-Sep	519.7	306.9	204.7
03-Sep	522.8	298.7	204.7
04-Sep	521.3	295.9	196.9
05-Sep	516.0	302.0	182.0
06-Sep	510.7	304.7	180.8
07-Sep	511.8	289.7	177.5
08-Sep	505.7	261.5	167.1
09-Sep	465.3	242.6	151.9
10-Sep	436.2	218.2	128.0
11-Sep	440.6	196.3	114.8
12-Sep	443.5	186.5	97.7
13-Sep	438.6	185.9	95.2
14-Sep	439.0	188.5	94.2
15-Sep	439.0	183.7	94.2

$$1999 = 0 / 15 = 0 \%$$

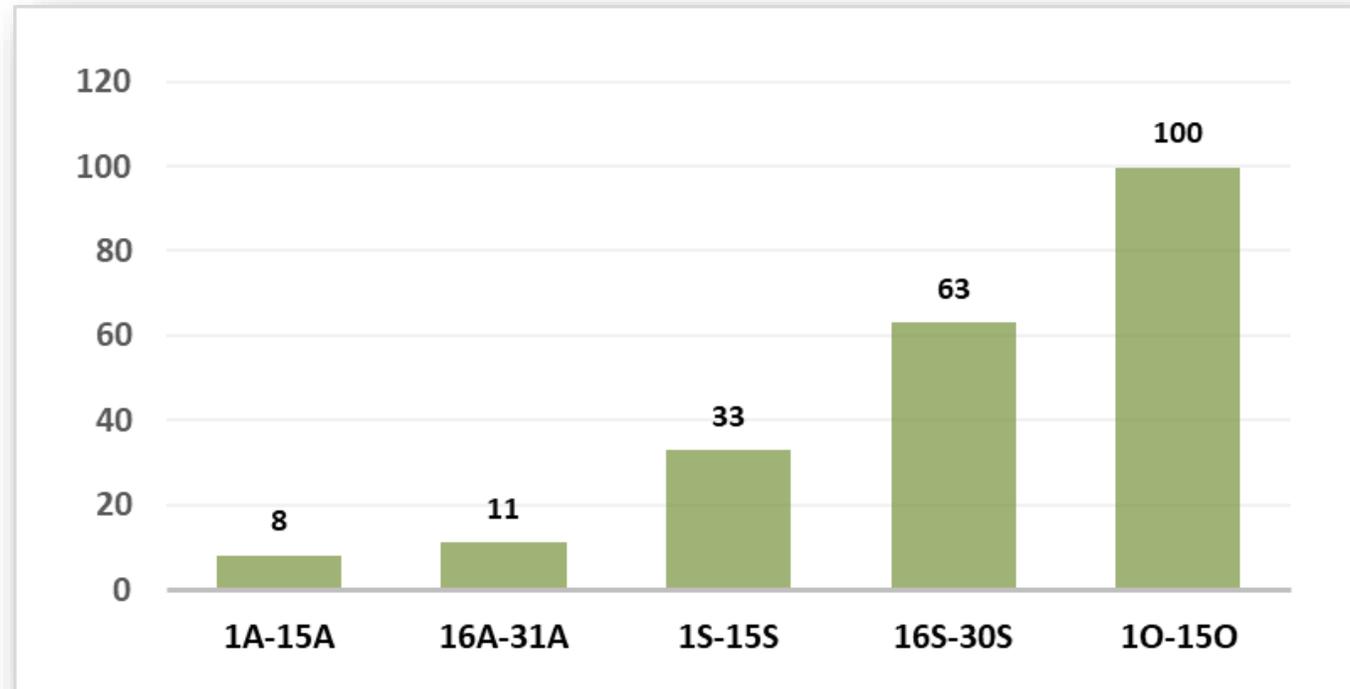
$$2001 = 6 / 15 = 40 \%$$

$$2002 = 15 / 15 = 100\%$$

Riesgo por estrés hídrico se produce con precipitación acumulada por debajo de los 225 mm en el período 50 a 100 dds



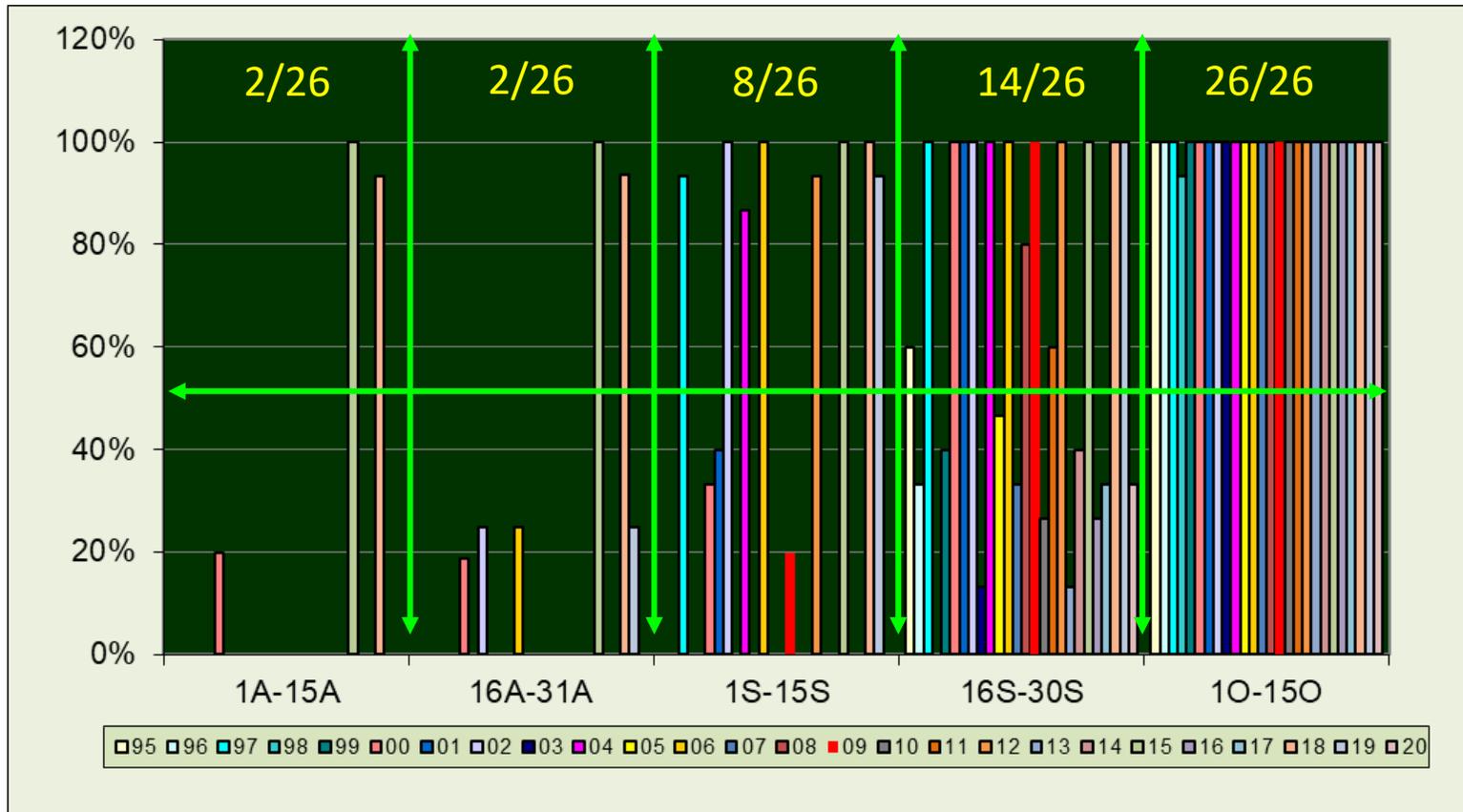
## Riesgo de afectar el rendimiento por déficit hídrico según época de siembra, Azuero 1995-2020



