

**“Adaptación de maíz y frijol al cambio climático en
Centroamérica y República Dominicana” (PRACCA)”**
Informe final¹



Mayo, 2014

¹ Este documento se sistematizó bajo la coordinación de Galileo Rivas (IICA) con la colaboración de Esteban López (IICA), Diego González (IICA), Álvaro Orellana (ICTA-Guatemala), Héctor Deras Flores (CENTA-El Salvador), Francisco Pavón (INTA-Nicaragua), Román Gordón (IDIAP-Panamá) y Julio Nin (IDIAF-República Dominicana).

“Adaptación de maíz y frijol al cambio climático en Centroamérica y República Dominicana” (PRACCA)”

1. Resumen ejecutivo

El proyecto “Adaptación de maíz y frijol al cambio climático en Centroamérica y República Dominicana” (PRACCA)”, planteó contribuir a la reducción de la pobreza en la región, a través de la investigación en la adaptación de maíz y frijol al cambio climático. Este accionar vinculó las redes de frijol y maíz del Sistema de Integración de Tecnología Agrícola (SICTA). En su desarrollo estableció cinco componentes: i) Identificación y registro del germoplasma de maíz y frijol con características de alta productividad, adaptabilidad al cambio climático; ii) Evaluación participativa en comunidades pilotos en los países; iii) Seguimiento y análisis de información climática; iv) Identificación de factores que orienten la investigación en maíz y frijol; v) Divulgación de información generada. Se caracterizaron 12 localidades con vulnerabilidad al cambio climático en términos de sequía. A través del proyecto se identificaron 10 líneas de frijol con características potenciales a estrés hídrico. Se disponen de ensayos de frijol ERSAT caracterizados molecularmente con tolerancia humedad limitada. Como resultado del proyecto se cuenta con 453.5 kilos de semilla de frijol de líneas promisorias para su difusión en la región con características de tolerancia a humedad limitada, en proceso de liberación en algunos países. Para el 2014 se dispone de 408.15 kilos de semilla de maíz de sintéticos promisorios para validación en campo de agricultores.

PRACCA diseñó una estrategia regional de investigación en maíz y frijol, articulada con IICA, INIAs y las redes de maíz y frijol; este proceso busca disponer de un modelo coordinado y eficiente de innovación e investigación que cumpla una función integradora con otras instituciones vinculadas al cambio climático y que sirva de espacio de interacción y de gestión de cooperación para atender las necesidades y demandas de productores en incorporar conocimientos tecnológicos para la optimización y adaptación al cambio climático de los cultivos.

El objetivo de la Estrategia Regional para la Investigación y Adaptación de Frijol y Maíz dentro de Escenarios de Cambio Climático (2013-2020) es proporcionar un marco estratégico regional (Centroamérica y República Dominicana), que oriente y promueva acciones integrales de investigación, innovación en los cultivos de frijol y maíz dentro de escenarios de cambio climático a futuro, con miras a promover la adaptación y de los sistemas de producción ante los efectos producidos por dichos escenarios. Se consideran de manera paralela las prioridades regionales en materia de reducción de riesgos climático y las necesidades de los productores de las poblaciones rurales más vulnerables.

2. Resultados obtenidos y su interpretación

Componente 1- Identificación de germoplasma de maíz y frijol con características de alta productividad, resistencia y adaptabilidad al cambio climático.

El componente 1, consistió en identificar y registrar germoplasma de maíz y frijol con características de alta productividad, resistencia y adaptabilidad al cambio climático. En este componente, los investigadores de las redes temáticas regionales de maíz y frijol, establecidas por el SICTA, identificaron y evaluaron genotipos de frijol y maíz tolerantes a sequía y a altas temperaturas, los cuales fueron multiplicados y utilizados para establecer ensayos. En el caso de frijol, se establecieron ensayos regionales con énfasis en sequía y altas temperaturas, los cuales fueron evaluados por cada uno de los países participantes del proyecto. Un logro importante fue el intercambio de experiencias y metodologías entre investigadores de las redes de maíz y frijol de los países, así como con las instituciones de investigación de Corea, país que posee experiencia en estos cultivos y que proporcionó recursos para la ejecución del proyecto.

El encuentro, permitió a los investigadores de los INIAS de la región, conocer el proceso de innovación tecnológica en maíz y frijol que lleva a cabo la RDA en Corea, así como las tecnologías generadas por ellos; especialmente aquellas dirigidas a promover la adaptación de los cultivos al cambio climático y las orientadas a apoyar la nutrición familiar como parte de la seguridad alimentaria.

Los miembros de las Redes participaron de visitas a centros de investigación en maíz y frijol para intercambiar conocimientos en campo, en estaciones experimentales y fincas de pequeños productores; todo ellos con el fin de conocer procesos y prácticas locales que pueden considerarse de adaptación y adopción en el desarrollo tecnológico del maíz y frijol en Centroamérica.

Dentro de la visita se revisaron opciones de cooperación Centroamérica-Corea, como parte de un proceso que busca llevar a la firma de un acuerdo de cooperación técnica con la RDA, para consolidar el interés de las partes por promover el intercambio de tecnologías y conocimientos entre ambas regiones; todo ello con el fin de contar con mayores capacidades para el desarrollo y gestión de innovaciones tecnológicas que mejoren la calidad de vida de pequeños productores.

Los cuadros 1, 2 y 3, muestran las principales características de 10 materiales evaluados en El Salvador. Para la variable porcentaje de mala cobertura de mazorca la media general fue 8.6%, presentando diferencia estadística entre los sintéticos. El mayor porcentaje fue para S06TLWQ-SEQLN-AB con 10.4%. Dicho porcentaje es ligeramente superior al máximo permitido. Contrariamente el menor porcentaje menor correspondió a S06TLWQ-AB2 con

6.2%. En general se puede afirmar que los porcentajes de mala cobertura de los germoplasmas se consideran aceptables. Es importante mencionar que los agricultores correlacionan positivamente esta variable con el porcentaje de mazorcas podridas.

En el caso del porcentaje de pudrición de mazorcas, el análisis de varianza reportó diferencia estadística entre los sintéticos, correspondiendo el mayor porcentaje al testigo Centa Pasaquina con 4.8% y el menor porcentaje fue para S06TL WQ-AB2 con 1.3%. La media general fue 2.64%; en general se pueden afirmar que los porcentajes obtenidos se consideran aceptables, resaltando que durante la época de maduración a secado de grano la disminución de las lluvias fue sensible, favoreciendo que estos porcentaje fueran bajos.

Para la variable aspecto de mazorca en el que se evalúa potencial de rendimiento, sanidad, uniformidad y tipo de grano, todos los sintéticos mostraron comportamiento similar y aceptable.

En cuanto a la reacción a enfermedades únicamente se evaluó en Yayantique debido a que en Conchagua, excesivos vientos maduraron prematuramente el follaje impidiendo la evaluación. En general todos los sintéticos tuvieron baja incidencia de enfermedades foliares influenciados por la época en que se instalaron los ensayos.

Con los resultados obtenidos con los sintéticos blancos se identificó un material experimental como promisorios ya superó la media general y a los testigos.

Durante la época de elote y al momento de la cosecha se evaluó los materiales por parte de técnicos y agricultores de las localidades, desafortunadamente solo se contó con cinco personas en Conchagua y siete en Yayantique. Coincidentemente en ambas localidades los dos materiales mejor evaluados fueron: S099TLW-BN-SEQ-1 y Centa Pasaquina.

Cuadro 1. Principales características agronómicas de diez materiales de maíz blancos evaluados en dos localidades de El Salvador. 2012.

Código	Rendimiento t ha ⁻¹	qq/mz	% MALA COBERTURA DE MAZORCAS	% MAZORCAS PODRIDAS	ASPECTO DE MAZORCA *	ENFERMEDADES *
					MZ (1-5)	(1-5)
S099TLW-BN-SEQ-1	6.75	104	8.4	1.9	2.8	2.4
S06TLWQ-SEQLN-AB	6.16	94.9	10.4	1.6	2.8	2.6
SANTA ROSA	6.05	93.2	9.8	3.6	2.6	2.8
CENTA PASAQUINA	6.04	93	7.7	4.8	2.7	2.8
S07TLW-AB	5.65	87.1	7.9	3.6	2.8	2.6
S03TLW SEQ	5.45	83.9	9	2	2.6	2.4
S06TL WQ-AB2	5.37	82.7	6.2	1.3	2.6	2.2
S03TLW 3B	5.05	77.8	6.6	2.6	2.5	2.4
S05TLWQSEQLNAB	4.76	73.4	10.4	2.6	2.5	2.5
S03TL WQ AB-05	4.62	71.2	9.7	2.2	2.7	2.3
X	5.6	86.2	8.6	2.6	2.6	2.45
Coefficiente Variación (%)	24				12.5	11.02
Significancia	ns				ns	ns

*Escala de 1 a 5. 1 = Tolerante o ausencia de enfermedad. 5 = Altamente susceptible

Cuadro 2. Características agronómicas de 10 variedades de maíz blanco en dos localidades de El Salvador. 2012

