

Autores:
Miguel Ángel Morales Mora
Enrique Zunzunegui Escamilla
Mónica M. Fuentes Hernández

EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA PARA LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS ESTRATÉGICOS EN EL ESTADO DE PUEBLA



Diciembre 14 de 2021



Secretaría
de Desarrollo Rural
Gobierno de Puebla



Secretaría
de Educación
Gobierno de Puebla

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla



Perspectiva de análisis

- **Problematizar la relación de producción de 9 cultivos estratégicos y la disponibilidad y apropiación de 3 fuentes de abastecimiento: (i) precipitación local, (ii) agua de riego extraída de cuerpos acuático y (iii) agua de acuíferos renovable y no renovable desde la perspectiva del metabolismo socio ecológico.**

Objetivo

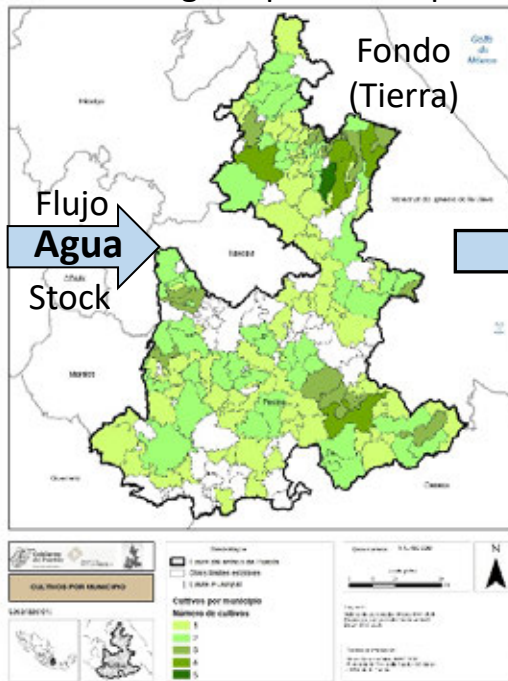
- **Diagnosticar la disponibilidad de agua y su interacción con las zonas de cultivos prioritarios y las fuentes de abastecimiento (acuíferos)**
- **Identificar actuales y futuras restricciones de disponibilidad de agua que pudieran competir con el uso humano y acuíferos sobreexplotados**
- **Expresar los hallazgos usando indicadores metabólicos**

Alcance estudio

- **Solo se consideró el agua de primer uso como insumo para la producción de los cultivos**
- **No cubre otras variables de entrada y salida, ni el análisis del impacto social o ambiental que pudiera generarse en los casos donde se registra déficit o estrés hídrico.**



Distribución espacial de los cultivos estratégicos por Municipios



9 productos
• Consumo Nal.
• Exportación

México: 5° lugar mundial importa-exporta agua embebida en cultivos ^a

Participación de los cultivos estratégicos en la agricultura estatal ^b

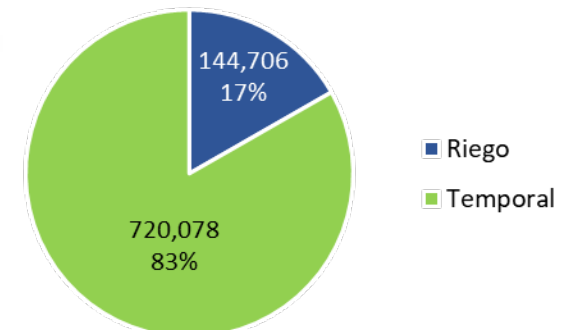
Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Fracción
Agave	777	0.090%
Aguacate	2,278	0.263%
Berries	315	0.036%
Café	68,952	7.973%
Higo	83	0.010%
Maíces Nativos	190,848	22.069%
Pitaya-Pitahaya	261	0.030%
Plátano-Cítricos	13,414	1.551%
Vainilla	37	0.004%
Resto de cultivos	587,820	67.973%
sumas	864,784	100.000%

32 %

La cuarta parte del territorio (8,647 km²) del estado se destina a la agricultura.

En el año agrícola 2020, la superficie sembrada en Puebla representó **4.8% de la superficie agrícola** (18,125,470 ha) nacional, y aportó **2.7% del valor de la producción** (630,933,192 MDP) del país.

