

4° Seminario Puebla

La Nutrición, un componente estratégico en la producción de Hortalizas

DR. MARIO A. TORNERO CAMPANTE
PROFESOR INVESTIGADOR TITULAR
DEL COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS PUEBLA

AGRICULTURA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



INTRODUCCIÓN



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



El rendimiento de un cultivo (Rend) puede ser representado por la siguiente ecuación:

$$\text{Rend} = f_{(x)} (\text{suelo, semilla, clima, nivel tecnológico}) + (\text{semilla/clima})$$

- Comercialización y destino del producto
- Sobre explotación de los recursos naturales
- Producir con criterios agroecológicos
- Considerar las variaciones por efectos del cambio climático



FRASES PARA REFLEXIÓN



“No concibo la producción agrícola sin los fertilizantes”

(Maestro: Francisco Rodríguez Neave)

“El éxito de una buena producción está en la adecuada preparación del terreno”

(Maestro: Simón Alvarado Mendoza)

“Cuando un velero no sabe a donde se dirige, ningún viento es favorable”

(Filósofo: Lucio Anneo Séneca)



¿QUÉ DEBO PRODUCIR?



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



DESTINO DE LOS PRODUCTOS HORTÍCOLAS



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL





¿COMERCIALIZA SU PRODUCCIÓN? = METAS





¿COMO ENTENDEMOS QUE ES UNA HORTALIZA?

La hortaliza es una planta herbácea anual por lo general, con una porción comestible que se consume en fresco, cocida o preservada.

Gómez-Cruz et al. 1992



PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS HORTALIZAS



- **Tienen alto valor nutritivo, con pocas calorías y proteínas y gran contenido de vitaminas A, B, C y minerales como Fe y Ca.**
- **Son órganos o tejidos suculentos y tiernos con alto contenido de celulosa que los hace flexibles y que facilitan la digestión de otros alimentos.**
- **Se producen generalmente en ciclos o periodos vegetativos cortos, en promedio entre 85 y 100 días.**
- **Requieren de cultivos intensivos y demandan mucha mano de obra.**
- **Generan altos rendimientos por unidad de superficie cultivada**



PRINCIPALES CULTIVOS HORTÍCOLAS EN MÉXICO 2017



CULTIVOS	Superficie Cosechada ha	Rendimiento Medio kg/ha	Volumen de la Producción ton	Valor de la Producción millones	Consumo anual per cápita kg	Estados con mayor producción
Cebolla	52,000	31.4	1'620,318	8119	10.5	Chih., y Gto.
Calabacita	29,000	19.2	550,410	3244	1.6	Son., y Pue.
Brócoli	34,000	16.7	575,000	3343	1.7	Gto., y Pue.
Chile verde	160,000	20.5	3'297,000	29125	18.1	Chih., y Sin.
Chile seco			120,000	6559		SLP y Zac.
Coliflor	4,000	25.6	111,000	479	0.6	Gto., y Pue.
Jitomate	50,000	69.1	3'470,000	25483	15.2	Sin., y SLP
Lechuga	21,000	22.9	481,000	1843	2.5	Gto., y Zac.
Nopalitos	12,000	68.7	829,000	1742	6.3	Mor., y CDMX
Papa	59,000	29	1,715,000	11273	14.8	Son., y Sin.
Pepino	20,000	47.4	956,000	5502	1.6	Sin., y Son.
Tomate verde	43,000	18.1	773,000	3515	5.1	Sin., y Zac.