Variedad	Rend (t ha ⁻¹)	Rend (qq/mz)	Altura planta (cm)	Altura mazorca (cm)	Aspecto de planta. (1-5)	No. Mazorcas Cosechadas
S099TLW-BN-SEQ-1	6.75	104.05	249.8	142.5	2.7	46
S06TLWQ-SEQLN-AB	6.17	94.97	239.0	124.2	2.8	39
SANTA ROSA	6.05	93.23	251.2	136.7	2.7	38
CENTA PASAQUINA	6.04	93.04	242.7	130.0	2.6	35
S07TLW-AB	5.65	87.10	242.8	129.2	2.8	36
S03TLW SEQ	5.45	84.40	247.0	132.4	2.7	31
S06TL WQ-AB2	5.37	83.96	244.7	133.3	2.8	33
S03TLW 3B	5.06	77.88	243.0	129.2	2.7	30
S05TLWQSEQLNAB	4.77	73.40	252.7	136.7	2.8	27
S03TL WQ AB-05	4.62	71.17	246.2	131.7	2.9	29
X	5.6	86.32	245.90	132.58	2.74	34.6
CV (%)	24.6		4.8	7.7	2.7N	24.8
Significancia	ns		ns	ns	ns	*

En el caso de frijol, en Guatemala, los rendimientos de los materiales, fueron afectados por la falta de agua en el ciclo del cultivo, donde se apreció que más del 80% de las plantas no tuvieron vainas. Los rendimientos de las líneas estuvieron en un rango de 406.25 a 1208.75 kilogramos por hectárea, sobresaliendo la entrada SEN 48 y SEN 52, seguidamente la variedad ICTA ZAM con el mayor rendimiento (1208, 1132 y 987 Kg/ha). Las líneas y/o variedades fueron tolerantes para mosaico dorado con lecturas de 3 y 4 mientras que la variedad ICTA Ligero con la lectura más baja de 2 (escala de CIAT DE 1 A 9).

En Nicaragua se desarrollaron una serie de evaluaciones de materiales de frijol (Cuadro 3); de estas se logró liberar los materiales INTA SEQUIA PRECOZ e INTA NEGRO SUREÑO.

INTA sequía precoz, es tolerante a bajas precipitaciones y altas temperaturas. Posee buen porte de planta (arbustivo). En condiciones de sequía profundiza sus raíces en busca de agua. Muestra resistencia y tolerancia a principales enfermedades de importancia económicas. Posee buena color forma y tamaño de grano pequeño (24 g/100s), rojo brillante y es aceptable por productores, consumidores y comerciantes. Su aceptación culinaria por su menor tiempo de cocción (< 70 minutos) y suavidad de la testa del grano, buen aspecto para el gallo pinto por cuanto el grano no se rompe con la cocción.

INTA negro sureño, es una variedad precoz y se adapta bien a las condiciones cambiantes del cambio climático en donde la sequía o el exceso de agua en determinados momentos pueden afectar al cultivo en forma irreversible. Los trabajos de las validaciones en fincas de

agricultores han demostrado que tienen buenas características y buen tamaño de grano que es altamente apreciado por los agricultores que han tenido variedades de grano muy pequeño y que les perjudica en su comercialización. Posee buenas características sensoriales similares al testigo en tiempo de cocción (80 min), color y sabor del caldo y tiene testa más delgada. La variedad, muestra resistencia a enfermedades como mosaico común (I), mosaico dorado (bgm-1), mancha angular y antracnosis.

Cuadro 3. Materiales, resultados y conclusiones de la evaluación en frijol. Nicaragua.

Materiales	Resultados	Conclusiones
VIDAC (vivero de adaptación centroamericano) Rojo, compuesto por 75 líneas de frijol rojo	Se seleccionaron las líneas promisorias RS907-4, RS 907-11, BCR 122-17	Se incrementan las mejores líneas para ensayos de rendimiento.
VIDAC (vivero de adaptación centroamericano) Negro, compuesto por 65 entradas (líneas)	Se seleccionaron las líneas: BSN 111 R-18, MEN 934-30 y MEN 934-10	Se incrementan las mejores líneas para ensayos de rendimiento.
ECAR (ensayos centroamericano de adaptación y rendimiento) Rojo, ensayo de rendimiento con 16 tratamientos y tres repeticiones	Se seleccionaron las líneas: RS 907-31, SRS 2-3-23 y RS 907- 28	Las líneas seleccionadas entran en ensayos regionales de adaptación y rendimiento.
ECAR (ensayos centroamericano de adaptación y rendimiento) Negro, ensayo de rendimiento con 16 tratamientos y tres repeticiones	Se seleccionaron las líneas: BIOF 470, X 02-33-159-1 y SEN 96.	Las líneas seleccionadas entran en ensayos regionales de adaptación y rendimiento.
ENAR Negro, (ensayo nacional de adaptación y rendimiento) ensayo de rendimiento con 16 tratamientos y tres repeticiones	Se seleccionaron las líneas: X 02-33-159-1, CR 642-3 y BIOF 470, CR 642-5, CR 342-3	Las líneas seleccionadas entran en ensayos regionales de adaptación y rendimiento.

ENAR Rojo, (ensayo nacional de adaptación y rendimiento) ensayo de rendimiento con 16 tratamientos y tres repeticiones	INTA Centro Sur, INTA Fuerte Sequía, INTA Rojo y Seda Mejorado.	Las líneas seleccionadas entran en ensayos regionales de adaptación y rendimiento.
ERSAT Rojo, ensayo 16 tratamiento con cuatro repeticiones	INTA Rojo, INTA Fuerte Sequía, MHR 311-17	Son las líneas seleccionadas para alta temperatura y sequía.
ERSAT Negro, ensayo 16 tratamiento con cuatro repeticiones	X 02-33-159-1, AIFI Wurity y SEN 46.	Son las líneas seleccionadas para alta temperatura y sequía.

En Panamá, en la región de Azuero el comportamiento de las lluvias en la siembra de El Ejido difirió con la distribución ocurrida en la siembra de La Colorada. En los primeros treinta días la lluvia en La Colorada superó en más de 200 a la captada en El Ejido. En la etapa de 31 a 50 días se observó la misma relación de superioridad, pero la disponibilidad de agua no fue limitante para el cultivo (más de 140 mm) en ambas localidades. En el segundo período del cultivo (50 días después de siembra en adelante), la precipitación acumulada entre los 50 a 80 días fue superior en El Ejido y similar entre los 80 a 100 días después de la siembra.

De acuerdo al análisis de varianza el ambiente y los híbridos capturaron el 7.8 y 22.5 % de la suma de cuadrados total del experimento, respectivamente; por otro lado la interacción variedad por localidad representó el 34.0% de la variabilidad total. Esto indica que la mayor variabilidad se debió a las diferencias entre variedades más que a la diferencia entre localidades, siendo la interacción muy significativa en este experimento. Se presentaron diferencias estadísticas entre localidades para las variables días a floración, altura de planta y mazorca, peso de mazorca, % de plantas acamadas, calificación de enfermedades foliares y posición relativa de la mazorca, el resto de las variables no difirió estadísticamente entre sí. En relación a la diferencia entre variedades el análisis mostró diferencia estadística para rendimiento de grano, plantas y mazorcas cosechadas, plantas acamadas, el resto de las variables no presentó diferencias estadísticas. El Cuadro 4 presenta el rendimiento de grano y algunas de las variables medidas por localidad para todas las variedades así como al testigo nacional y regional. También se presentan los valores de repetitividad de las variables analizadas. El rendimiento promedio a través de las siembras fue de 4.40 tha^{-1} ,

siendo similar en ambas localidades con medias de 4.21 y 4.58 tha^{-1} , para las localidades de El Ejido y La Colorada, respectivamente.

Cuadro 4. Análisis estadístico, repetitividad, rendimiento y otras características de 9 variedades de maíz grano blanco. Azuero, Panamá. 2012

Variedad	FF	Alpt	Pomz	Ptm ²	Mzm ²	Pmz	Pod	Aca	Enf	Asmz	Cob	Rend	Rend Ejido	Rend Colorada
1 S06TLWQ-SEQLN-AB	56	185	0.52	5.08	5.69	85	2.0	19.9	2.2	3.1	2.0	4.94	4.07	5.58
2 S06TLWQ-AB-2	56	191	0.53	4.71	4.92	97	3.1	6.4	2.1	2.9	3.1	4.82	4.34	5.15
3 IMQ-09	56	194	0.48	5.65	5.30	91	6.7	15.0	1.8	3.2	6.7	4.69	4.75	4.74
4 S06TLWQ-AB-05	56	191	0.54	4.32	4.38	103	5.4	13.3	2.1	3.2	5.4	4.57	4.67	4.26
5 S03TLW-SEQ	57	181	0.51	4.62	4.48	101	4.6	13.9	2.3	3.0	4.6	4.46	4.02	4.94
6 S03TLWQ-3B	57	184	0.54	4.53	4.50	99	3.9	14.4	2.1	3.0	3.9	4.34	4.04	4.74
7 S99TLW-BN-SEQ-1	57	198	0.51	4.63	5.01	86	4.9	13.5	2.3	3.2	4.9	4.33	4.88	3.65
8 S07TLW-AB	56	190	0.51	4.29	4.22	92	3.5	8.5	2.0	3.2	3.5	3.88	3.82	4.18
9 S05TLWQSEQLNAB	57	189	0.51	4.44	4.17	87	1.7	16.4	2.3	3.1	1.7	3.56	3.28	3.97
Promedio	56	189	0.52	4.70	4.74	94	4.0	13.5	2.1	3.1	4.0	4.40	4.21	4.58
DMS 5%	1	11	0.04	0.71	0.78	11	2.8	11.7	0.5	0.4	2.8	0.99		
S ² Var	0.24	0.0	0.000	0.12	0.18	28.4	1.4	0.0	0.002	0.80	1.43	0.04	0.03	0.00
S ² loc	1.44	156.4	0.000	0.10	0.15	183.9	0.6	112.8	0.240	0.01	0.62	0.03	0.07	0.08
S ² Loc x Var	0.00	5.6	0.000	0.07	0.10	0.0	0.3	23.8	0.029	0.02	0.28	0.15	0.13	0.25
S ² Res	0.66	72.2	0.001	0.15	0.14	81.9	4.9	26.0	0.062	0.06	4.93	0.24	0.39	0.18
Repetitividad	0.69	0.00	0.39	0.66	0.72	0.68	0.60	0.00	0.07	0.98	0.60	0.25	0.50	0.81