**Riesgo:** Probabilidad de días en el período de siembra de recibir menos de 225 mm de lluvia entre los 50 y 100 dds



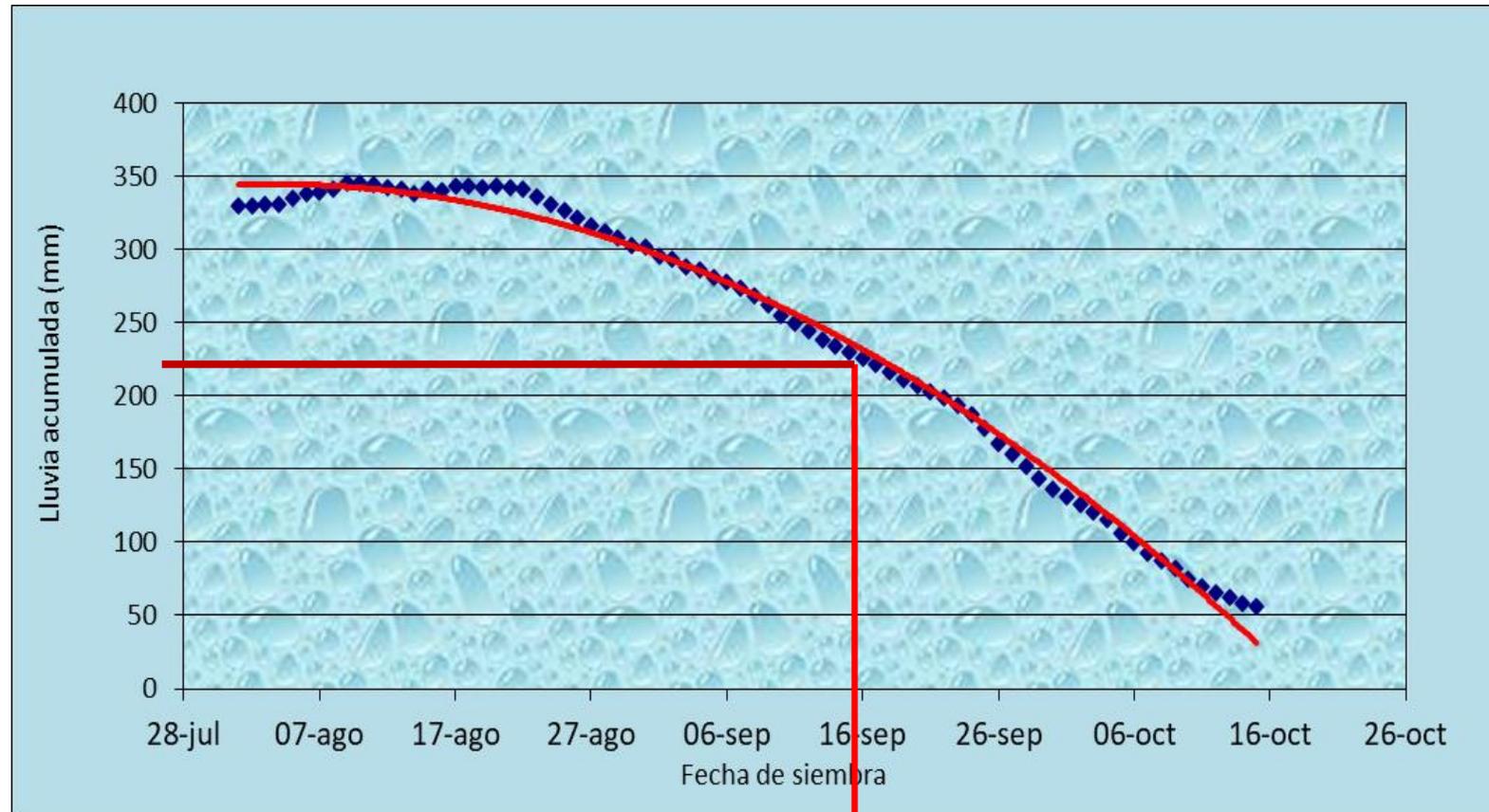
# Riesgo y días con lluvia según época de siembra por año 1995-2020



	> 50%
1A-15A	8
16A-31A	8
1S-15S	31
16S-30S	54
10-15O	100



# Precipitación acumulada y días con lluvia entre los 50-100 dds para siembras del 1 de agosto al 10 de octubre (Promedio 95-20)



Fecha límite: 15 Sep

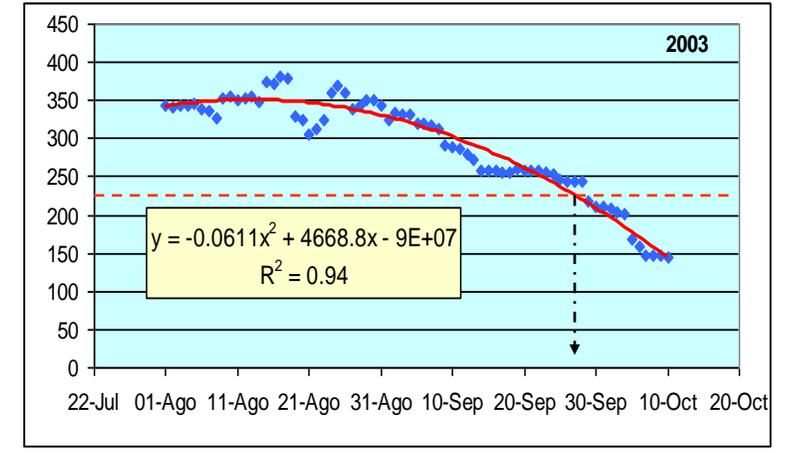
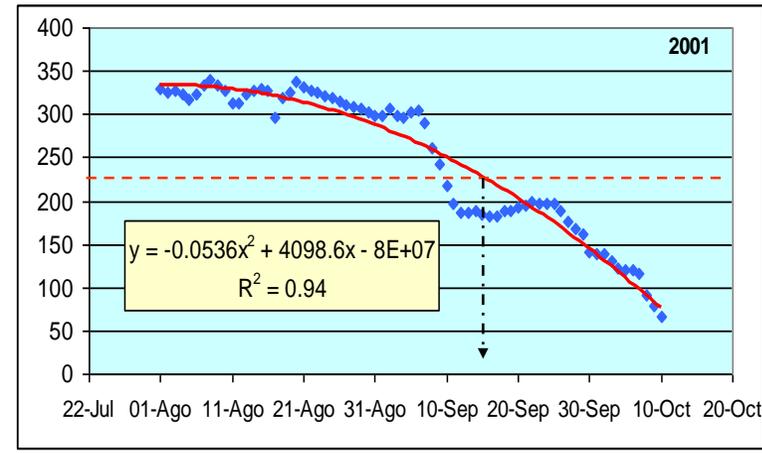
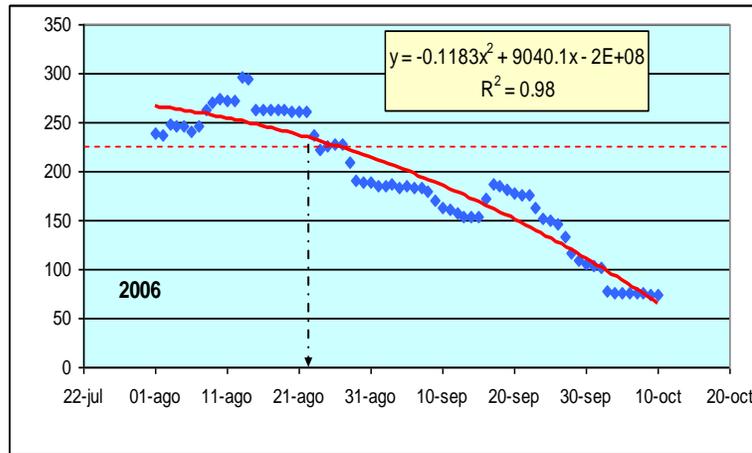