Atlas Agroalimentario, 2012-2018



CLASIFICACIÓN DE LAS HORTALIZAS POR SU CONDICIÓN CLIMÁTICA



Templado subhúmedo con lluvias en verano: C (w_1) w

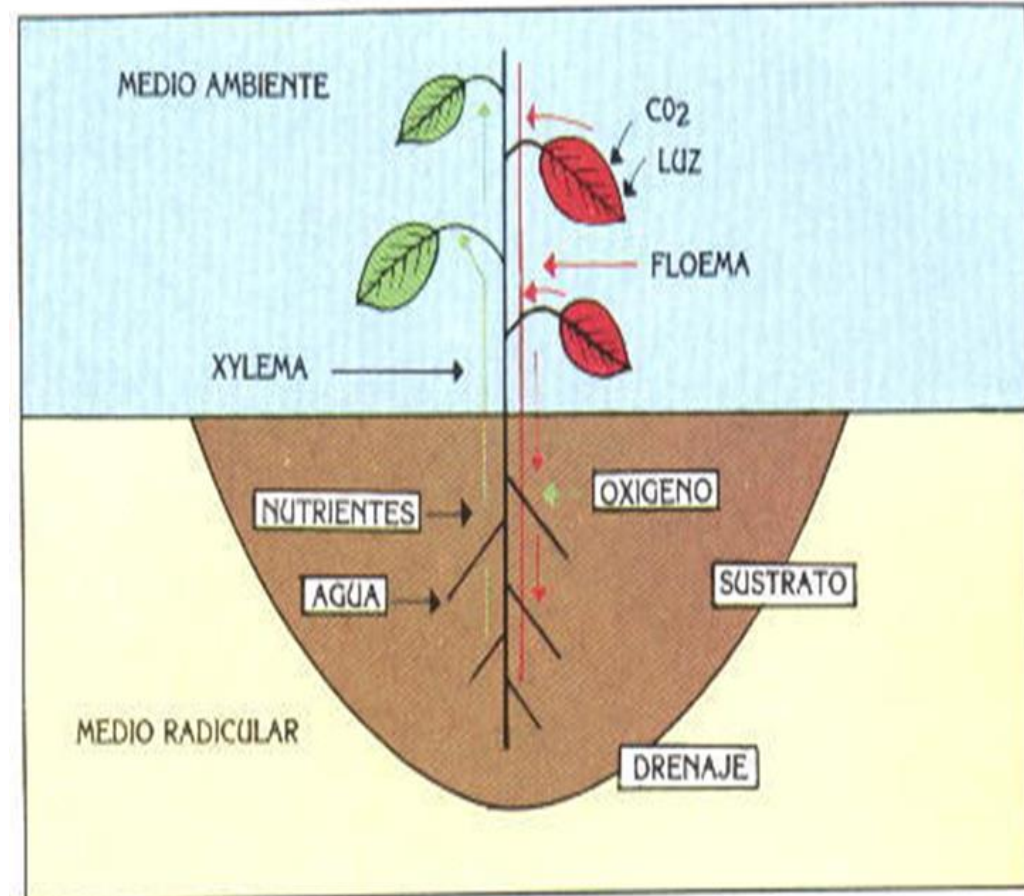
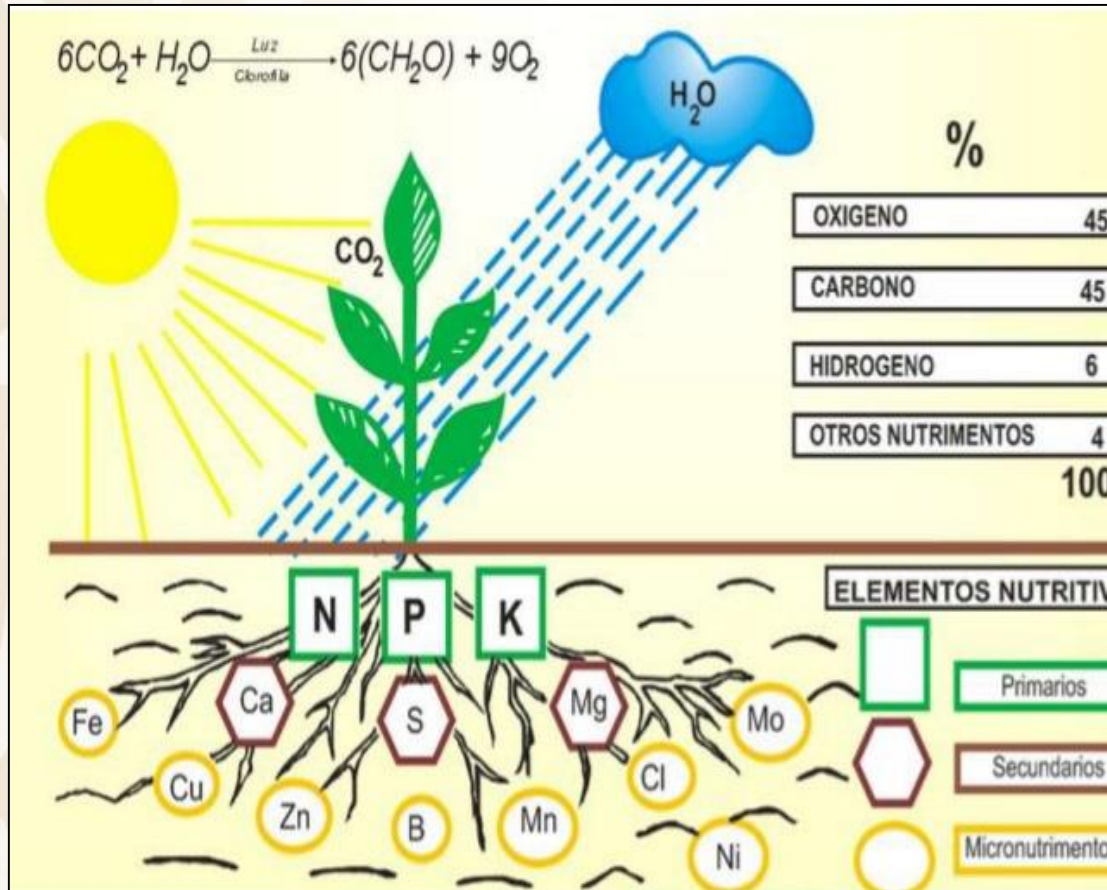
Brócoli, coliflor, ajo, chile poblano, haba, col, papa, col de bruselas, lechuga, alcachofa, espárrago, zanahoria, acelga, apio, cilantro, espinaca y puerro.