FF= Floración femenina, Alpt = Altura de planta, Ptm² = Plantas por metro cuadrado, Mzm² = Mazorcas por metro cuadrado, PMz = Peso de mazorcas, Rend = Rendimiento de grano, Pod = % mazorcas podridas, Aca = % plantas acamadas, Enf = Bipolaris maydis, Aspt = Aspecto de planta, Pomz = relación altura de mazorca y altura de planta, Cob = % de mazorcas con mala cobertura

Las variedades que sobresalieron en este grupo de cultivares fue S06TLWQ-SEQLN-AB, S06TLWQ-AB-2 e IDIAP-MQ-09 con rendimientos promedio de 4.94, 4.82 y 4.69 tha^{-1} , rendimientos entre los más altos en ambas localidades. Otras variedad con buen desempeño fue el sintético S06TLWQ-AB-05 con rendimiento promedio de 4.57 tha^{-1} . El testigo local (IDIAP-MQ-09) presentó una producción promedio entre las mejores variedades evaluadas en este experimento en las dos localidades del experimento. El porcentaje de plantas acamadas en la localidad de El Ejido superó significativamente al observado en La Colorada (21.2 vs 5.9%). La variedad S06-TLWQ-AB-2 presentó los porcentajes más bajos, lo que sugiere un buen comportamiento agronómico de la misma. En relación al peso de las mazorcas, los pesos más altos se encontraron en La Colorada sobresaliendo nuevamente el S06-TLWQ-AB-2 como el cultivar con menos variación en las dos localidades. La población de plantas al momento de la cosecha fue superior en la localidad de El Ejido, lo que sugiere que este mayor número de plantas compensó el peso de las mazorcas, de tal manera que se obtuvieran rendimientos similares en ambas localidades (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rendimiento promedio y otras características agronómicas de 12 variedades de maíz. Azuero, Panamá. 2012

		Planta/ m ²		Peso Maz (g)		Altura	Planta (cm)		Acame	Tallo (%)
Híbridos		Ejido	Guararé	Ejido	Guararé	Ejido	Guararé	Ejido	Guararé	Guararé
1	S06TLWQ-SEQLN-AB	5.21	4.95	72	99	158	203	34.9	5.2	
2	S06TLWQ-AB-2	4.66	4.70	86	109	182	200	8.4	4.9	
3	IMQ-09	6.42	4.87	80	102	180	208	24.7	6.3	
4	S06TLWQ-AB-05	4.53	4.05	98	105	182	200	21.6	5.5	
5	S03TLW-SEQ	4.84	4.31	86	117	178	183	26.6	0.0	
6	S03TLWQ-3B	4.58	4.49	88	112	180	190	24.1	6.2	
7	S99TLW-BN-SEQ-1	5.09	4.22	83	88	198	204	12.4	13.3	
8	S07TLW-AB	4.32	4.27	85	100	183	197	12.8	1.6	
9	S05TLWQSEQLNAB	4.69	4.27	78	98	175	203	24.7	10.0	
PROMEDIO		4.93	4.46	84	103	180	199	21.2	5.9	

Síntesis del componente 1

- Se han recolectado, multiplicado, distribuido y evaluado 32 líneas de frijol (rojo y negro) y 22 líneas de maíz (blanco y amarillo) con características de tolerancia a estrés hídrico.
- En el estudio de maíz, existe disponibilidad de tres materiales sintéticos promisorios seleccionados, dos de grano amarillo y uno de grano blanco, para su validación en el ámbito regional. Se han registrado dos materiales (grano amarillo) y uno blanco (QPM), y se han desarrollado metodologías de análisis histórico de lluvias y predicción de siembras (IDIAP-Panamá).
- En el estudio de frijol, se han identificado y evaluado 20 genotipos tolerantes a la sequía, y más de diez líneas promisorias están identificadas. Además, han sido liberadas cuatro líneas de frijol, diez líneas mejoradas caracterizadas molecularmente, cien líneas avanzadas con tolerancia a la sequía, y se ha facilitado la semilla básica (20 qq por país)

Componente 2- Evaluación participativa en comunidades piloto en los países de la región.

El componente 2, focalizó su acción en evaluaciones participativas dentro de las comunidades pilotos de la región. Las redes de maíz y frijol identificaron cinco áreas piloto por país que presentaban una mayor vulnerabilidad a la sequía. Mediante criterios e indicadores de germoplasma superior, iniciaron un proceso de evaluación de este material en las comunidades seleccionadas en cada país con la participación de productores. Este proceso permitió la caracterización mediante marcadores del germoplasma promisorio desde el punto de vista agronómico, sensorial y molecular y la distribución y multiplicación de semillas de materiales promisorios a los INIA para la siembra de parcelas de validación en las comunidades.

En República Dominicana, fueron visitadas tres zonas para la identificación de las comunidades piloto: 1) Guayabal, sección la Jagua en la zona norte de San Juan de la Maguana, área donde la siembra de frijol se realiza en primavera y en el otoño. Se realizó contacto con la Asociación de productores José Joaquín Puello Inc. También en San Juan se tomó en cuenta la Estación Experimental Arroyo Loro en donde a los ensayos se le suspendió el riego a inicio de prefloración. La otra zona fue la provincia Independencia en el municipio de la Descubierta y la Sección Puerto Escondido, las cuales son zonas de baja pluviometría. En las giras de evaluación participativas de los productores y técnicos en San Juan se les presentaron los ensayos ERSAT negro, VIDAC negro y el ensayo de rendimiento con 12 genotipos negro en la cual se hicieron evaluaciones de arquitectura, carga, tolerancia a enfermedades y tolerancia a la sequía, seleccionando estas líneas SEN-48, SEQ-342-89, AIFI WRITE, SMN-16, SEQ-342-29 y SMN-18, resultando con una mayor valoración las líneas SEN-48 y SMN-16. Igual metodología se utilizó en la Descubierta y en Puerto Escondido en la cual fueron seleccionadas las líneas SEN-48, AIFI WRITE, SEQ-342-89 y MEN-2207-1, SEN 52 y SMN-18, RD-209149 AX, POR arquitectura y carga o número de vainas por planta y precocidad. En una segunda etapa fueron seleccionadas SEN-48, SEN-52 y SEQ-342-8. Se realizaron tres giras participativas con 133 productores, productoras y técnicos. Se cuenta con 345 kilogramos de semilla de las líneas seleccionadas.

Componente 3-Seguimiento y análisis de información climática.

El componente 3, se centró en el seguimiento y análisis de información climática. Las redes de frijol y maíz del SICTA obtuvieron información climática sobre precipitación, temperatura y evapotranspiración de las áreas de interés y esta fue correlacionada para verificar el desempeño de los materiales genéticos promisorios y el desarrollo de estrategias de manejo de riesgos. Las principales fuentes de información climática se obtuvieron de la instalación de pluviómetros y sensores en las comunidades, información del sistema FEWS-NET y de las instituciones meteorológicas en cada país.

Panamá

En Panamá, durante el 2012-13 se exploró el potencial de futuros cambios en el rendimiento que se resume en una fuerte respuesta a las proyecciones de un pequeño número de indicadores clave sobre el cambio climático. Se consideró información de la zona de la Península de Azuero, región donde se concentra la producción de maíz. Estudios recientes han demostrado la utilidad de visualizar los impactos del clima en superficies de respuesta, basadas en los cambios proyectados en la temperatura y las precipitaciones en una amplia gama de condiciones climáticas posibles para permitir una rápida evaluación de las principales sensibilidades.

Los escenarios (B1) de emisiones relativamente altas (A2) y bajos mostraron poca

diferencia en su impacto sobre el rendimiento futuro del maíz hasta el final del siglo. Las incertidumbres relacionadas con la sensibilidad de CERES -Maize a las concentraciones de dióxido de carbono tienen una influencia considerable en los cambios proyectados, y siguen siendo un obstáculo importante para la evaluación de impactos del cambio climático.