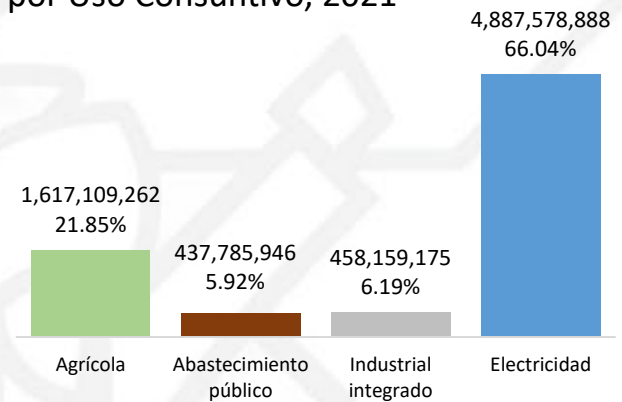
Régimen hídrico de la superficie agrícola estatal



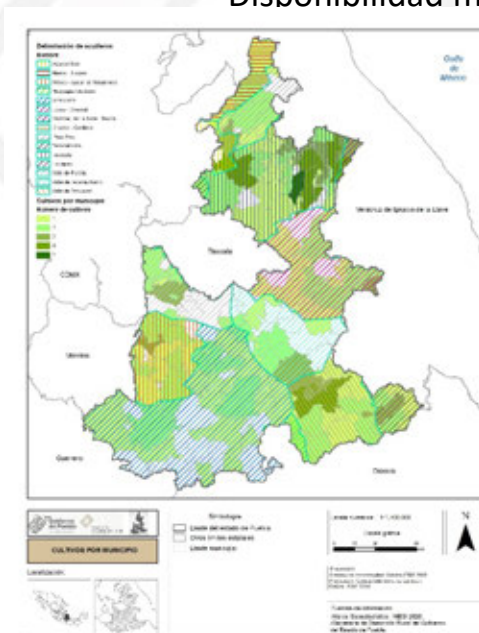


Volumen de agua (m³/año) concesionado por Uso Consuntivo, 2021

Uso Consuntivo	Volumen	Fracción
Agrícola	1,617,109,262	21.85%
Abastecimiento público	437,785,946	5.92%
Industrial integrado	458,159,175	6.19%
Electricidad	4,887,578,888	66.04%
sumas	7,400,633,271	100.00%



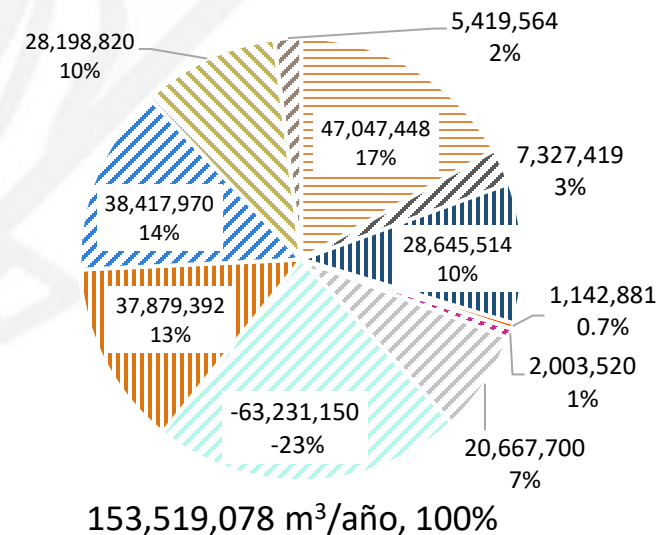
Disponibilidad media anual de agua subterránea por acuífero (m³/año), 2021