Cálido subhúmedo con lluvias en verano: A w_0 (w)

Chícharo, cebolla, jitomate, tomate de cáscara, chile jalapeño, calabacita, lechuga.



NUTRIMENTOS ESENCIALES PARA LAS PLANTAS



Movimiento de nutrientes y agua.



NUTRIMENTOS ESENCIALES



La planta no puede completar su ciclo de vida, bajo ausencia del elemento.

La acción del elemento debe ser específica y ningún otro elemento puede sustituirlo.

El elemento deberá estar directamente relacionado con la nutrición de la planta, esto es como constituyente de un metabolito esencial, o que sea necesaria su presencia para la acción de una enzima.



Arnon y Stout, 1934

ELEMENTOS BENÉFICOS PARA LAS PLANTAS

Arroz, soya, brásicas Ce

- Modificación del sistema antioxidante y mejora fotosintética
- Defensa contra radiación UV

Plantas C4, CAM y halófitas Na

- Esencial en el metabolismo C4 y CAM
- Actúa como osmolito, especialmente en halófitas
- Cofactor alternativo, reemplaza al K

Algas, musgos, hiperacumuladoras V

- Estimula crecimiento
- Aumenta la actividad fotosintética y la biosíntesis de clorofila

Leguminosas Co

- Esencial para rizobacterias simbióticas
- Estimula defensa contra herbívoros
- Incrementa la resistencia a sequía

Gramíneas La

- Aumento de rendimiento y calidad de cosechas
- Estabiliza citoesqueleto y promueve fotosíntesis