Las proyecciones de rendimiento de Panamá bajo condiciones de cambio climático indican un modesto incremento en la producción durante el próximo siglo. Si bien el desarrollo del cultivo acelerado es la causa fundamental de las pérdidas de rendimiento en gran parte del mundo, el desarrollo acelerado de maíz en Panamá ayuda a que el período completo del llenado del grano; antes de que las peores tensiones de agua se produzcan, impliquen un aumento neto en el rendimiento.

Análisis de lluvia en la región de Azuero. Se realizó un análisis para caracterizar la precipitación pluvial de la región de Azuero, tomando los registros de lluvia de ocho pluviómetros ubicados a lo largo de la zona maicera. Los mismos estaban localizados en los distritos de Pedasí (1), Pocrí (1), Las Tablas (2), Guararé (2), Los Santos (1) y Parita (1). El estudio comprendió el período que va de 1995 hasta 2013. Los pluviómetros de El Regadío en Guararé, Tablas Abajo, Las Cocobolas (ambos en Las Tablas) y Pedasí tuvieron registros los 19 años del estudio (registros llevados por ANAM). Los pluviómetros de Ciénaga Larga en Guararé y el de Pocrí tuvieron registros de 18 años (1996-2013); mientras que los de El Ejido con 14 años (2000-2013) y París de Parita con 12 años (2002-2013) son las localidades con menos datos (registros llevados por colaboradores del IDIAP, con excepción del de Pocrí). Se estimó el promedio mensual por año y promedio general de la región. Para determinar si la lluvia registrada en cada mes se considera por debajo o por encima del promedio se calculó el límite de confianza al 20%. El límite para considerar un mes promedio o normal correspondió a más o menos el 10 % de la lluvia promedio de ese mes.

El mes con el mayor promedio de lluvia fue octubre (212 mm), mientras que en marzo no se registró lluvia durante el período en estudio. Los meses con mayor variación en este período fueron noviembre y agosto con valores de desviación estándar de 68.0 mm. La tendencia general de la distribución de lluvias en Azuero, indicó que las mismas se inician al final del mes de abril, luego la lluvia se va incrementando en los meses subsiguientes, con una ligera disminución en septiembre y un decrecimiento a partir del mes de noviembre. El mes de diciembre presenta una baja precipitación (67 mm), la cual se produce en los primeros días del mes (Figura 1).

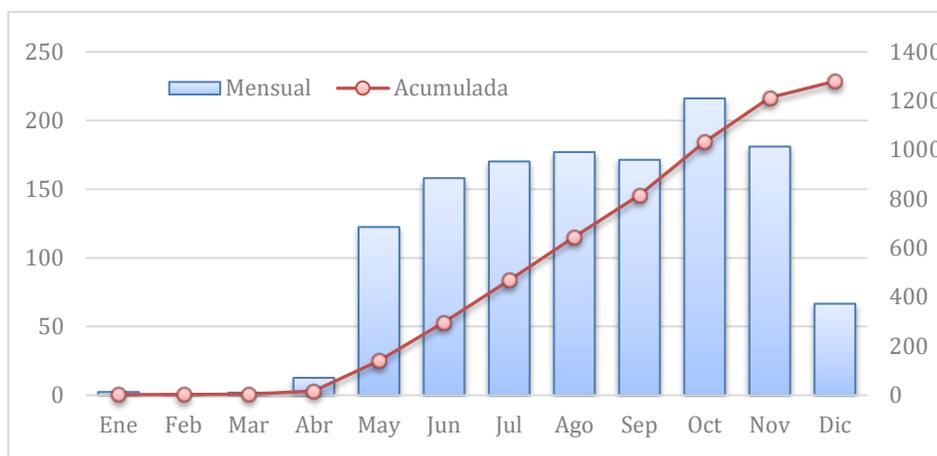


Figura 1. Lámina de agua por mes y acumulada en la Región de Azuero de 1995 a 2013.

En el Cuadro 3 se presentan los registros de lluvia promedio por año de los 8 pluviómetros, así como el promedio general del período 1995-2013. Los registros de lluvia mostraron variaciones significativas en la distribución entre años. Los años 1995, 1997, 1998, 2001, 2002, 2006, 2009, 2011, 2012 y 2013 son considerados años con una precipitación acumulada por debajo del promedio del período evaluado; el déficit con relación al promedio fueron de 31, 41, 13, 6, 15, 11, 6, 10, 13 y 1%, respectivamente. Por el contrario, los años 1996, 1999, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008 y 2010 son considerados con registros por encima del promedio en 6, 38, 11, 7, 26, 18, 8 y 32%, respectivamente. Los años 1997 y 1999 presentaron los registros más bajo y más alto del período en estudio con 752 y 1,775 mm, respectivamente. El registro de lluvias del año 2000 es considerado normal, ya que, está dentro del rango que limita el rango del límite de confianza con respecto al promedio del período (Cuadro 6).

Cuadro 6. Precipitación pluvial promedio (mm) y déficit hídrico de ocho pluviómetros ubicados en la Región de Azuero, Panamá. 1995-2013

Meses	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	Prom	LC
Ene	0	6	0	0	17	19	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0.3
Feb	0	0	0	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.1
Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	2	0.5
Abr	42	1	5	4	11	0	0	31	3	26	27	6	10	0	1	53	5	14	0	13	1
May	66	133	18	102	161	177	76	96	179	143	163	127	140	131	104	150	139	94	129	122	2
Jun	79	203	97	143	122	236	102	74	169	185	231	174	156	152	193	221	189	78	200	158	3
Jul	144	193	93	96	176	203	259	170	205	200	195	175	92	182	143	198	144	202	162	170	3
Ago	97	133	16	176	268	203	104	240	165	205	197	218	238	243	269	214	101	128	148	177	4
Sep	79	190	169	100	272	143	215	153	138	214	211	71	199	203	87	261	204	203	144	171	3
Oct	237	198	185	160	298	78	240	224	277	198	259	173	333	188	176	267	146	258	212	216	3
Nov	93	237	168	179	352	190	148	90	159	142	251	131	185	248	202	278	118	118	150	181	4
Dic	49	65	1	149	96	27	64	8	126	55	82	69	154	40	34	54	67	13	112	67	3
Total	885	1358	752	1117	1775	1276	1209	1087	1420	1368	1616	1143	1508	1386	1209	1694	1155	1120	1272	1282	15

Déficit (%)	-31	6	-41	-13	38	0	-6	-15	11	7	26	-11	18	8	-6	32	-10	-13	-1		
Ene-Ago	427	669	228	529	757	837	541	613	721	760	812	700	636	707	710	835	614	516	640	645	9
Déficit (%)	-34	4	-65	-18	17	30	-16	-5	12	18	26	9	-1	10	10	30	-5	-20	-1		
Sep-Dic.	458	689	524	588	1018	439	668	474	700	609	804	443	871	679	499	859	534	592	619	635	9
Déficit (%)	-28	8	-18	-7	60	-31	5	-25	10	-4	27	-30	37	7	-21	35	-16	-7	-3		

Cuadros rojos, verdes y amarillos representan meses con registros por debajo, encima e igual a la media general del período de registro

¹Promedio anual para la época de siembra de maíz en Azuero

Al analizar la lluvia acumulada entre los meses de septiembre y diciembre, período en el cual se desarrolla el cultivo, se observó que 11 de los 19 años (1995, 1997, 1998, 2000, 2002, 2004, 2006, 2009, 2011, 2012 y 2013) presentaron registros por debajo del promedio. Se observó que cinco de estos años estuvieron por debajo de los 500 mm (anomalías negativas arriba del 20%), el resto presentó anomalías negativas entre 3 y 18%. El resto de los años presentaron lluvias acumuladas por encima del promedio (1996, 1999, 2001, 2003, 2005, 2007, 2008 y 2010). En el año 1999 se obtuvo un registro superior a los 1,000 mm equivalente a una anomalía de 60%. Los años 1996, 2001, 2003 y 2008 tuvieron registros cercanos a los 700 mm (anomalías positivas menores del 10%). Los años 2005, 2007 y 2010 presentaron registros en el rango de los 800 mm y una anomalía superior al 20% (Figura 2). El período 1998-2007 presentó un patrón alterno entre años con lluvias por debajo y por encima del promedio (635 mm).