Delimitación de acuíferos

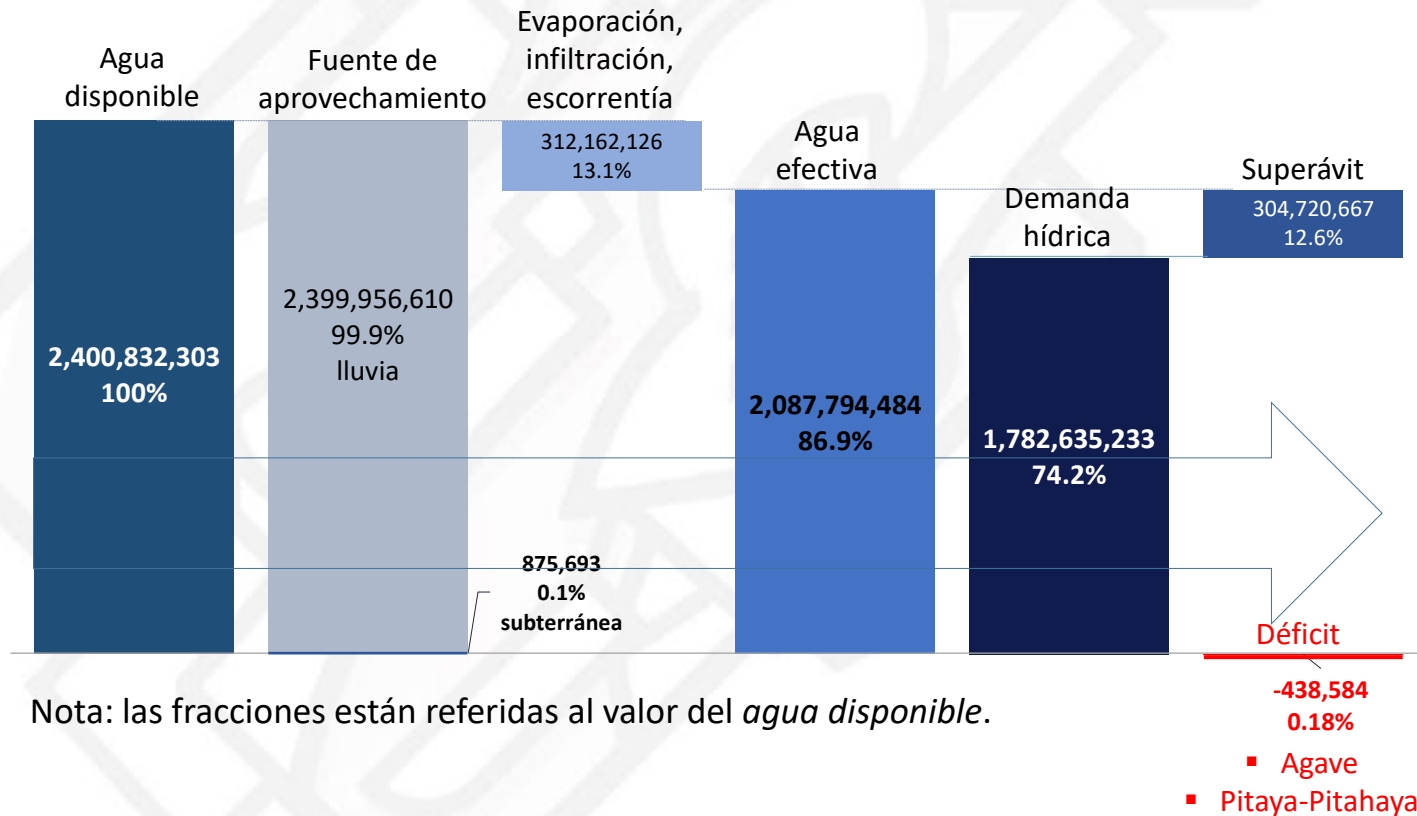
Nombre

- Acaxochitlan
- Alamo - Tuxpan
- Atlixco - Izucar de Matamoros
- Huajuapán de León
- Ixcaquixtla
- Libres - Oriental
- Martínez de La Torre - Nautla
- Orizaba - Córdoba
- Poza Rica
- Tecocomulco
- Tecolutla
- Tuxtepec
- Valle de Puebla
- Valle de Tecamachalco
- Valle de Tehuacan