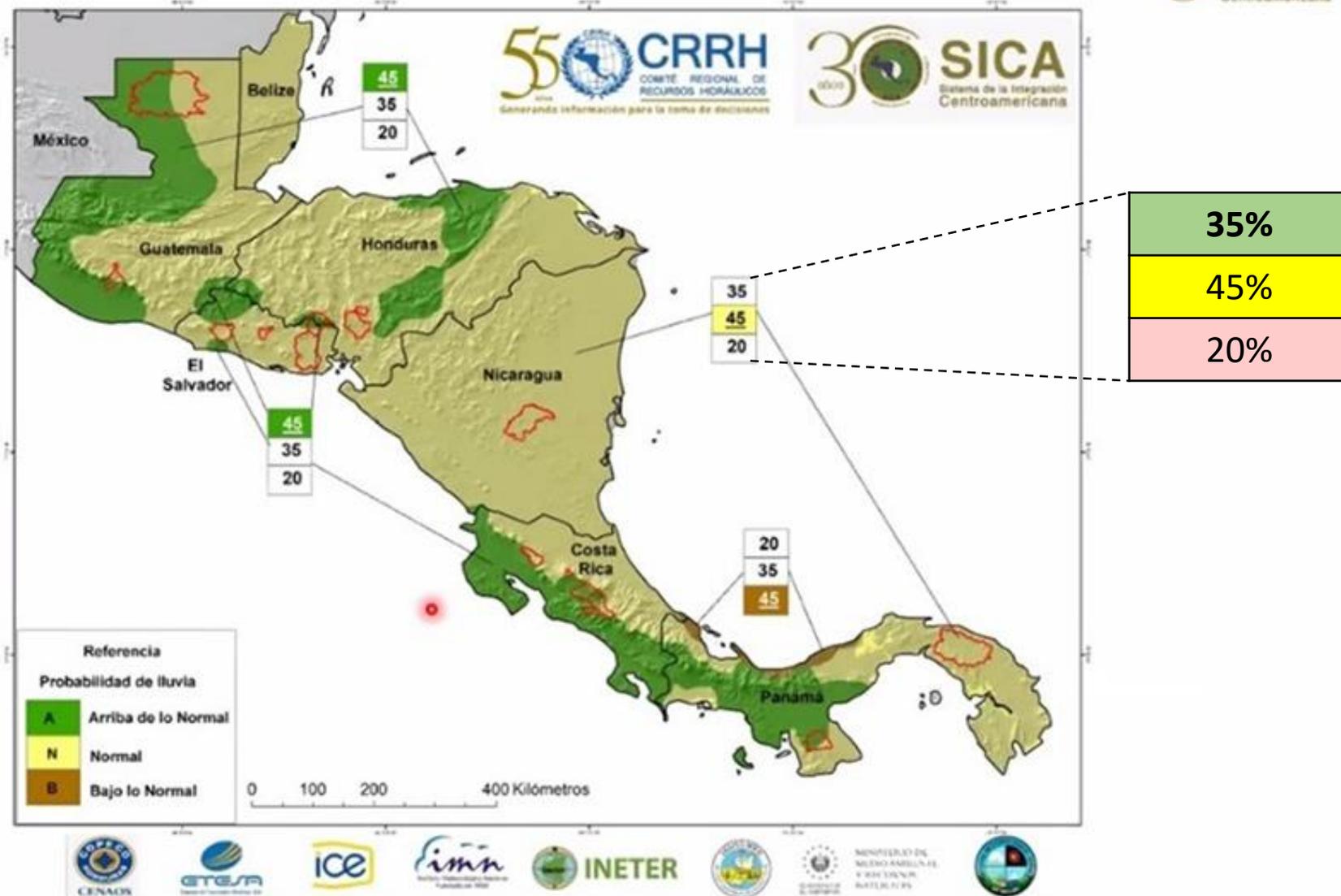
## Fecha Límite de siembra en función de los acumulados por año

Año	Fecha	Ppt
1995	21 Ago	458
1997	1 Sep	524
2000	3 Sep	439
2002	29 Ago	474
2006	27 Ago	445
2012	30 Ago	554

Año	Fecha	Ppt
1996	25 Sep	689
2001	9 Sep	668
2004	7 Sep	609
2008	17 Sep	679
2009	12 Sep	499
2011	14 Sep	642

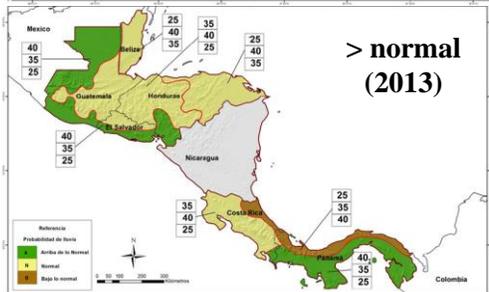
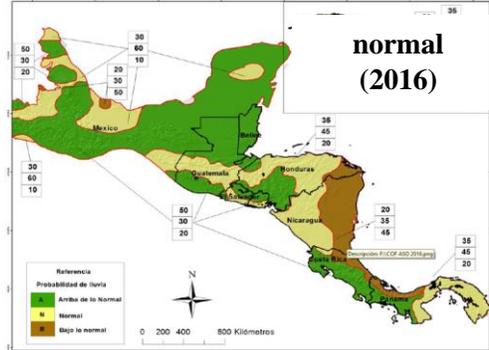
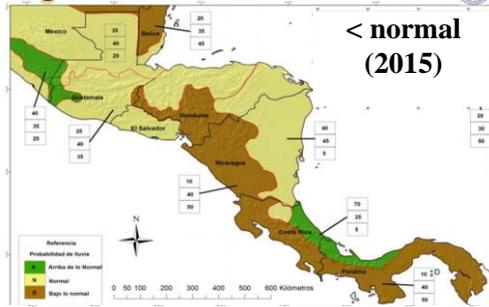
Año	Fecha	Ppt
1999	25 Sep	1018
2003	28 Sep	700
2005	25 Sep	804
2007	25 Sep	871
2010	27 Sep	852
2016	26 Sep	947
2017	25 Sep	965







## Perspectiva Climática de C.A., CRRH (agosto-octubre)



### Fechas de siembras recomendadas zona norte (Parita, Chitré, Los Santos, Guararé)

Pronóstico del año =	lluvias < normal	normal	lluvias > normal
Sembrar hasta	<b>25 AGO</b>	<b>5 SEP</b>	<b>15 SEP</b>

### Fechas de siembras recomendadas zona sur (Las Tablas, Pocrí, Pedasí)

Pronóstico del año =	lluvias < normal	normal	lluvias > normal
Sembrar hasta	<b>10 SEP</b>	<b>20 SEP</b>	<b>30 SEP</b>



## Efecto en el rendimiento por siembra fuera de las fechas de recomendación

Período	Todas	Temprana	Tardía	Reducción	%
95-99	4.92	4.97	4.89	0.08	<b>-0.2</b>
00-05	6.44	6.89	5.62	1.28	<b>-18.4</b>
06-10	6.76	7.42	6.05	1.37	<b>-17.7</b>
11-20	6.83	7.57	3.82	3.76	<b>-49.6</b>



## Alternativa 2: Nuevos cultivares



# Cultivares tolerantes al estrés hídrico

**IDIAP-MV-1102**



**IDIAP-MV-1816**



2015. CIENCIA AGROPECUARIA no. 23:39-59.

SELECCIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ TOLERANTES AL DÉFICIT HÍDRICO<sup>1</sup>

*Román Gordón Mendoza<sup>2</sup>; Jorge Franco Barrera<sup>3</sup>; Félix San Vicente<sup>4</sup>*

RESUMEN

2020. CIENCIA AGROPECUARIA no. 31:99-126.

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ  
PARA SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR DE PANAMÁ, 2017-2019<sup>1</sup>

*Román Gordón-Mendoza<sup>2</sup>; Jorge E. Franco-Barrera<sup>3</sup>; Jorge I. Núñez-Cano<sup>3</sup>;  
Ana E. Sáez-Cigarruista<sup>3</sup>; Francisco P. Ramos-Manzané<sup>4</sup>; Jorge E. Jaén-Villarreal<sup>3</sup>;  
Félix M. San Vicente-García<sup>5</sup>*