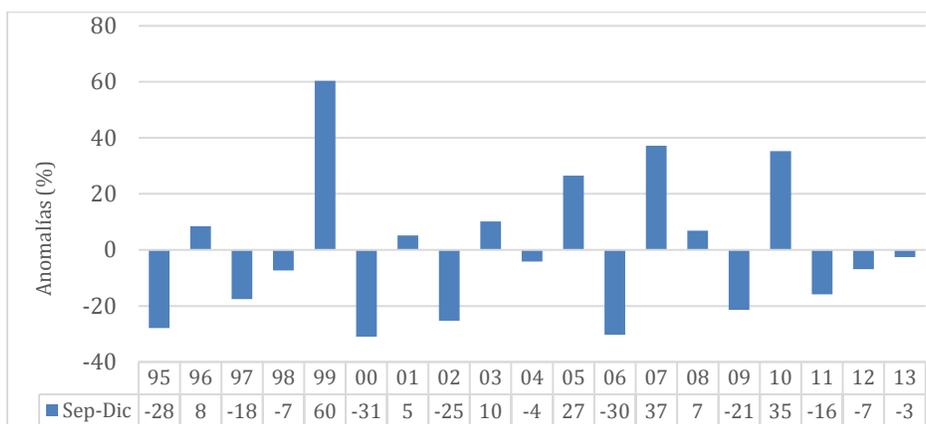


Figura 2. Déficit de agua lluvia por año en el cuatrimestre septiembre-diciembre en Azuero 1995-2013

Análisis por localidad. De acuerdo al análisis de los registros de cada pluviómetro, se observó que las localidades ubicadas al norte de la Región (París, El Ejido y Ciénaga Larga, Guararé y Tablas Abajo) presentaron precipitaciones por debajo del promedio con 1236, 938, 1019 y 952 mm, respectivamente (Cuadro 7). El déficit en las localidades del Norte está entre 4 y 27% con respecto al promedio. Por otro lado se observó que las localidades ubicadas al Sur de la península (Las Cocobolas, Tablas Abajo, Pocrí y Pedasí) presentaron registros por encima del promedio con medias de 1203, 1430, 1555 y 1893 mm, respectivamente, todos por encima del promedio con excepción de Tablas Abajo que es inferior al promedio de estas cuatro localidades en 7% (Cuadro 7).

En relación con el período Septiembre-Diciembre, las localidades del área norte presentaron igual tendencia a la encontrada en el análisis anual, en donde se observaron déficit entre 4 y 27% con respecto al promedio general. El comportamiento de las lluvias en estas localidades durante el período Enero-Agosto, también presentaron déficit hídrico (entre 6 y 34%). En dichas localidades la mayoría de los meses presentan registros por debajo del promedio, con excepción de cinco meses en la localidad de París. Por el contrario, en las cuatro localidades del sur de la península, el promedio mensual de este período está por encima de la media con excepción del registro de los meses entre abril y septiembre de Tablas Abajo cuyos datos indican estar por debajo de la media. En resumen, de acuerdo al análisis de la precipitación pluvial de los últimos 19 años el promedio de toda la región en el periodo Agosto-Diciembre es de 635 mm. Pero el mismo varía si se divide la región en dos zonas; los distritos el norte de la península (Parita, Los Santos y Guararé) presentan registros de lluvia por debajo del promedio de la Región con una media de 528 mm. Por otro lado los distritos ubicados al sur de la península (Las Tablas, Pocrí y Pedasí) presentaron lluvias por encima del promedio con una media de 742 mm.

Cuadro 7. Precipitación pluvial por localidad en la Región de Azuero, Panamá. 1995-2013

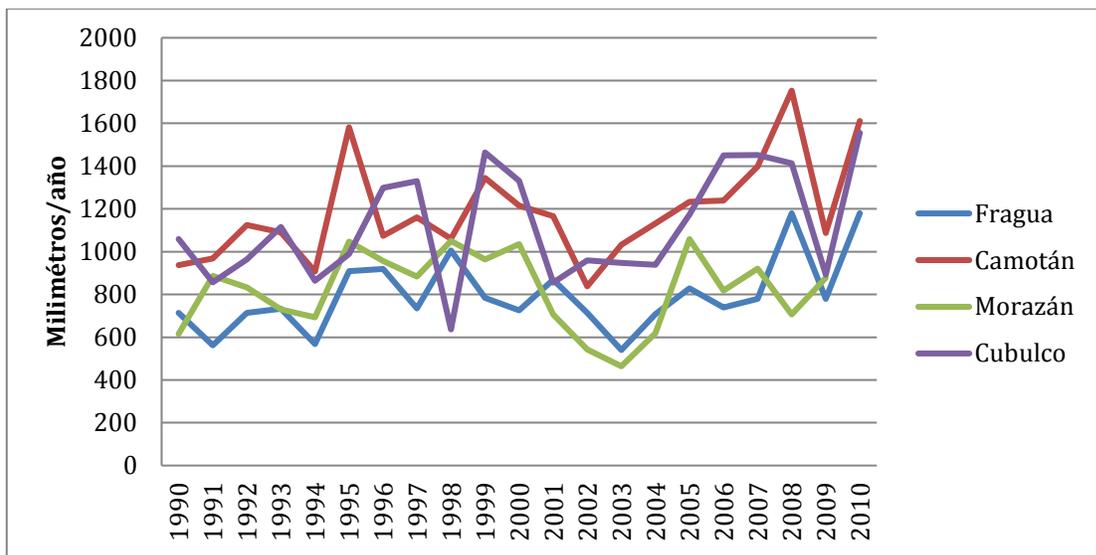
Meses	Parita	Los Santos	Guararé	Guararé	Promedio Norte	Las Tablas	Las Tablas	Pocrí	Pedasí	Promedio Sur	Promedio General	Límite de confianza
	Paris	El Ejido	Ciénaga Larga	Guararé		Tablas Abajo	Las Cocobolas	Pocrí	Pedasí			
Enero	0	0	7	7	4	10	7	0	1	5	4	0.4
Febrero	0	0	2	2	1	1	1	0	0	1	1	0.1
Marzo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Abril	13	5	9	12	10	9	21	10	15	14	12	0.4
Mayo	169	94	108	109	120	98	161	158	151	142	131	2.8
Junio	165	116	106	124	128	140	175	195	244	188	158	4.2
Julio	100	95	113	115	105	149	175	243	344	228	167	7.8
Agosto	168	120	143	134	141	139	181	236	326	220	181	6.2
Septiembre	181	148	132	123	146	148	189	196	247	195	170	3.7
Octubre	216	203	188	157	191	220	255	230	250	239	215	2.9
Noviembre	191	120	147	131	147	209	208	227	237	221	184	4.0
Diciembre	34	39	65	39	44	79	62	85	124	88	66	2.7
Total	1236	938	1019	952	1036	1203	1435	1580	1939	1539	1288	31.2
Déficit (%)	-4	-27	-21	-26	-20	-7	11	23	51	20		
Ene-Ago	615	429	488	501	508	547	721	842	1081	798	653	
Déficit (%)	-6	-34	-25	-23	-22	-16	10	29	65	22		
Sep-Dic	621	509	531	450	528	656	715	739	858	742	635	
Déficit (%)	-2	-20	-16	-29	17	3	13	16	35	17		

Cuadros rojos, verdes y amarillos representan meses con registros por debajo, encima e igual al promedio general

Guatemala

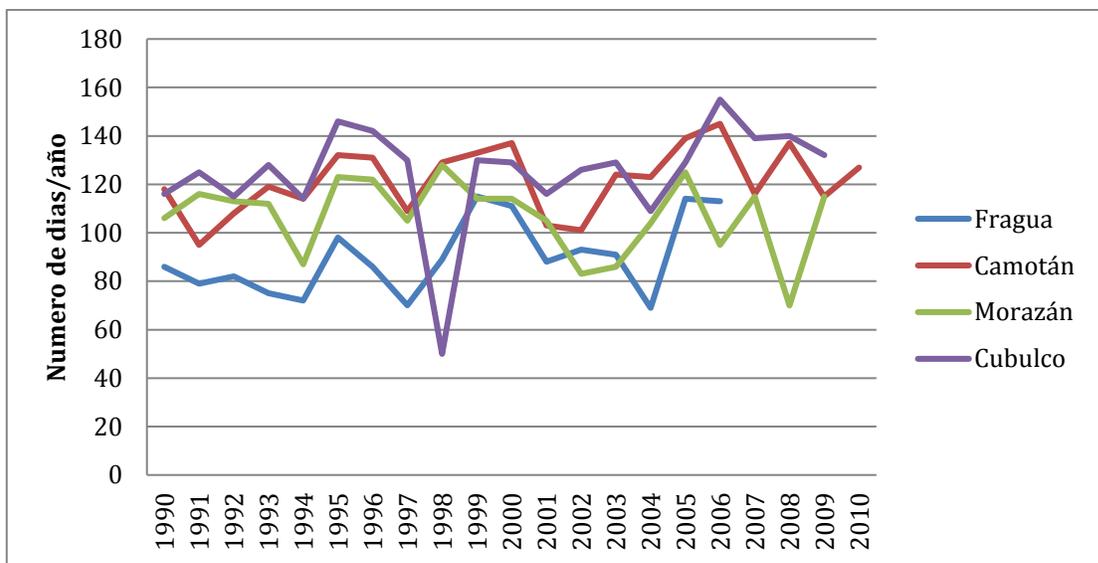
En Guatemala, se obtuvo información de fuentes secundaria con respecto a precipitación, días de lluvia y temperatura de las principales estaciones meteorológicas del INSIVUMEH, que se encuentran ubicadas en algunos sitios del Corredor Seco; siendo ellas las de La Fragua, Zacapa; Camotán, Chiquimula; Morazán, El Progreso y Cubulco, Baja Verapaz. Las estaciones meteorológicas de La Fragua, Zacapa y la de Morazán, El Progreso, es donde se presenta una menor cantidad de lluvia (Fig. 3), ya que en la primera reporta una

media de 794.60 mm (desviación estándar de 167.35 mm) de lluvia y en la segunda, de 173.93 mm (desviación estándar de 173.92); aunado a lo anterior; también es donde se reporta la menor cantidad de días de lluvia (Fig. 4), con medias de 90.06 días para La Fragua y de 106.90 días para Morazán, datos que demuestran la gran problemática de la falta de agua de lluvia para todas aquellas actividades agrícolas que se realizan sin riego. Por lo anterior, se podría decir que es en el departamento de Zacapa (Cuadro 3) donde el problema de la sequía es más frecuente, con el inconveniente de que la poca lluvia que cae, cae en pocos días; es decir, se da el problema de la mala distribución de la misma, con las consecuencias de una mayor pérdida del recurso agua por la alta escorrentía.