Plantas en suelos ácidos Al

- Mejora calidad de ornamentales
- Mejora defensa contra herbívoros
- Previene toxicidad por Fe
- Puede promover absorción de P

Gramíneas Ti

- Estimula crecimiento y rendimiento
- Incrementa la actividad de la enzima NR y la acumulación de Mg, Fe, Mn y Zn

Hiperacumuladoras de Se Se

- Mejora defensa contra herbívoros
- Previene toxicidad por P
- Posible antioxidante

Pastos, ciperáceas, colas de caballo Si

- Estimula defensa contra herbívoros
- Promueve resistencia contra estrés abiótico
- Componente esencial de pared celular
- Regula el transporte de metales

Verduras de hoja y leguminosas I

- Biofortificación, aumento del vigor
- Promueve síntesis de clorofila, mejora la actividad fotosintética, estimula la síntesis de carbohidratos
- Actúa como estimulante de síntesis de hormonas
- Incrementa la tolerancia a la salinidad

- Ni = Níquel
- Ce = Cerio
- Na = Sodio
- V = Vanadio
- Co = Cobalto
- La = Lantano
- Al = Aluminio
- Ti = Titanio
- Se = Selenio
- Si = Silicio
- I = Iodo



CONCENTRACIÓN DE LOS NUTRIMENTOS EN LAS PLANTAS



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



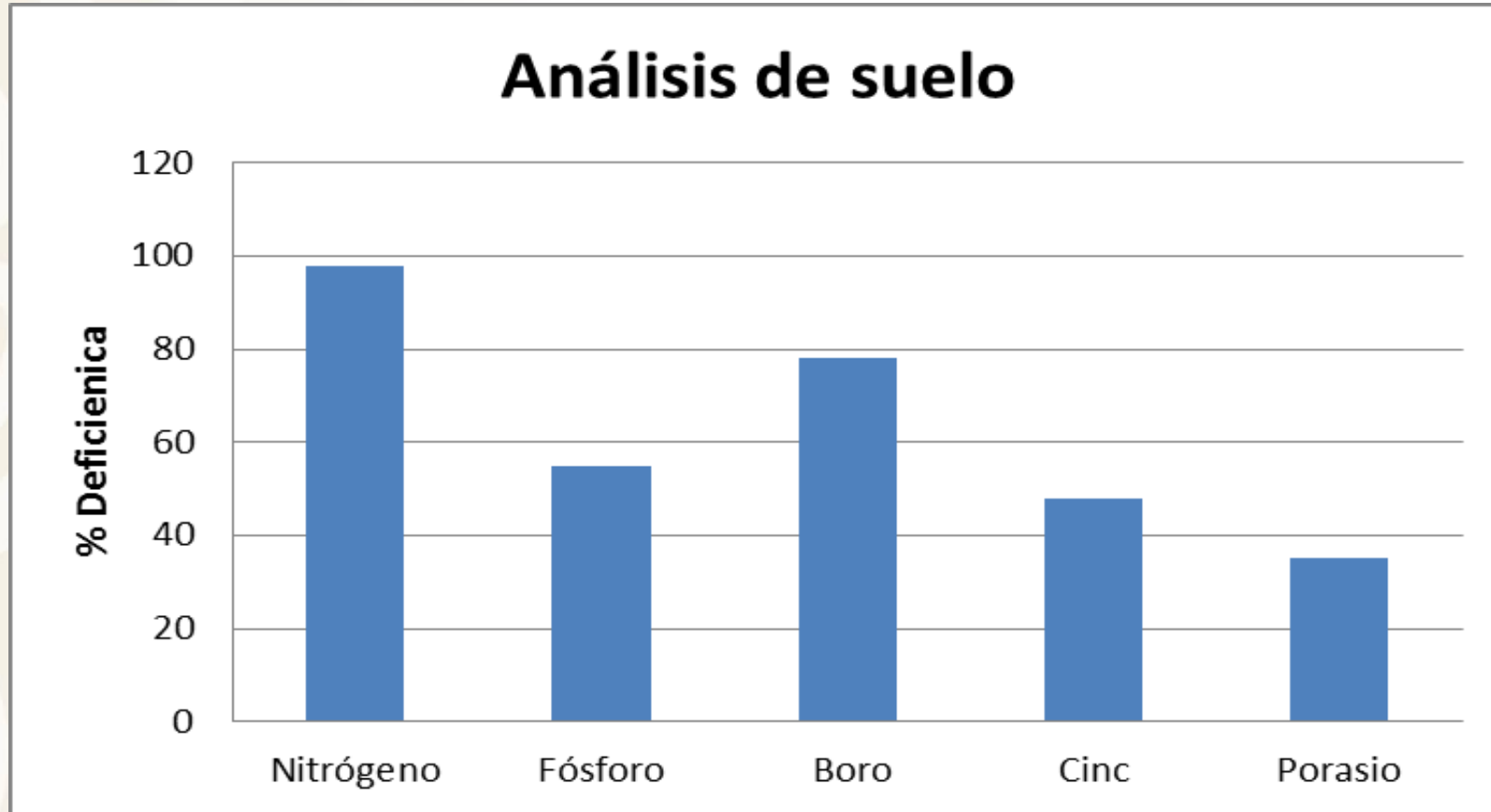
TABLA 2.1.
Concentraciones de los elementos esenciales consideradas aceptables para la mayoría de las plantas