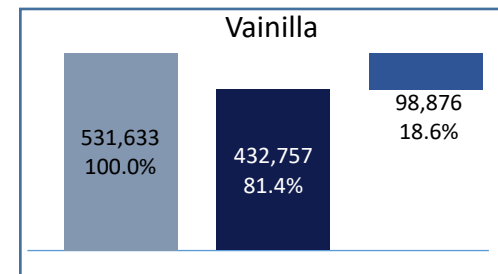
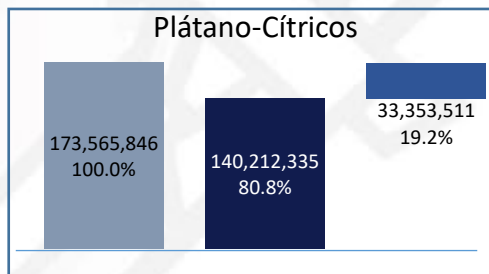
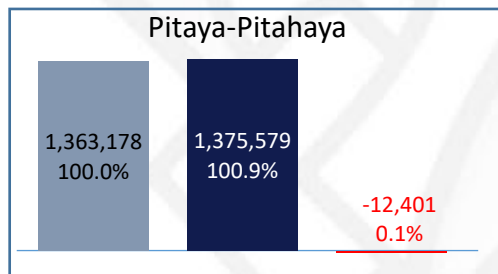
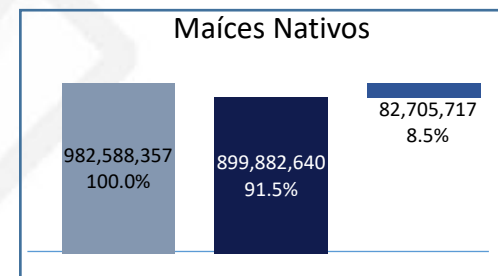
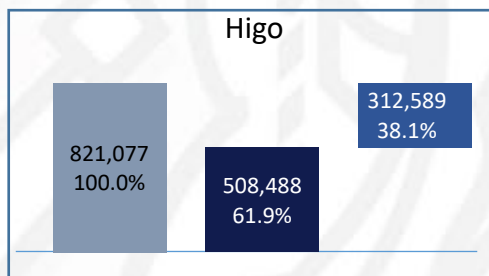
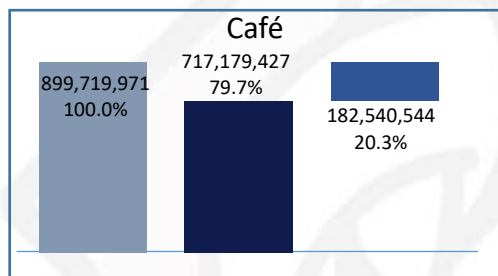
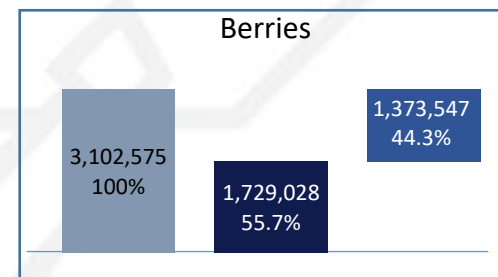
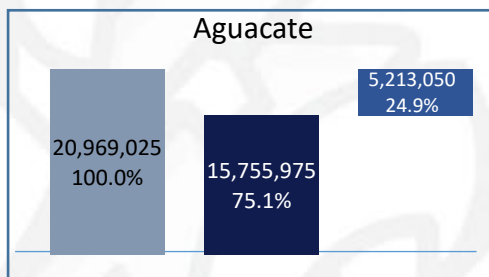
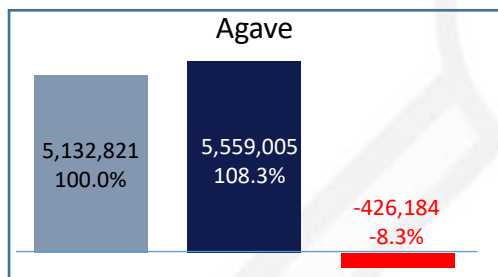