Fuente: INSIVUMEH, 2014

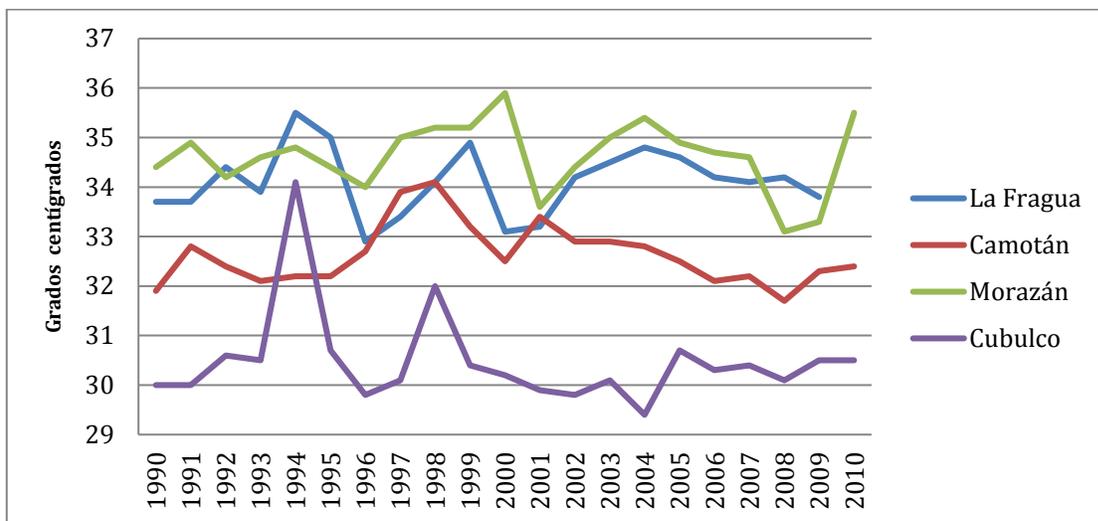
Figura 3. Datos de precipitación en diferentes estaciones meteorológicas del INSIVUMEH ubicadas en áreas del corredor seco de Guatemala



Fuente: INSIVUMEH, 2014

Figura 4. Datos de días de lluvia al año en diferentes estaciones meteorológicas del INSIVUMEH ubicadas en áreas del corredor seco de Guatemala

En el caso de los datos tomados de la estación meteorológica de Morazán; a pesar de tener una mayor cantidad de precipitación que la de La Fragua, es en esta zona donde se da la media más alta de temperaturas máximas (34.62 C^0), muy similar a la de la Fragua (34.11 C^0), condición también que viene a afectar la disponibilidad del recurso agua, ya que sufren de una mayor pérdida a consecuencia de la evaporación de la misma (Fig. 5).



Fuente: INSIVUMEH, 2014

Figura 5. Datos de temperatura máxima por año en diferentes estaciones meteorológicas del INSIVUMEH ubicadas en áreas del Corredor Seco de Guatemala

Otra de la información utilizada para seleccionar los lugares de más urgencia para incorporar germoplasma tolerante a la sequía para apoyar la producción de maíz y frijol, fue la proporcionada por la Unidad de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; los que consideran como zonas vulnerables al cambio climático las siguientes:

1. Zacapa 76.7 %
2. Petén 72.3 %
3. Retalhuleu 71.2 %
4. Baja Verapaz..... 66.5 %
5. Jutiapa..... 65.6 %
6. Chiquimula..... 61.8 %
7. Escuintla 57.8 %
8. El Progreso 49.2 %

No fue posible contar con datos meteorológicos de los municipios con problemas de sequía del departamento de Jutiapa, a consecuencia que las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH en este departamento (Parcelamiento Montufar en Moyuta, Quesada y Asunción Mita), se encuentran ubicadas fuera del Corredor Seco; en este caso la selección de los municipios a incorporar se basó únicamente en la experiencia y/o conocimiento de algunos líderes agrícolas y técnicos agropecuarios que viven y trabajan en este departamento.

Con los datos anteriores y con las entrevistas que se realizaran a líderes y técnicos del MAGA, principalmente; se llegó a la decisión que los municipios con mayor problema de daño a sus cultivos de maíz y frijol, por causa del cambio climático, principalmente a lo que se refiere a periodos largos de sequía (Cuadro 8).

Cuadro 8. Departamentos y municipios priorizados para realizar la introducción de tecnología de maíz y frijol tolerantes a los efectos del cambio climático.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO PRIORIZADO
Jutiapa	1. Yupiltepeque
	2. Zapotitlán
	3. Comapa
	4. Conguaco
	5. El Adelanto
	6. Jutiapa
	7. Atescatempa
	8. Agua Blanca
	9. Pasaco
	10. Jalpatagua

El Progreso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Guastatoya 2. Morazán 3. Agustín Acasaguastlán 4. El Jícaro 5. San Cristóbal 6. Sansare 7. Sanarate 8. Antonio la Paz
Zacapa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Huite 2. Zacapa 3. La Unión 4. Gualán 5. Cabañas 6. San Diego
Chiquimula	<ol style="list-style-type: none"> 1. Camotán 2. Jocotán 3. Olopa 4. Ipala 5. San Juan la Ermita
Baja Verapaz	<ol style="list-style-type: none"> 1. Salamá 2. San Miguel Chicaj 3. Rabinal 4. Cubulco 5. El Chol 6. Granados

El Salvador

En El Salvador, en el 2012, el CENTA desarrolló un estudio prospectivo paraa conocer las condiciones edafoclimáticas, uso de germoplasma, rendimiento, problemas bióticos, abióticos y épocas críticas de sequía. El estudio se realizó entre los meses de julio a diciembre de 2012 con una muestra de 100 productores de la comunidad La Cañada, departamento de La Unión y 50 de Masahuat, departamento de Santa Ana, tomando como criterio principal su ubicación en zonas de sequía y cuyos productores son atendidos por técnicos del CENTA. Los principales resultados mostraron que la mayoría de productores y productoras trabajan en suelos con características físicas marginales, que el rendimiento de híbridos de maíz y variedades de frijol son relativamente bajos, hay problemas de plagas y enfermedades tradicionales, excepto en maíz que se reporta presencia la mancha asfáltica y otro tipo de hongos; sin embargo, los problemas más relevantes en estas zonas son la mala distribución de las lluvias y la sequía durante periodos prolongados, principalmente en La Cañada. Finalmente, se concluyó que el 70% de los productores trabajan en condiciones

limitadas, suelos marginales con vocación para pastos y bosques y las posibilidades de desarrollo para la zona están en función de la elaboración y ejecución de pequeños proyectos ganaderos y forestales. En las áreas planas donde las condiciones agrosocioeconómicas e hídricas son favorables, se podrán establecer proyectos productivos que van desde los granos básicos, hasta las hortalizas y frutales; no obstante que su principal problema es la sequía y los bajos de rendimientos de maíz y frijol, aun cuando se utilizan materiales híbridos y variedades mejoradas. La zona de sequía, identificada como La Cañada, tiene un comportamiento atmosférico más inestable que la zona piloto de Masahuat. Es decir, en La Cañada el inicio de las lluvias y el periodo de sequía que se presenta normalmente, son más prolongados; en cambio en Masahuat, las lluvias se estabilizan en la primera y segunda semanas de mayo, y la sequía se presenta en junio y julio. Los principales problemas abióticos identificados por los productores y productoras de La Cañada y Masahuat es la sequía en la época de junio-julio, y el exceso de lluvia que se presenta ocasionalmente en los meses de octubre-noviembre. Los rendimientos obtenidos en la comunidad de La Cañada con maíces híbridos y frijol mejorado, se encuentran relativamente similares a los obtenidos con los materiales criollos; debido a la sequía.

Componente 4- Identificación de variables o factores que oriente la investigación en maíz y frijol.

El componente 4, se focalizó en identificar variables o factores para orientar la investigación en los cultivos de maíz y frijol hacia el futuro. Los resultados preliminar de este componente contribuyen a orientar futuras investigaciones en los cultivos de maíz y frijol que tengan mayor potencial de adaptación al cambio climático y con la participación de agricultores y comunidades de los países. Además, este y los otros cuatro componentes descritos se vinculan estrechamente y sientan bases para el diseño y preparación del marco estratégico de investigación que aquí se presenta.