Elemento	Símbolo	Forma disponible	Peso atómico	ppm	Concentración en tejido seco %	Número relativo de átomos comparados con molibdeno
Hidrógeno	H	H ₂ O	1,01	60.000	6	60.000.000
Carbono	C	CO ₂	12,01	450.000	45	35.000.000
Oxígeno	O	O ₂ , H ₂ O	16,00	450.000	45	30.000.000
Macronutrientes						
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	14,01	15.000	1,5	1.000.000
Potasio	K	K ⁺	39,10	10.000	1,0	250.000
Calcio	Ca	Ca ⁺⁺	40,08	5.000	0,5	125.000
Magnesio	Mg	Mg ⁺⁺	24,32	2.000	0,2	80.000
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ⁻	30,98	2.000	0,2	60.000
Azufre	S	SO ₄ ⁻	32,07	1.000	0,1	30.000
Micronutrientes						
Cloro	Cl	Cl ⁻	35,46	100	0,01	3.000
Boro	B	Bo ₃ , B ₃ O ₃ ⁻	10,82	20	0,002	2.000
Hierro	Fe	Fe ⁺⁺⁺ , Fe ⁺⁺	55,85	100	0,01	2.000
Manganeso	Mn	Mn ⁺⁺	54,94	50	0,005	1.000
Zinc	Zn	Zn ⁺⁺	65,38	20	0,002	300
Cobre	Cu	Cu ⁺⁺ , Cu ⁺	63,54	6	0,0006	100
Molibdeno	Mo	MoO ₄	95,95	0,1	0,00001	1

Fuente: Salisbury, F B. y C Ross. 1969. *Plant Physiology*. Belmont, Calif.: Wadsworth, p. 194.



RESULTADOS DE 35,000 MUESTRAS



APLICACIÓN DE LOS NUTRIMENTOS COMO FERTILIZANTES

Son sustancias naturales o sintéticas, que se incorporan al suelo o al agua de riego y que contienen uno o más nutrientes esenciales para las plantas y que al aplicarlos están disponibles para su nutrición, desarrollo y fructificación.



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



MOVILIDAD DE LOS NUTRIMENTOS



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Entender la movilidad de los nutrientes en suelo y planta, permite identificar y corregir deficiencias nutrimentales de manera oportuna.