Flujo de agua (m³/año) en la producción de cultivos estratégicos





Balance hídrico (m³/año) por cultivo estratégico

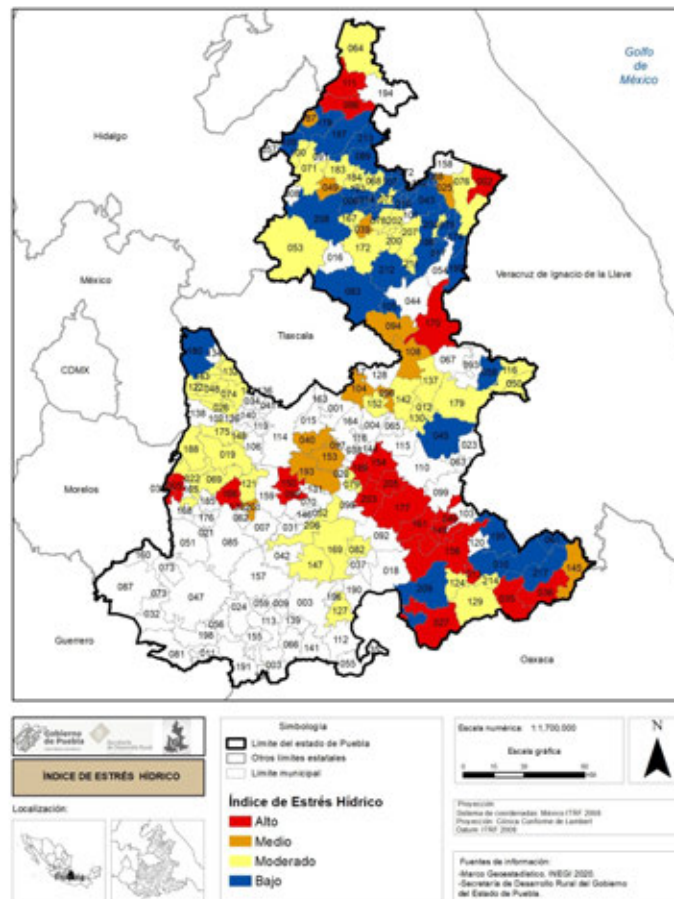


■ oferta ■ demanda ■ superávit ■ déficit

Nota: el resultado por Polo de Desarrollo se muestra en los cuadros de Índice de Estrés Hídrico Relativo



Índice de Estrés Hídrico de los Cultivos Estratégicos en función de la disponibilidad de agua para uso agrícola

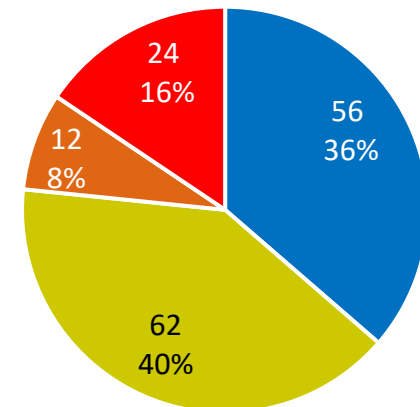


Categoría

Relación demanda m³/oferta m³

> 1.200	alto	
1.001 - 1.200	medio	
0.800 - 1.000	moderado	
< 0.800	bajo	

Número de municipios por categoría



154 municipios (100%)



Índice de Estrés Hídrico

Número de municipios por cultivo, región y categoría (1 de 2)

Cultivo	Región	Índice de Estrés Hídrico Relativo				Sumas por región
		< 0.800	0.801 - 1.000	1.001 - 1.200	> 1.200	
		Bajo	Moderado	Medio	Alto	
Agave	P1 Tepeaca			3		3
	P2 Tepexi de Rodríguez				1	1
	P4 Chiautla-Izúcar de Matamoros		1	1	1	3
	sumas	0	1	4	2	7
	fracción	0%	14%	57%	29%	
Aguacate	P1 Atlixco		5		1	6
	P2 Sierra Norte	1	2			3
	P3 Sierra Nororiental	6				6
	P4 Quimixtlán	3				3
	P5 Tehuacán-Sierra Negra	3			4	7
	sumas	13	7	0	5	25
fracción	52%	28%	0%	20%		
Berries	P1 Sierra Norte	4				4
	P2 Sierra Nororiental	4				4
	P3 Sierra Nevada	5				5
	sumas	13	0	0	0	13
fracción	100%	0%	0%	0%		
Café	P1 Xicotepec-Tlacuilotepec	2	1	1	2	6
	P2 Xicotepec-Jopala	3				3
	P3 Huauchinango		3	1		4
	P4 Zacatlán	3	2			5
	P5 Huehuetla	2	2			4
	sumas	10	8	2	2	22
fracción	45%	36%	9%	9%		
Higo	P1 Zacapoaxtla	2				2
	sumas	2	0	0	0	2
	fracción	100%	0%	0%	0%	