# ¿Qué otras Variables climáticas están afectando?



# Materiales y Métodos

## Fechas de Siembra

- Agosto
- Septiembre
- Octubre



## Sistemas

- Sin Riego
- Riego por goteo



## Híbridos

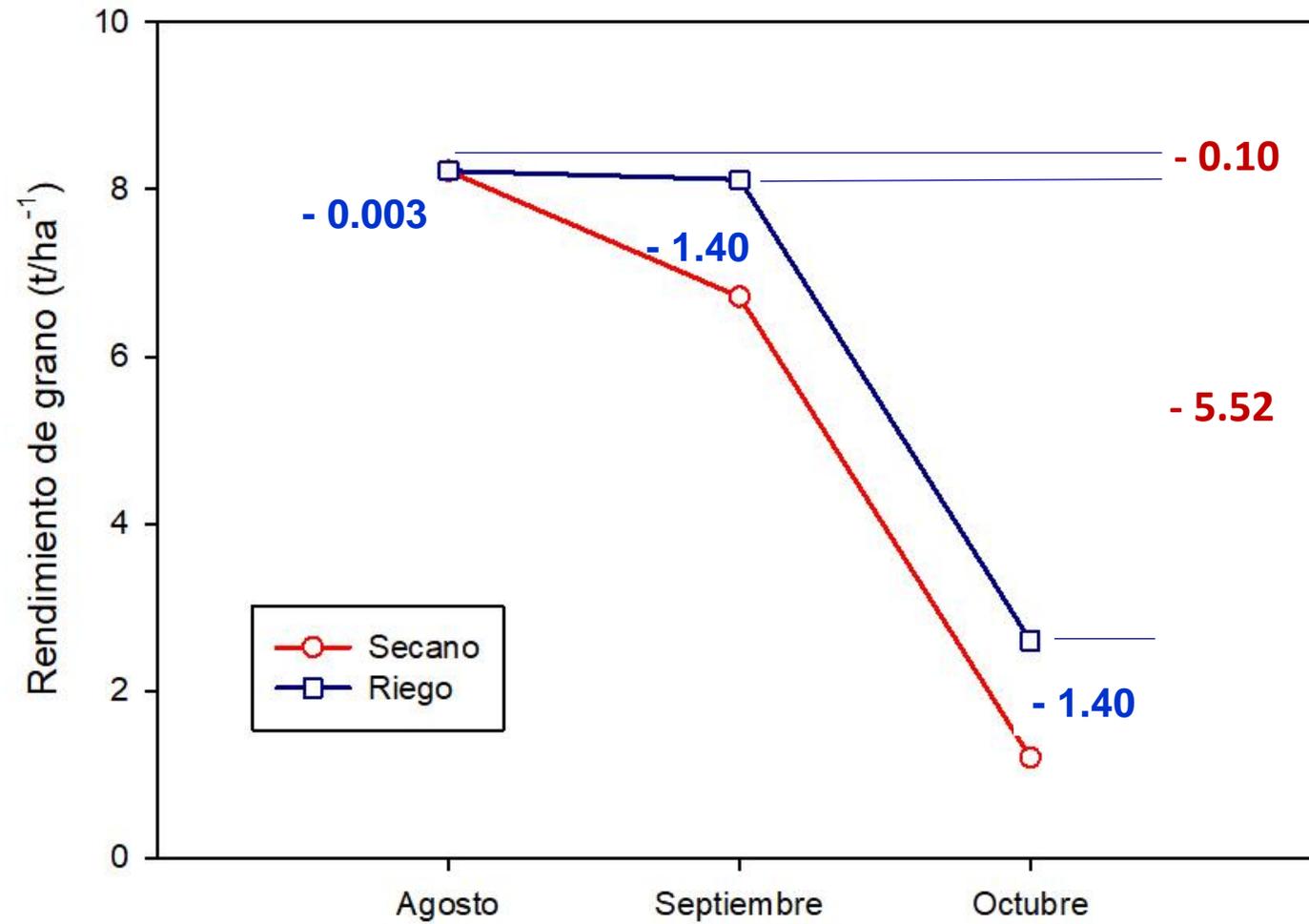
- H. Susceptible
- H. Tolerante



Años: **2015-2021**



# Rendimiento de grano $\text{tha}^{-1}$ , El Ejido, 2015-2021, H Susceptible

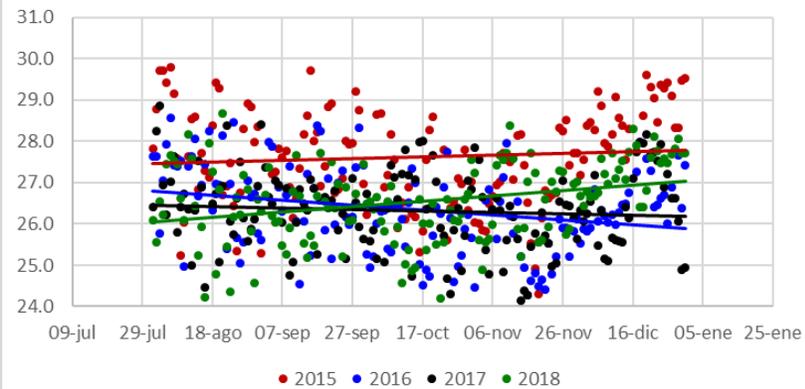


DMS = 1.16 t

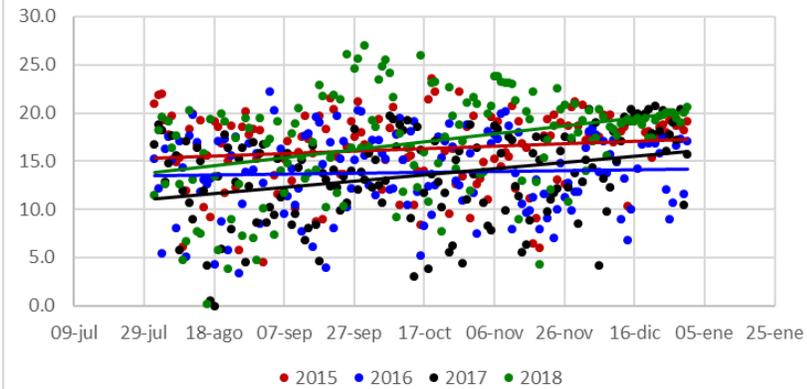


# VARIABLES CLIMÁTICAS DIARIAS, EL EJIDO, 2015-2021

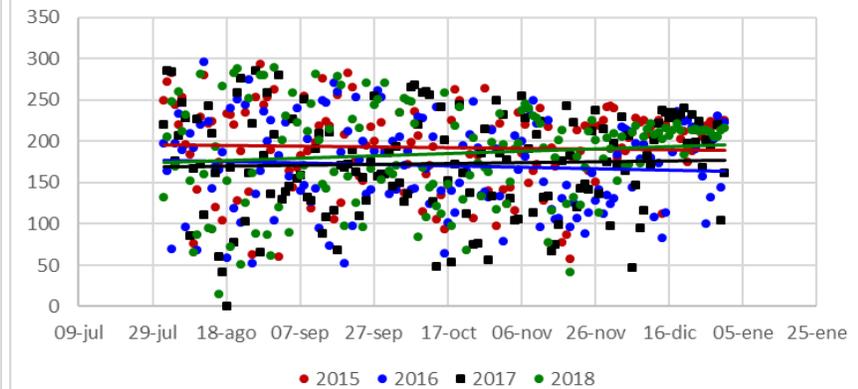
### TEMPERATURA PROMEDIO



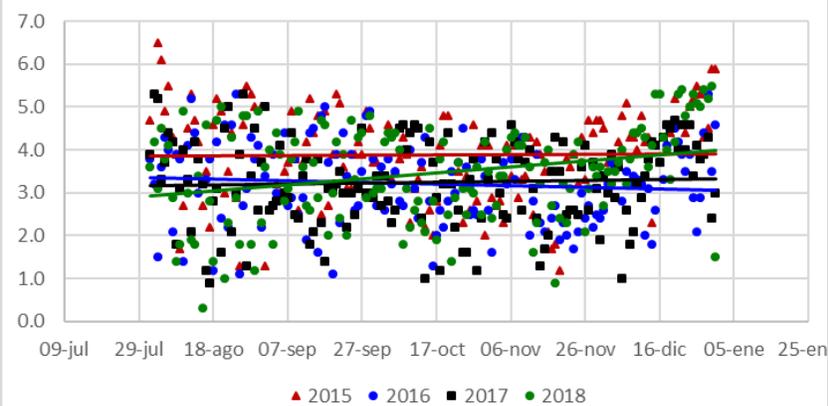
### RADIACIÓN ULTRA VIOLETA



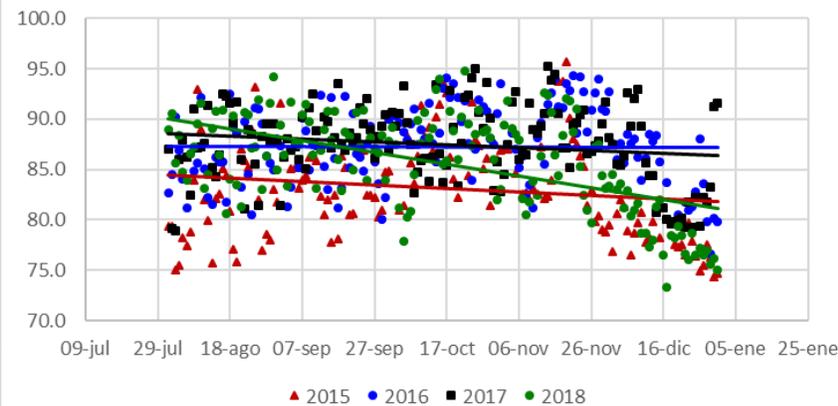
### RADIACIÓN SOLAR



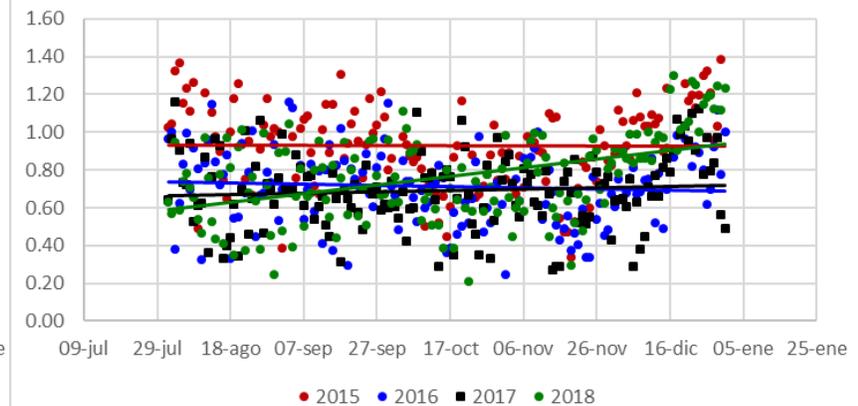
### EVAPOTRANSPIRACIÓN



### HUMEDAD RELATIVA



### DEFICIT DE PRESION DE VAPOR



# PROMEDIO DIARIO por período según fecha de siembra

1	2	3	4
0 - 30	31 - 50	51 - 80	81 - 100

Precipitación pluvial (mm)