En Guatemala, el problema central fue “la baja producción”; vinculada o más severa con la variabilidad climática. De igual forma, la carencia de semillas mejoradas y el poco uso de fertilizantes a consecuencia de la falta de recursos económicos, son factores limitantes para la producción de granos básicos. Otros factores destacan que aunado a la sequía, también la falta de organización de los productores y la falta de asistencia técnica son limitaciones importantes. El problema principal de la producción del maíz y frijol en el área del corredor seco, es el bajo rendimiento causado principalmente por sequía y por la falta de una asistencia técnica efectiva.

PRACCA logró determinar potencialidades y factores limitantes para la innovación y transferencia de tecnologías de adaptación de frijol y maíz ante el cambio climático. Como resultado de la consulta efectuada a investigadores de las redes de frijol y maíz, se determinaron las potencialidades (fortalezas y oportunidades) y las limitaciones que existen para ejecutar investigaciones, innovación y transferencia de tecnologías para la adaptación

de estos dos cultivos dentro de los escenarios del cambio climático de los próximos años.

Las fortalezas identificadas fueron las siguientes:

- Disponibilidad y credibilidad de investigadores idóneos y con capacidad para desarrollar investigaciones y transferencia de tecnologías para la adaptación de frijol y maíz al cambio climático mediante modelos participativos.
- Las estrategias, las políticas, el marco legal e institucional sobre cambio climático priorizan la ejecución de actividades de adaptación de cultivos ante los efectos del cambio climático.
- Disponibilidad de genotipos y germoplasma de frijol y maíz de buena calidad de aceptación y tolerancia ante los efectos del estrés hídrico.
- Disponibilidad de información climática y agronómica, así como de modelos y herramientas metodológicas para el análisis de la relación de variables climáticas con los rendimientos de los cultivos.
- Disponibilidad de infraestructura y bancos de germoplasma nacionales, así como modelos e implementación de bancos comunales de semillas,
- Alianzas estratégicas con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Biodiversity, SICTA, con la colaboración de universidades internacionales y otras instituciones.

Las oportunidades identificadas fueron las siguientes:

- Formular, gestionar y ejecutar proyectos y actividades nacionales y regionales colaborativas sobre adaptación de los cultivos de frijol y maíz vinculados con las demandas, las estrategias nacionales y regionales sobre cambio climático y las oportunidades existentes sobre disponibilidad de recursos financieros nacionales y de cooperación, así como el apoyo institucional.
- Difundir y transferir a los productores ubicados en zonas con escasa precipitación las variedades y los materiales disponibles tolerantes a los efectos del cambio climático. Incluye la oportunidad para el desarrollo de actividades de fortalecimiento para los procesos participativos.
- Continuar con el proceso de investigación y fortalecimiento de las redes y de los INIA en el desarrollo de tecnologías en frijol y maíz para que contribuyan en mayor medida con la adaptación ante los efectos del cambio climático a futuro.
- Reforzar el compromiso y la vinculación de instituciones agrometeorológicas en los procesos de obtención de información climática actualizada y en la caracterización climática en las localidades de producción de maíz y frijol.
- Continuar y reforzar la participación de las redes de frijol y maíz, así como el apoyo del CIMMYT, el CIAT, el SICTA- IICA y universidades de EE.UU. en la provisión de germoplasma mejorado y la asesoría técnica.

Los factores limitantes identificados fueron:

- Reducido personal técnico para los procesos de investigación y especialmente para la difusión de tecnologías hacia los productores. Además, son escasos los recursos y faltan especialistas p.e. fitomejoradores, fitopatólogos y otros.
- Se carece de personal calificado en meteorología asignado a actividades de investigación en adaptación al cambio climático y falta información climática actual generada dentro de las zonas productoras de maíz y frijol.
- Los programas y actividades de extensión son incipientes con limitada cobertura territorial y de acciones para la transferencia de tecnologías en adaptación al cambio climático ya generadas y validadas.
- La carencia de sistemas de crédito,
- Además, se carece de un sistema para la validación y diseminación de tecnologías.
- Los recursos financieros son limitados para los procesos de difusión masiva de las variedades de frijol y maíz destinadas para los productores de determinadas localidades.
- Asistencia técnica y la reducida inversión pública en infraestructura en las zonas rurales son factores que limitan la capacidad de los productores, especialmente los de menores ingresos, para poner en práctica las opciones de adaptación en las cadenas de valor disponibles en el sector agrícola.
- Los bancos nacionales de semilla disponen de limitada infraestructura y recursos para mejorar la conservación de germoplasma y para la prestación eficiente de servicios.
- El apoyo político es escaso para impulsar actividades de investigación en adaptación de los cultivos de frijol y maíz, así como en la transferencia de resultados de investigación.

Componente 5- Divulgación de información generada

El componente 5, se refiere a la divulgación de información generada. Este componente se desarrolló a través de presentaciones en congresos y publicaciones específicas sobre el tema.

3. Análisis prospectivo

El PRACCA permitió, el fortalecimiento de los INIAS y redes regionales participantes, para incorporar análisis climático a investigación, con alianzas nacionales y regionales. Especial atención destacó la sinergia FAO-CAC, que permitió ahondar en modelos de análisis climático. Estas herramientas lograron tener base científica para desarrollar la caracterización de zonas productivas, de maíz y frijol, ante la variabilidad climática regional.

También, PRACCA, logró disponer material genético con siete accesiones identificadas por los INIAS (3 de maíz y 4 de frijol) como producto de evaluación de 56 materiales colectados (24 maíz y 32 frijol), para generación de nuevos cultivares con resistencia/tolerancia a sequía. En el marco del PRACCA, se espera que para el 2020 los productores de maíz y frijol utilicen con eficiencia los resultados de la innovación y de la investigación en adaptación a los efectos del cambio climático, logren integrarse en las cadenas de valor, contribuyen al desarrollo sostenible de la agricultura, al incremento de la competitividad, a la seguridad alimentaria y al desarrollo regional y rural de los países de América Central y de la República Dominicana.

La estrategia de adaptación de los cultivos de frijol y de maíz al cambio y a la variabilidad climática, plantea múltiples acciones de vinculación, sinergias y de coordinación institucional para impulsar la investigación y el fortalecimiento de capacidades para la adaptación de cultivos y transferencia de tecnología agrícolas, participación ciudadana, información y elaboración y ejecución de proyectos.

La ejecución de los componentes y de las actividades del proyecto en los países de la región ha permitido alcanzar productos significativos. Para su seguimiento, se ha requerido identificar y valorar las variables o factores que deben orientar las perspectivas de la investigación en frijol y maíz dentro de los escenarios del cambio climático hacia el futuro. Con base en los resultados alcanzados, se definió una estrategia regional sobre oportunidades existentes (ejes temáticos, objetivos, actores claves y prioridades para ejecutar investigaciones de adaptación en frijol y maíz) dentro de dichos escenarios para los próximos años. Dicha estrategia, plantea los siguientes ejes de trabajo:

- i) Definir un marco institucional y políticas públicas para la adaptación y mitigación de la agricultura ante el cambio climático.
- ii) Definir un marco institucional y políticas públicas para la adaptación y mitigación de la agricultura ante los efectos del cambio climático.
- iii) Investigación y disseminación efectiva de tecnologías y desarrollo de mejores prácticas de adaptación para la producción de frijol y maíz.
- iv) Multiplicación y conservación de semillas y germoplasma con mejor capacidad de adaptación y resiliencia.
- v) Identificación e intercambio de sistemas de producción exitosos de adaptación del maíz y frijol.
- vi) Fortalecimiento de redes nacionales y regionales de innovación e investigación de tecnologías de frijol y maíz a través de alianzas estratégicas.

- vii) Diseño e implementación de estrategias para la gestión de recursos financieros.
- viii) Difusión de información meteorológica regional a productores a través de tecnologías de información y comunicaciones (TIC).

En cada país, la estrategia de adaptación de los cultivos de frijol y de maíz al cambio tiene el potencial de articularse con las políticas y otras estrategias nacionales, programas ambientales de mitigación de los GEI y de gestión de riesgos, adaptación de los sistemas de producción agrícola y pecuarios ejecutados por los ministerios agricultura, ambiente y de recursos naturales, y con las actividades que ejecutan los institutos forestales e instituciones vinculadas con la planificación, gestión y manejo del recursos, agua, meteorología, finanzas, municipalidades e institutos de desarrollo rural, así como con representantes de organizaciones en comunidades y del sector privado.

Esta estrategia, tiene el potencial para coordinar lineamientos, políticas y acciones que desarrollan las instituciones centroamericanas relacionadas con el cambio climático. Entre ellas, se citan la Secretaría de Integración Centroamericana (SICA), la CCAD, el Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), el CAC, el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), el CRRH y el SICTA. Además, el IICA, el CATIE, la FAO y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) brindan cooperación y asesoría en estos temas. En el ámbito internacional, se deberán continuar y fortalecer los vínculos de cooperación y asesoría que brinda el CIAT, el CIMMYT y los organismos de cooperación bilateral y multilateral.