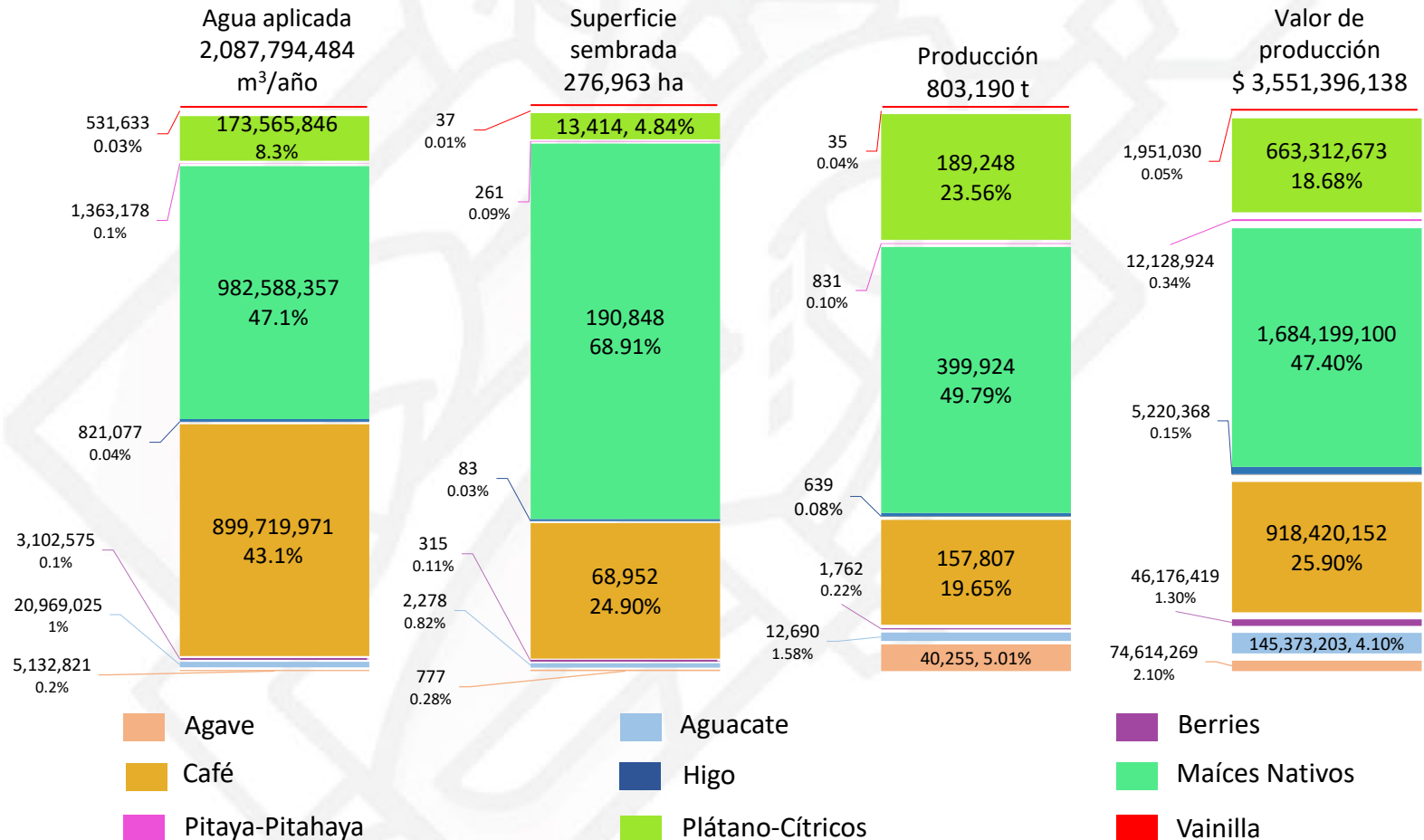


Número de municipios por categoría de Índice de Estrés Hídrico, 2 de 2

Cultivo	Región	Índice de Estrés Hídrico Relativo				Sumas por región
		< 0.800	0.801 - 1.000	1.001 - 1.200	> 1.200	
		Bajo	Moderado	Medio	Alto	
Maíces Nativos	P1 Serdán	1	5			6
	P2 Libres		1	5	1	7
	P3 Sierra Norte	4	2			6
	P4 San Martín	1	7			8
	P5 Sierra Nororiental	4	3			7
	P6 Atlixco		5		2	7
	P7 Tehuacán Tecamachalco				9	9
	sumas	10	23	5	12	50
fracción	20%	46%	10%	24%		
Pitaya	P1 Mixteca		1			1
	P2 Centro		6			6
	P3 Tehuacán	3			1	4
Pitahaya	P2 Centro		8			8
	P3 Tehuacán		5		2	7
	sumas	3	20	0	3	26
fracción	12%	77%	0%	12%		
Plátano-Cítricos	P1 Teziutlán	3	1			4
	sumas	3	1	0	0	4
	fracción	75%	25%	0%	0%	
Vainilla	P1 Sierra Norte	1	2	1		4
	P2 Sierra Nororiental	1				1
	sumas	2	2	1	0	5
fracción	40%	40%	20%	0%		
Número de municipios por categoría		56	62	12	24	154
Fracción		36%	40%	8%	16%	