F Siembra	1	2	3	4
ago-15	34.8	24.6	57.0	50.4
sep-15	49.4	32.2	50.4	<b>0.0</b>
oct-15	45.6	48.4	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
ago-16	57.4	40.0	145.0	85.4
sep-16	94.4	102.4	126.8	<b>2.2</b>
oct-16	113.8	97.6	<b>28.0</b>	<b>0.6</b>
ago-17	38.8	26.2	107.8	146.8
sep-17	59.8	74.2	183.6	<b>15.8</b>
oct-17	107.8	151.2	<b>38.0</b>	<b>25.6</b>
ago-18	114.0	21.2	90.6	40.0
sep-18	84.8	72.4	40.8	<b>0.0</b>
oct-18	91.6	40.0	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
ago-19	60.8	95.8	55.4	49.2
sep-19	120.2	34.4	63.8	<b>12.8</b>
oct-19	55.4	49.2	<b>30.4</b>	<b>0.0</b>
ago-20	115.0	110.0	276.0	168.0
sep-20	126.0	263.0	205.0	<b>5.0</b>
oct-20	285.0	167.0	<b>43.0</b>	<b>0.0</b>

Radiación UV (nm)

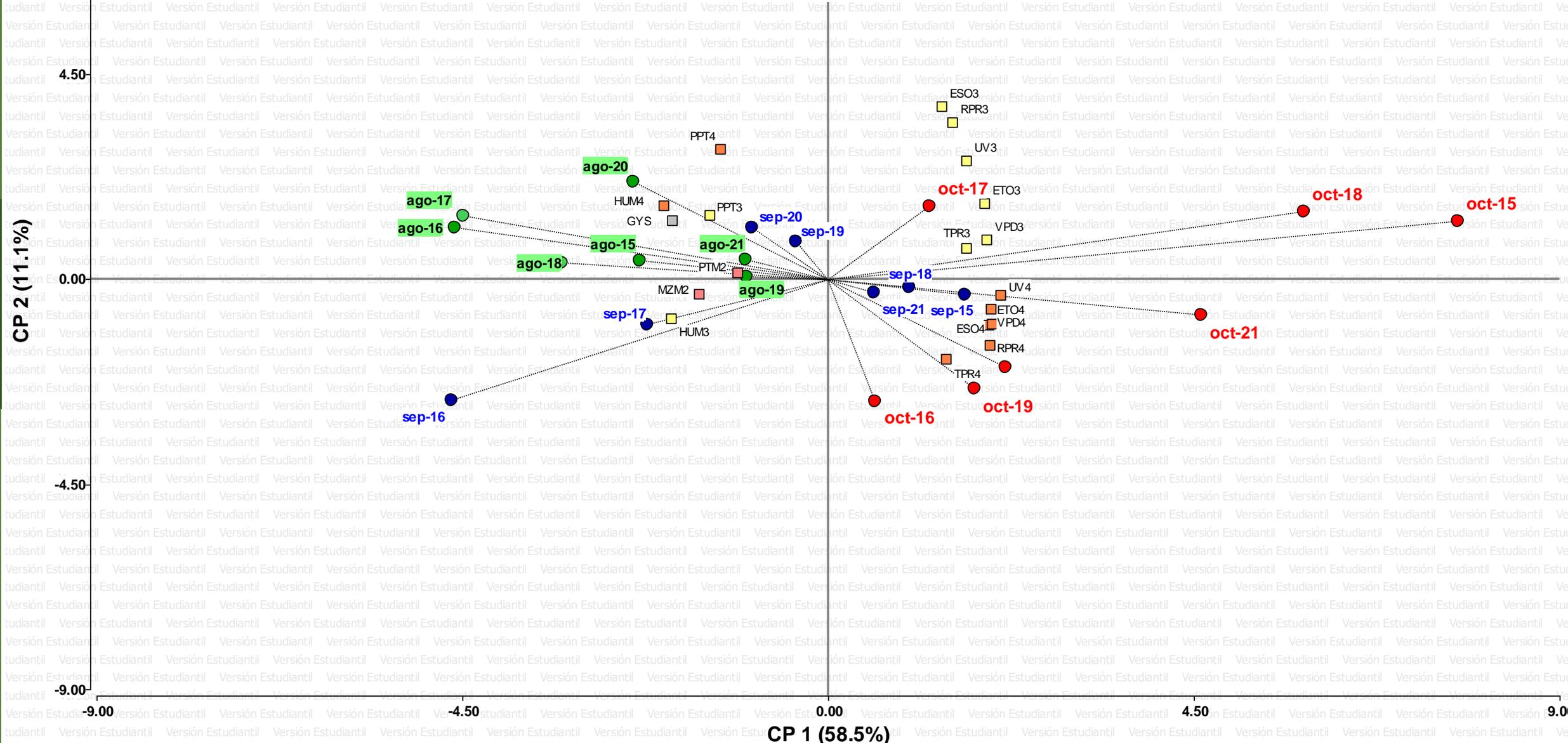
F Siembra	1	2	3	4
ago-15	14.4	15.4	14.6	14.9
sep-15	15.4	14.1	<b>16.1</b>	<b>16.4</b>
oct-15	14.4	15.4	<b>17.3</b>	<b>19.9</b>
ago-16	12.8	14.5	14.3	12.9
sep-16	14.7	13.6	12.4	13.6
oct-16	13.6	12.7	13.4	<b>16.6</b>
ago-17	11.3	12.3	13.2	13.1
sep-17	13.5	11.9	13.2	<b>16.5</b>
oct-17	12.7	12.9	<b>16.9</b>	<b>17.5</b>
ago-18	14.7	<b>20.0</b>	<b>17.9</b>	<b>17.3</b>
sep-18	<b>18.6</b>	<b>17.4</b>	<b>18.4</b>	<b>18.6</b>
oct-18	<b>17.6</b>	<b>17.3</b>	<b>18.8</b>	<b>20.3</b>
ago-19	13.4	15.4	15.2	<b>16.6</b>
sep-19	15.5	14.5	<b>16.1</b>	14.9
oct-19	15.3	<b>16.8</b>	14.8	<b>17.9</b>
ago-20	14.4	15.7	15.2	15.9
sep-20	15.6	14.7	<b>16.3</b>	14.6
oct-20	15.1	<b>16.9</b>	14.8	<b>17.8</b>

Déficit de Presión de Vapor (kPa)

F Siembra	1	2	3	4
ago-15	<b>0.93</b>	<b>1.00</b>	0.79	0.78
sep-15	<b>0.91</b>	0.79	0.82	<b>1.08</b>
oct-15	0.77	0.78	<b>1.07</b>	<b>1.24</b>
ago-16	0.75	0.77	0.64	0.64
sep-16	0.73	0.61	0.60	0.79
oct-16	0.62	0.60	0.76	<b>1.02</b>
ago-17	0.69	0.62	0.67	0.65
sep-17	0.65	0.65	0.65	0.71
oct-17	0.68	0.62	0.78	0.73
ago-18	0.69	0.79	0.64	0.70
sep-18	0.74	0.64	0.73	<b>1.01</b>
oct-18	0.64	0.70	<b>1.00</b>	<b>1.21</b>
ago-19	0.67	0.63	0.67	0.76
sep-19	0.63	0.66	0.77	0.83
oct-19	0.68	0.79	0.79	<b>1.13</b>
ago-20	0.70	0.65	0.69	0.75
sep-20	0.64	0.69	0.77	0.81
oct-20	0.67	0.78	0.80	<b>1.10</b>