Movilidad de los elementos esenciales

Elemento	En el suelo	En la planta
N	muy alta	media-alta
P	muy baja	alta
K	media-alta	alta
Ca	media-alta	muy baja
Mg	media	media
S	media	baja
Fe	media-baja	muy baja
Mn	media	media-baja
B	media-baja	media-baja
Zn	media-baja	media
Mo	media	alta
Cu	baja	baja



MODELO DEL BALANCE NUTRIMENTAL PARA CALCULAR DOSIS DE FERTILIZANTES



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Aplicación del método experimental

$$\text{DOSIS} = \frac{(\text{DEMANDA DEL CULTIVO}) - (\text{APORTES DEL SUELO})}{\text{EFICIENCIA DE LA RECUPERACIÓN DEL FERTILIZANTE}}$$

DEMANDA DEL CULTIVO = REND ESPERADO (ton / ha) X EXTRACCIÓN (kg / ton)

APORTES DEL SUELO = RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO (kg / ha)

EFICIENCIA DE LA RECUPERACIÓN DEL FERTILIZANTE = 0.75 - 1



He *et al.*, 2016; Cartagena, *et al.* 2010

REQUERIMIENTOS NUTRIMENTALES DE LOS CULTIVOS HORTÍCOLAS



CULTIVO	RENDIMIENTO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
HORTÍCOLA	ESPERADO T/ha	Requerimientos nutrimentales en kg / Rendimiento esperado				
Jitomate	100 / 81	260	97	519	40	60
Pimiento	22.5	153	58	243	48	n.d.
Pepino	25	101	31	195	28	n.d.
Ejote	10	155	37	183	19	n.d.
Lechuga	50	101	34	207	n.d.	n.d.
Chicharo	3.1	184	39	118	20	11
Papa	62	301	101	612	56	25
Col	88	302	71	279	40	72
Cebolla	75	202	90	179	20	41



Ciampitti y García, 2008

ANÁLISIS DE SUELO Y AGUA

La aplicación de los fertilizantes debe hacerse únicamente cuando la recomendación del análisis de suelo y agua, indiquen que él o los nutrimentos esenciales no se encuentra en cantidades suficientes en el suelo.



ANÁLISIS DE SUELO



Determinación	Productor Maíz Atzitzhuacan Temporal		Productor de jitomate Aquixtla Invernadero	
Textura	Franco arenoso		Franco arcillo arenoso	
pH	5.18		6.3	
CE	0.04	dS/m ⁻¹	4.31	dS/m ⁻¹
Materia orgánica	2.16	%	3.60	%
CIC	10	cmo(+)/kg	8.7	cmo(+)/kg
Dap	1.25	g.cm ³	1.21	g.cm ³
N	39	ppm	237	ppm
Mg	336	ppm	6.7	ppm
P	20.5	ppm	303	ppm
K	270	ppm	3128	ppm
Na	178	ppm	207	ppm
Ca	1000	ppm	5450	ppm
Mg	27.6	ppm	814	ppm
Fe	49.3	ppm	28	ppm
Mn	25.6	ppm	62	ppm
Cu	0.94	ppm	11	ppm
Zn	27	ppm	15	ppm
B	0.88	ppm	4.6	ppm