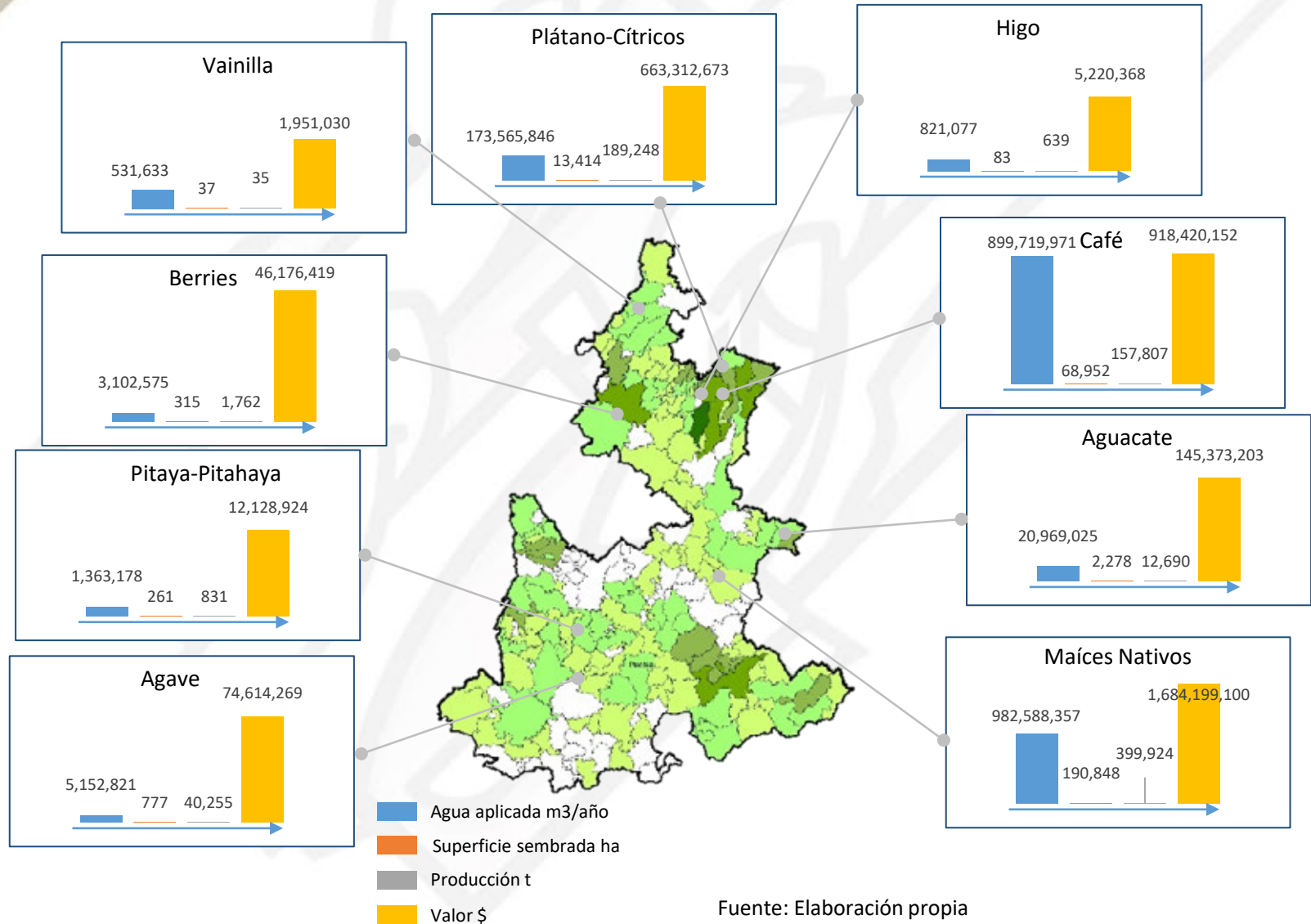


Metabolismo del agua en la producción de cultivos estratégicos





Metabolismo del agua en la producción de cultivos estratégicos



Fuente: Elaboración propia



Tasas metabólicas

tasa metabólica	Cultivos Estratégico				
	Agave	Aguacate	Berries	Café	Higo
Fracción de agua aplicada/agua requerida	91.1%	129.0%	142.1%	154.6%	161.5%
Eficiencia monetaria del uso de agua aplicada (\$/m ³)	18.33	6.76	14.26	0.96	6.36
Productividad del agua (kg/m ³)	8.84	0.61	0.58	0.18	0.001
Rendimiento promedio local (t/ha)	84.33	6.38	9.93	2.29	4.30
Rendimiento promedio nacional (t/ha)	74.32	10.67	14.83	1.50	7.16
Fracción del rendimiento promedio local/nacional	113%	60%	67%	153%	60%

tasa metabólica	Cultivo Estratégico			
	Maíces Nativos	Pitaya-Pitahaya	Plátano-Cítricos	Vainilla
Fracción de agua aplicada/agua requerida	98.5%	97.9%	118.2%	135.2%
Eficiencia monetaria del uso de agua aplicada (\$/m ³)	1.45	9.20	4.29	3.01
Productividad del agua (kg/m ³)	0.35	0.29	1.08	0.04
Rendimiento promedio local (t/ha)	1.80	4.02	14.80	0.69
Rendimiento promedio nacional (t/ha)	2.47	4.89	18.41	0.61
Fracción del rendimiento promedio local/nacional	73%	82%	80%	113%

Valor más bajo

Valor más alto

Fuente: Elaboración propia



Recomendaciones

Se evaluó la disponibilidad hídrica de nueve cultivos de los Polos de Desarrollo en 154 municipios. El 36% muestra un Índice de Estrés Hídrico Relativo BAJO, 40% MODERADO, 8% MEDIO y 16% ALTO.

56 municipios con un Bajo Índice de estrés no experimentan presiones sobre el recurso hídrico, incluso, es posible mejorar la productividad mediante el incremento en la densidad de población de plantas.