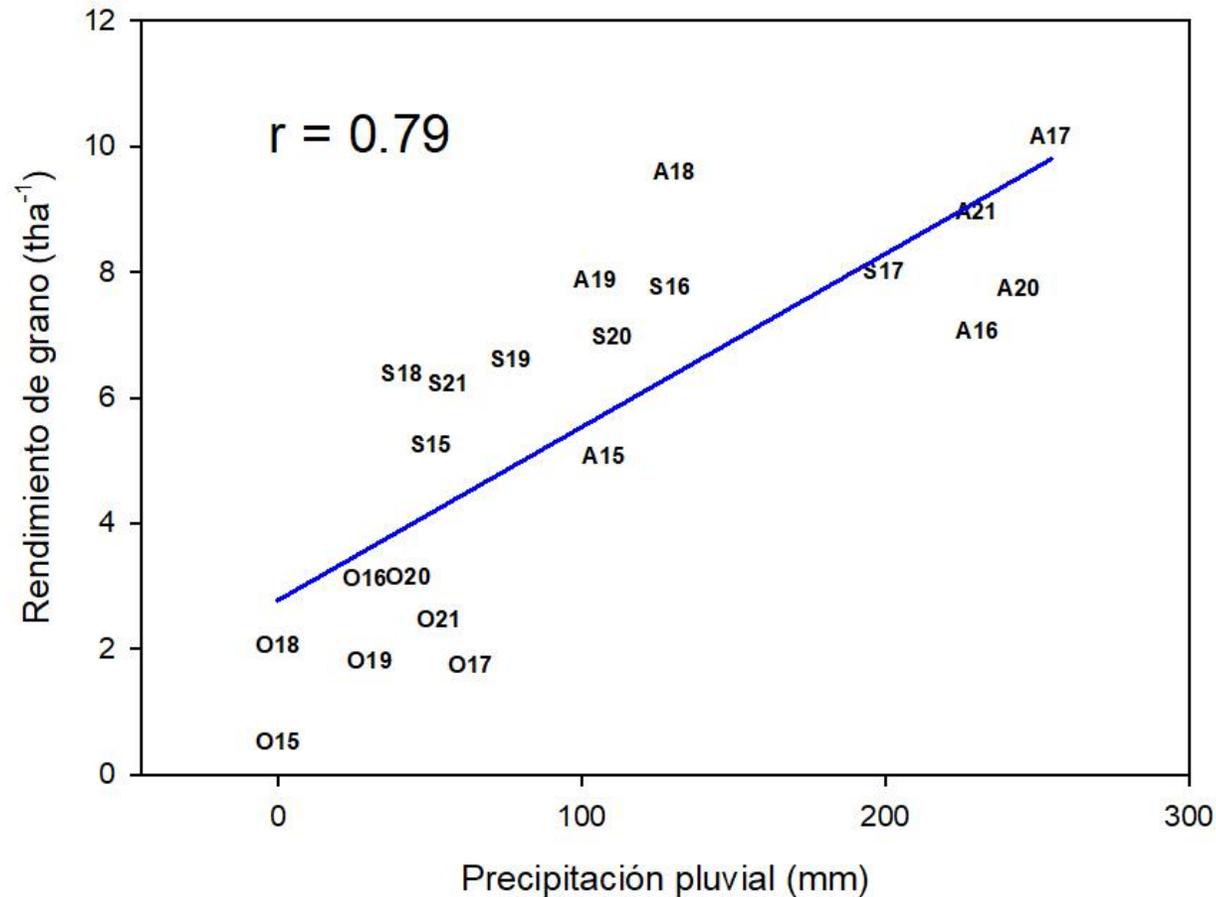
# Análisis de Componentes Principales de Variables climáticas en función a las fechas de siembra, 2015-2021



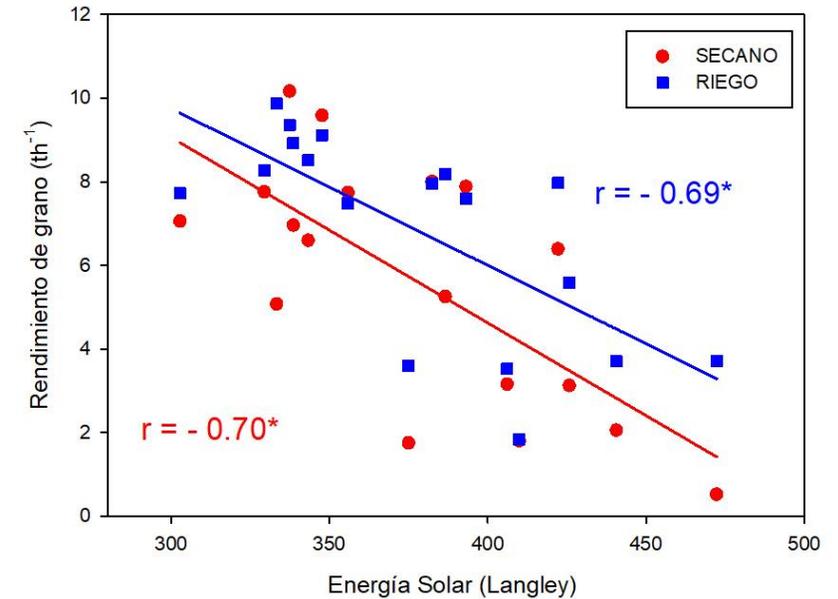
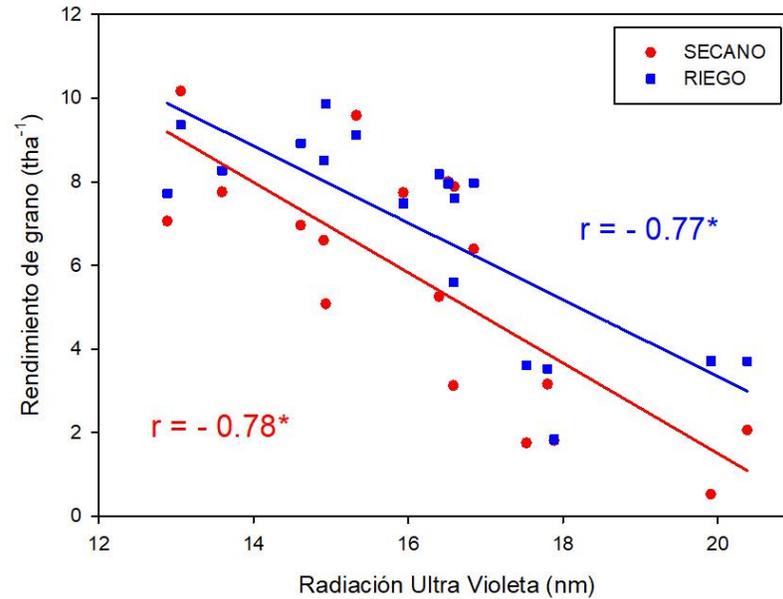
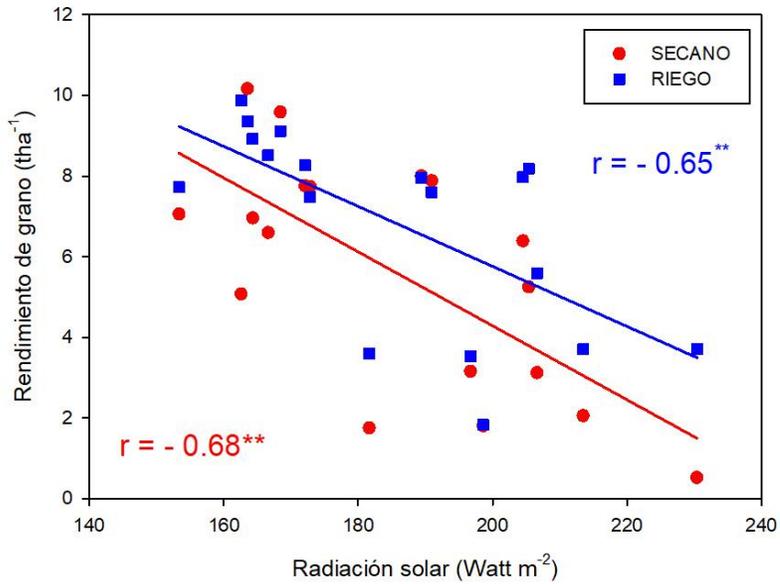
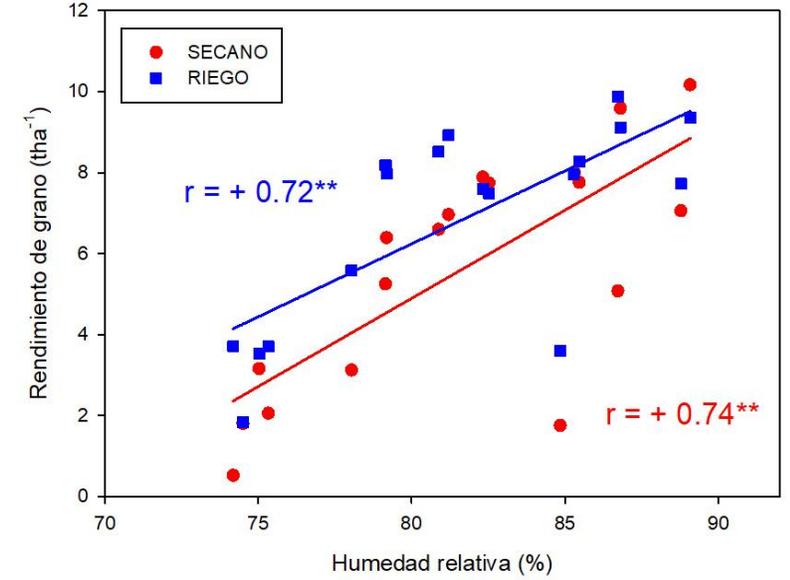
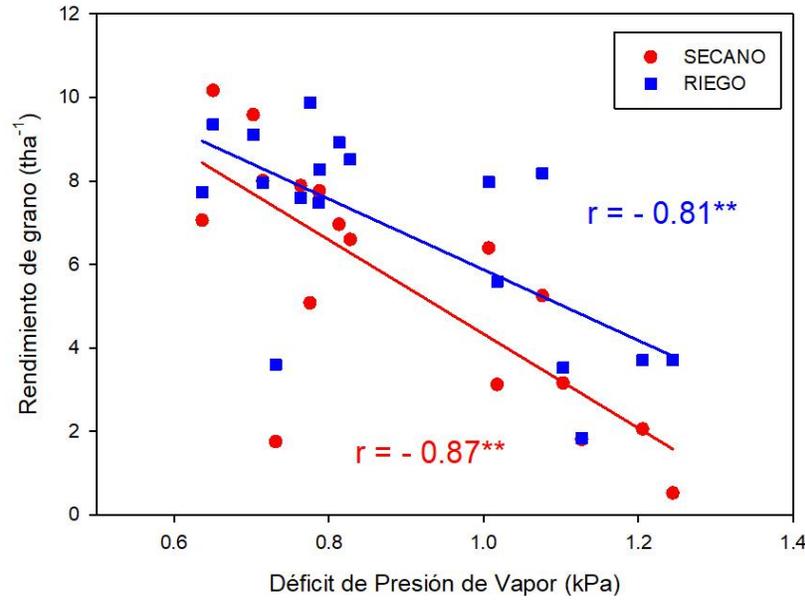
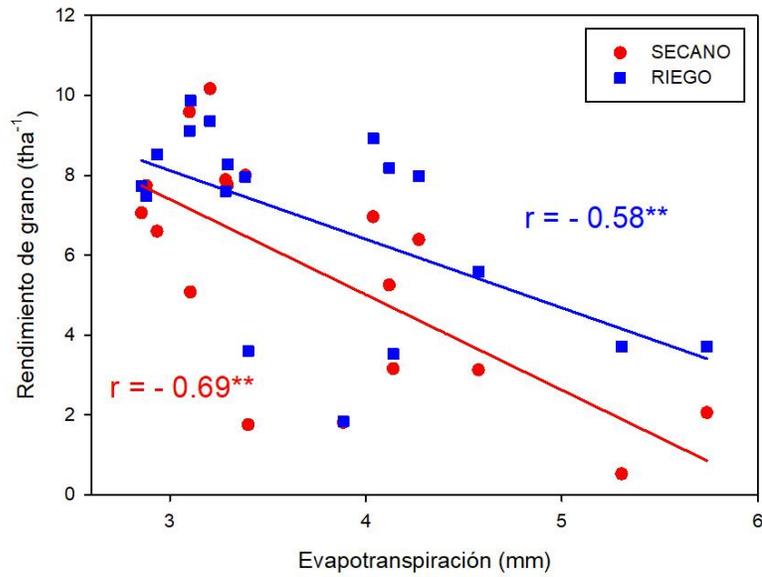
# Relación entre el rendimiento de grano y Precipitación pluvial en el sistema Secano