Para lograr la participación de las instituciones regionales de Centroamérica y República Dominicana, especialmente en el proceso de implementación y promoción de los resultados de investigación de adaptación del frijol y maíz ante el cambio climático, se deberán crear grupos de trabajo en los países y en la región para revisar e identificar las estrategias, las políticas las acciones y los temas potenciales y comunes que permitan elaborar una agenda armonizada compatible con los ejes especificados en la presente estrategia de adaptación de los cultivos de frijol y de maíz al cambio climático.

Se destaca el potencial de apoyo y actividades de coordinación que ejecuta el CAC y la CCAD. Además y como mecanismo de articulación, se encuentran las 15 redes de conocimiento para los principales rubros y temas, dentro de los cuales se integran las de granos básicos (maíz y frijol), raíces y tubérculos, hortalizas y frutales que a través del SICTA y el apoyo del IICA proporcionan la plataforma informática y de comunicación para el diálogo regional.

Un aspecto importante a destacar es el interés de la cooperación coreana (RDA) para desarrollar futuras acciones de apoyo técnico en el marco de la innovación agrícola en Centroamérica, donde el tema de variabilidad climática y granos básicos promisorios del PRACCA puede ser un punto de partida para identificar nuevas iniciativas de proyectos. Así como la articulación del proyecto y sus resultados con marcos de acción como los inmersos en los Grupos Técnicos del CAC y la identificación de espacios de cooperación con CIMMYT y ZAMORANO para agendas regionales de investigación orientadas a cambio climático, las cuales pueden ser un proceso para la gestión de resultados de proyectos en el marco de las redes de maíz y frijol para complementar resultados/acciones con proyectos regionales como REDSICTA y PRESICA; además de desarrollar procesos de vinculación con acciones en materia de conservación de recursos fitogenéticos de maíz y frijol; como la que ha construido el PAEM² de Bioversity International. De igual forma, la continuidad de acciones de investigación y diseminación efectiva de tecnologías que contribuyan al desarrollo de mejores prácticas de adaptación de producción de frijol y maíz ante los efectos del cambio climático: (riego, cosecha de agua, sistemas agroecológicos y otros) y articular la difusión de materiales liberados a zonas con afectación similar (sequía y calor) dentro de programas de investigación a nivel nacional. Para el logro de estas acciones, un aspecto clave es el fortalecimiento de la recolección de datos climático precisos para apoyar los procesos de investigación. En ese marco las alianzas locales serán una estrategia esencial.

Los países incluidos dentro del marco estratégico son: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y República Dominicana. Cada país tiene definidas las regiones y las áreas con base en criterios de siembra de cultivo de maíz y frijol, número de productores y de la vulnerabilidad y riesgos ante los efectos de la variabilidad y del cambio climático. Una tarea inicial de las redes de frijol y maíz y de los INIAs será hacer un análisis que permita definir los siguientes niveles de riesgo: sequías, intensidad de lluvias e inundaciones, bajas y altas temperaturas y socioeconómicos.

Se espera que este análisis logre priorizar especialmente a productores y comunidades rurales más vulnerables y expuestos a la inseguridad alimentaria. Con base en los c
Con base en los c
propuestos, los cuales deberán ser referenciados con mapas de capacidad y uso de suelos, se determinarán las áreas prioritarias para la ejecución de acciones de transferencia de tecnologías para la adaptación del frijol y maíz ante los efectos del cambio climático. Una vez definidas las regiones y comunidades prioritarias, se desarrollará el proceso de planificación, elaboración de proyectos e implementación de las acciones definidas de acuerdo con los ejes estratégicos planteados.

² PAEM. Plan de acción estratégico para fortalecer la conservación y el uso de los recursos fitogenéticos mesoamericanos para la adaptación de la agricultura al cambio climático 2014-2021. Bioversity International.

4. Publicaciones y otros productos

Publicaciones

1. CENTA. 2012. Diagnóstico de comunidades piloto en zonas de sequía. CENTA. El Salvador. 18p.
2. Deras Flores, H.; Moreno, W.; Mejía, C. 2012. Estimación de adaptabilidad y potencial de rendimiento de sintéticos de maíz de grano blanco y amarillo de endospermo normal y alta calidad proteica para zonas de humedad limitada. CENTA. El Salvador. 12p.
3. IICA. 2014. Estrategia Regional para la investigación y adaptación de frijol y maíz dentro de escenarios de cambio climático. IICA. Costa Rica. 44p.
4. Martínez, J. 2014. Adaptación de maíz y frijol al cambio climático en Guatemala. ICTA. Guatemala. 10p.
5. PRACCA. 2012. Procesamiento y análisis de la información obtenida de los ensayos y la climática de referencia. Estableciendo la relación entre lo biológico y lo climático. CENTA. El Salvador. 32p.
6. PRACCA. 2013. Vivero y ensayo regional de líneas de frijol de grano negro tolerantes a los efectos del cambio climático en énfasis en la sequía y las altas temperaturas. ICTA. Guatemala. 6p.
7. PRACCA 2013. Variedad de frijol. INTA negro sureño. Nicaragua. 4p.
8. PRACCA 2013. Variedad de frijol. INTA sequía precoz. Nicaragua. 4p.
9. Ruane, A.C.; Cecil, Dewayne, Horton, R.M.; Gordón, R.; McCollum, R.; Brown, D.; Killough, B.; Goldberg, R.; Greeley, A.P.; Rosenzweig, C. 2013. Climate change impact uncertainties for maize in Panama: farm information, climate projections and yield sensitivities. *Agricultural and Forest Management*. 170:132-145



Publicaciones PRACCA

Presentaciones en Congresos y otros eventos

- Deras Flores, H.; Rivas Platero, G.G.; González, D. 2014. Adaptación de maíz y frijol al cambio climático en Centroamérica y República

- Dominicana: Una herramienta para mitigar la pobreza. In: IX Taller de Seguimiento Técnico FONTAGRO y 59ª Reunión Anual del PCCMCA. Nicaragua, 28 de abril al 3 de mayo, 2014.
- Rivas Platero, G.G.; González, D. 2013. Cambio climático y agricultura en Centroamérica: la estrategia del PRACCA. In: Taller sobre Herramientas para la Adaptación y Mitigación del Cambio Climático en la Agricultura: Centroamérica y República Dominicana. FAO-CAC. Panamá del 6 al 8 de agosto, 2013.
 - Bonilla, N. 2013. Adaptación de maíz y frijol al cambio climático en Centroamérica y República Dominicana: Una herramienta para mitigar pobreza FTG-T1795. VIII Taller de Seguimiento Técnico FONTAGRO. Montevideo, Uruguay.

Actividades de difusión

En Nicaragua, las actividades de difusión del Proyecto atendieron a 272 personas ; entre técnicos, extensionistas, productores y productoras (Cuadro 9, Figura 6).

Cuadro 9. Difusión del PRACCA en Nicaragua.

Zonas	Actividades	Localidad	Participantes
Pacífico Sur	Día de campo en validaciones	Santa Teresa	40
	Liberación de INTA Negro sureño e INTA Sequía Precoz	La Compañía	120
Centro Norte	Día de campo en validaciones	Jucuapa, Matagalpa	52
Las Segovias	Día de campo en validaciones	El Júcaro, Jalapa	60
Total			272



Figura6. Día de Campo: liberación del frijol INTA negro sureño en La Compañía, Pacífico Sur. Nicaragua

En República Dominicana en las gira de evaluación participativas de los productores y técnicos en San Juan, participaron 128 personas donde se le presentaron los ensayos ERSAT negro, VIDAC negro y el ensayo de rendimiento con 12 genotipos negro en la cual se hicieron evaluaciones de arquitectura de plantas, carga, tolerancia a enfermedades y tolerancia a la sequia. Fueron seleccionadas las líneas SEN-48,SEQ-342-89, AIFI WRITE, SMN-16, SEQ-342-89 y SMN-18. Resultando con una mayor valoración las líneas SEN-48 Y SMN-16. En la región de la Descubierta y Puerto Escondido, participaron 57 y 52 personas respectivamente. Se seleccionaron las líneas SEN-48, AIFI WRITE, SEQ-342-89 Y MEN-2207-1, SEN 52 y SMN- 18 ,RD-209149-AX, por arquitectura de planta y carga o numero de vainas por planta y precocidad (Fig. 7).



Figura 7. Día de campo en Puerto Escondido. República Dominicana.

Participantes del Proyecto

País	Maíz	Frijol	Enlace	IICA
Costa Rica	Nevio Bonilla	Juan Carlos Hernández	Enrique Martínez	Jonathan Castro
El Salvador	Héctor Deras	Aldemaro Clará	Mario García	Edgar Cruz
Guatemala	José Luis Zea	Julio Villatoro	Alvaro Orellana	Abelardo Viana
Honduras	-	Juan Carlos Rosas		Antonio Silva
Nicaragua	Gonzalo Brenes	Francisco Carlos Pavón	Danilo Montalván	Manuel Pérez
Panamá	Román Gordon	Emigdio Rodríguez	Eulices Ramos	Manuel Pitre
República Dominicana	-	Julio Nin	Winston Marte	Juan Arthur

Instituciones

- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA). Guatemala
- Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA). El Salvador
- Escuela Agrícola Panamericana (EAP). Honduras

- Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA). Nicaragua
- Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA). Costa Rica
- Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá
- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). República Dominicana
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).