En 62 municipios con índice Moderado, la disponibilidad de agua se puede convertir en un limitante de desarrollo, de manera preventiva es necesario implementar un programa de capacitación en la gestión adecuada del recursos hídrico.

En 12 municipios con índice Medio la oferta hídrica está llegando al límite máximo para atender la demanda, existe un alto riesgo de convertirse en un factor limitante de desarrollo.

En 24 municipios con Índice Alto la oferta hídrica es insuficiente para atender la demanda de agua, se requieren inversiones en obras de captación y almacenamiento de lluvia para mejorar la eficiencia productiva.



Recomendaciones

En todos los casos, es conveniente realizar talleres de capacitación para realizar prácticas de conservación de suelo y agua, concientizar a los productores en la importancia de utilizar fertilizantes orgánicos de acuerdo a análisis de suelo y, en general, adoptar un modelo de agricultura sustentable.

En el Polo 4 Quimixtlán del cultivo de aguacate, se estimó la disponibilidad hídrica al 2050 para uso agrícola y para consumo humano, y el resultado mostró que la producción de aguacate en este Polo no compromete la disponibilidad de agua para satisfacer las necesidades humanas.

Por otra parte, se muestra una tendencia a la disminución de la superficie sembrada, a una tasa promedio anual de -2.14%. La población dedicada a actividades agropecuarias en el territorio pasó de 70.28% a 53.77% de la PEA, entre 2010 y 2020.

Ampliar el estudio considerando otras variables de entrada y salida, así como la evaluación del potencial impacto que pudiera tener en el futuro cultivos claves por una mayor presión de la demanda e impacto a la salud por uso de aguas residuales.