$R^2 = 0.63@$

51 a 100 dds



# Variables climáticas vs Rendimiento de grano 15 a 21



# Coeficiente de correlación de Pearson 15 a 20

## Rendimiento de grano según Sistema vs Variables climáticas

### Secano

Variables	51-80	81-100
Lluvia	<b>0.71</b>	0.59
Temperatura	-0.45	-0.39
Radiación	-0.43	<b>-0.71</b>
Energía Sol	-0.28	<b>-0.69</b>
HR	0.67	<b>0.77</b>
UV	-0.46	<b>-0.77</b>
ETO	-0.66	<b>-0.72</b>
VPD	-0.60	<b>-0.85</b>

### Riego

Variables	51-80	81-100
Lluvia	0.41	0.40
Temperatura	-0.36	-0.24
Radiación	-0.40	-0.56
Energía Sol	-0.32	-0.58
HR	0.66	<b>0.66</b>
UV	-0.45	<b>-0.69</b>
ETO	-0.52	-0.57
VPD	-0.45	<b>-0.71</b>



## Relación entre el rendimiento de grano en SECANO y RIEGO H Susceptible vs Variables climáticas de dos períodos 51 a 80 y 81 a 100 dds

Método: Stepwise

$$R^2 = 0.96 (0.006)$$

$$\text{Rend S} = 0.583 Ptm^2 + 0.024 Ppt_3 + 0.026 ESO_3 - 9.870 VPD_4$$

Pr > |t|                      0.06                      0.001                      0.006                      0.0001

$$R^2 = 0.93 (0.001)$$

$$\text{Rend R} = 0.155 HR_4 - 6.764 VPD_4$$

Pr > |t|                      0.001                      0.001

VAR<sub>3</sub> = 51 a 80 dds

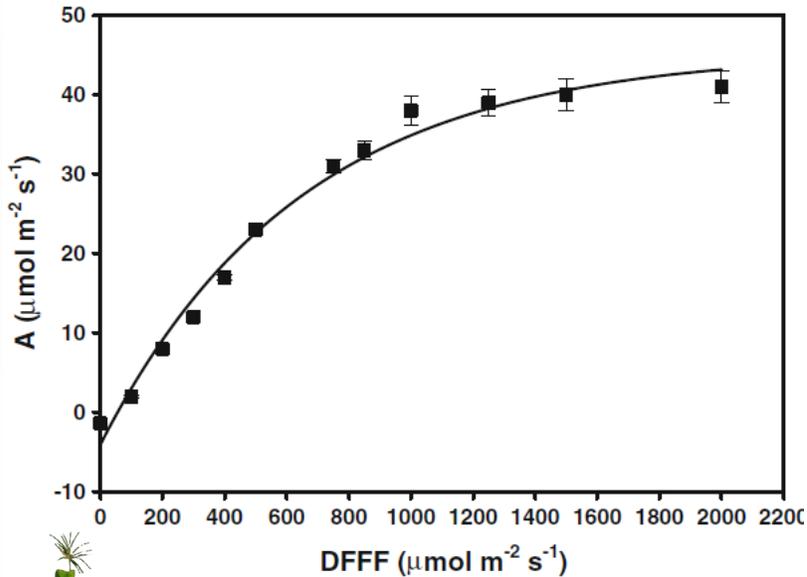
VAR<sub>4</sub> = 81 a 100 dds





# Foto inhibición

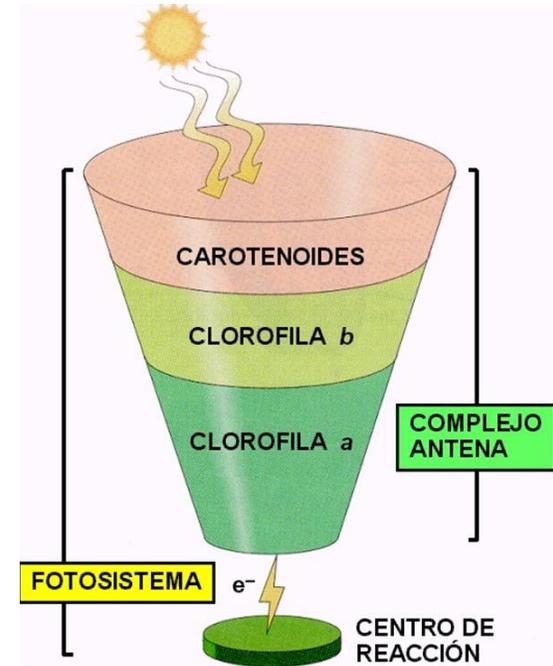
Es el daño foto oxidativo reversible o irreversible de los Fotosistemas debido al exceso de luz asociado o no con **estreses abióticos**. (Osmond et al., 1980)



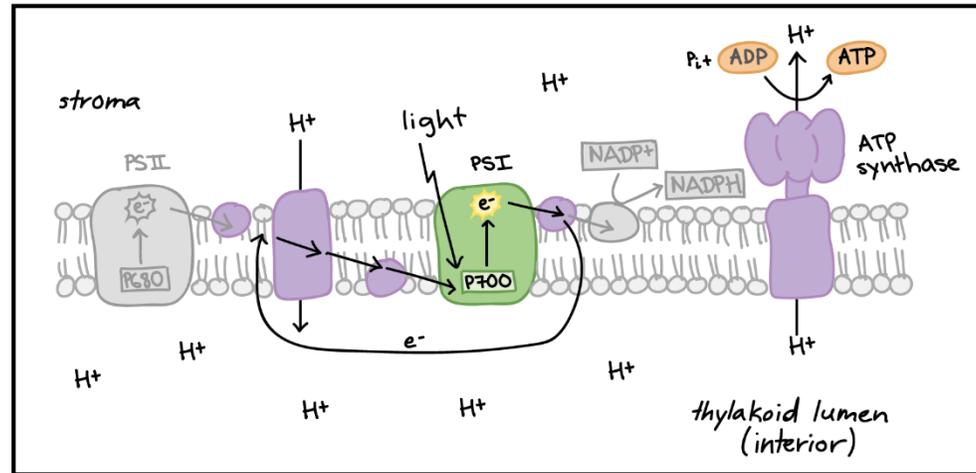
El **exceso de luz** en presencia de  $\text{O}_2$  (un oxidante fuerte) puede causar daño, particularmente al Fotosistema II (Pokorska et al., 2009).

**Máximo nivel de radiación UV-B** induce a la formación de ROS , acción sobre antenas colectoras, pigmentos, enzimas del ciclo de Calvin, foto inhibición

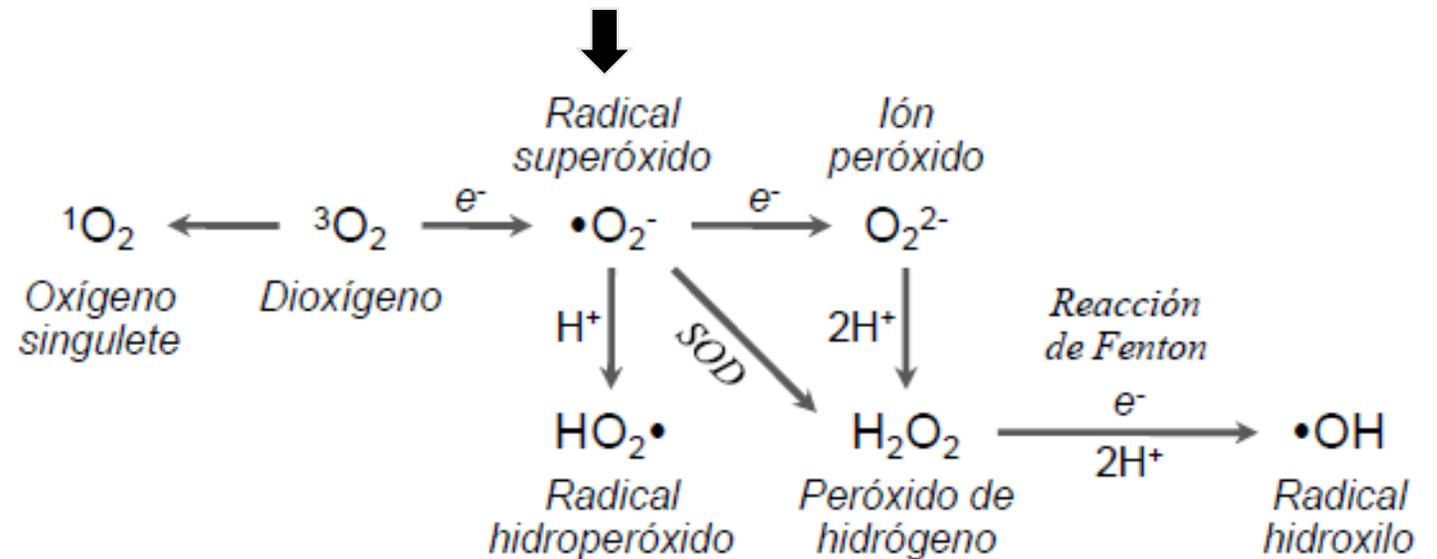
## EL COMPLEJO ANTENA



# Fosforilación Cíclica



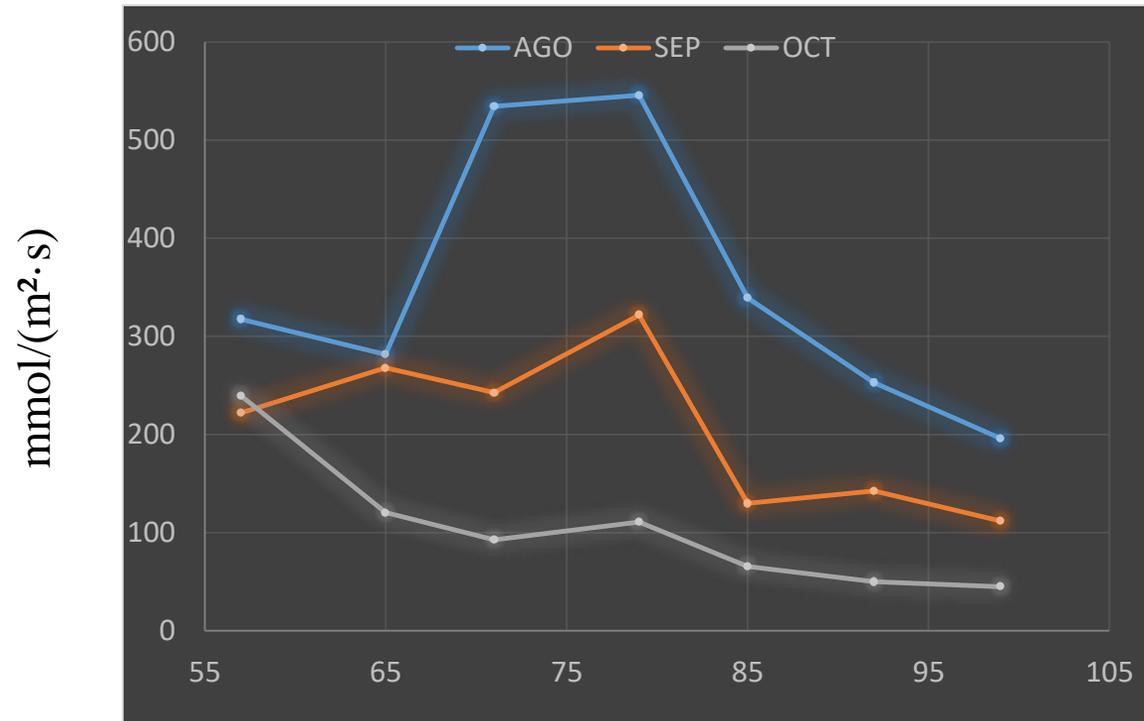
Especies reactivas de Oxígeno  
(ROS, Reactive Oxygen Species)



# Porómetro



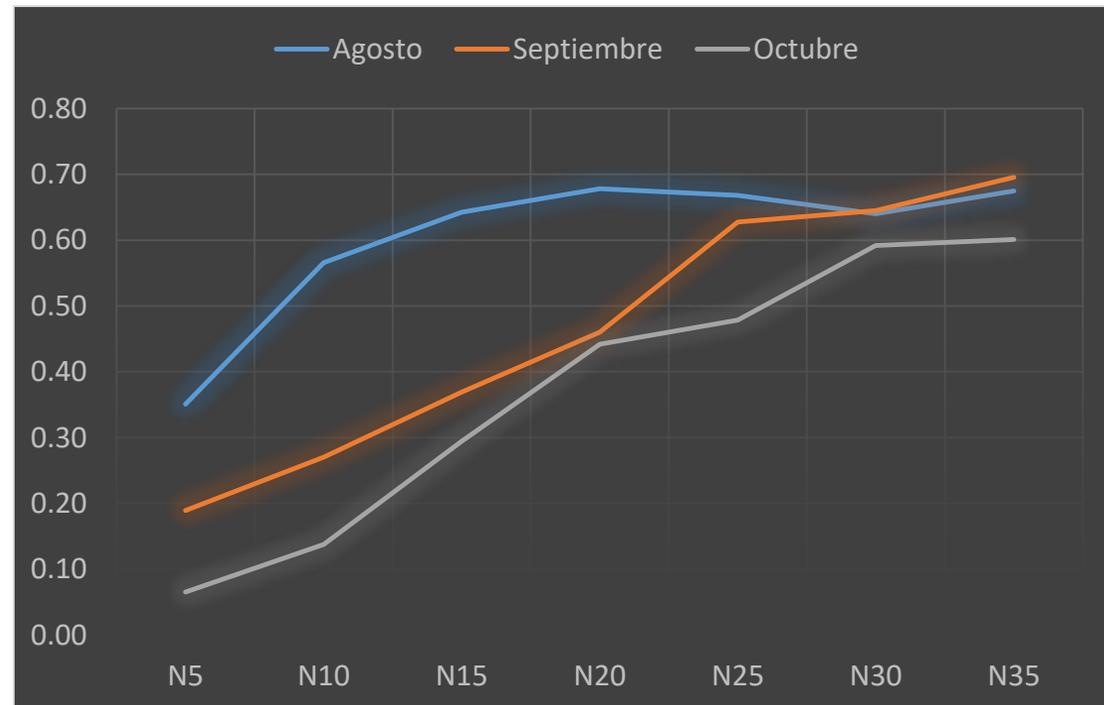
## Conductividad estomática



# Green Seeker



## NDVI



# Reflexión final

- El efecto del cambio climático es una realidad en este momento.
- Tenemos que entender cómo la variabilidad climática nos afecta.
- Se necesita tener herramientas con alta capacidad de análisis de datos para seguir investigando y realizando simulaciones para las investigaciones de Cambio Climático



# Gracias por su atención

<http://www.idiap.gob.pa/agricola/>