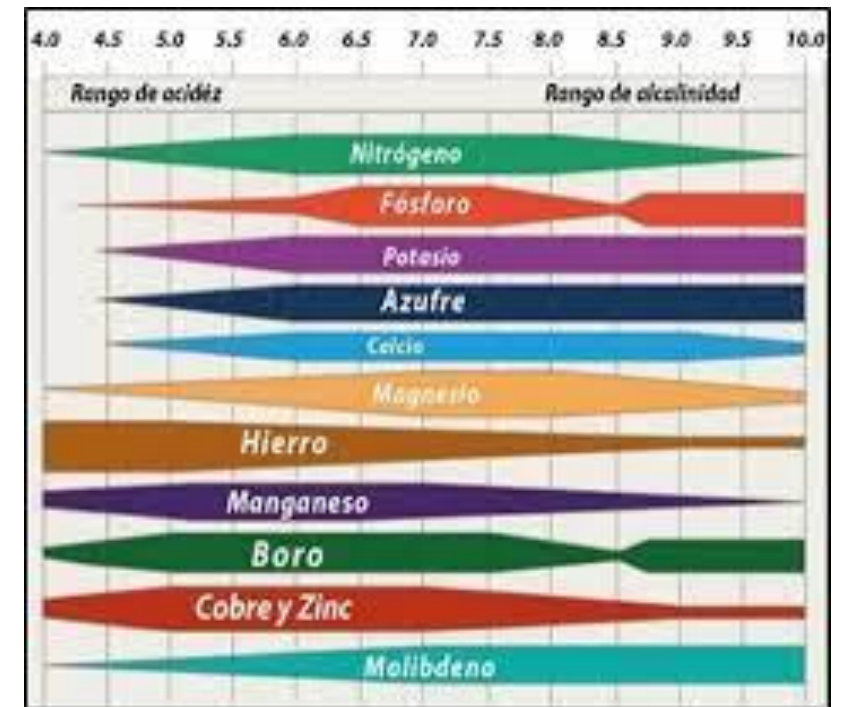
Fuente: Aparicio, 2013; Mancilla, 2017

pH Y CE DEL SUELO

La disponibilidad de nutrimentos en el suelo depende pH y la conductividad eléctrica (CE)

Los fenómenos de absorción nutrimental por las plantas, ocurren cuando los nutrimentos están disueltos en agua.

Diagrama de Troug



ANÁLISIS DE AGUA



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Determinación	Productor de Hortalizas Calvario, Cholula		Productor de jitomate Aquixtla Invernadero	
pH	7.85		5.9	
C.E	0.79	dS/m ⁻¹	1.05	dS/m ⁻¹
NO ₃ ⁻	5	ppm	3.85	ppm
NH ₄ ⁺	5	ppm	4.34	ppm
H ₂ PO ₄ ⁻	6,3	ppm	Nd	ppm
K ⁺	3	ppm	2.023	ppm
Ca ²⁺	26,8	ppm	9.078	ppm
Mg ²⁺	53,8	ppm	9.125	ppm
SO ₄ ²⁻	144	ppm	19.812	ppm
Fe ²⁺	0	ppm	49.579	ppm
Mn ²⁺	0,1	ppm	0.079	ppm
Zn ²⁺	0	ppm	0.162	ppm
Cu ²⁺	0	ppm	0.002	ppm
B ³⁺	0	ppm	0.001	ppm
Cloruros	1,8	Meq·L ⁻¹	26.78	ppm
Carbonatos	0,2	Meq·L ⁻¹	-	ppm
Bicarbonatos	2,2	Meq·L ⁻¹	76.22	ppm

Fuente: Aparicio, 2013; Mancilla, 2017



APLICACIÓN DEL “MODELO DEL BALANCE NUTRIMENTAL”



Calcular las dosis de fertilizante nitrogenado, fosfórico y potásico para jitomate con un rendimiento esperado de 100 y 69 ton / ha, en un suelo fértil.

El análisis de suelo indica que el Nitrógeno es deficiente, **Fósforo tiene 40 kg / ha y de potasio 120 kg / ha.**

El análisis de agua indica que no tiene nitratos, fosfatos ni potasio.

Para N = $100 \times 2.6 = 260 \text{ kg} - 00 = (260 / 0.75) = \mathbf{346 \text{ kg.}}$

Para 69 ton = **239 kg.**

Para $P_2O_5 = (100 \times 0.97) = 97 - 40 = (57 / 0.75) = \mathbf{76 \text{ kg.}}$

Para 69 ton = **89 kg.**

Para $K_2O = 100 \times 5.19 = 519 - 120 = (399 / 0.75) = \mathbf{532 \text{ kg.}}$

Para 69 ton = **317 kg.**

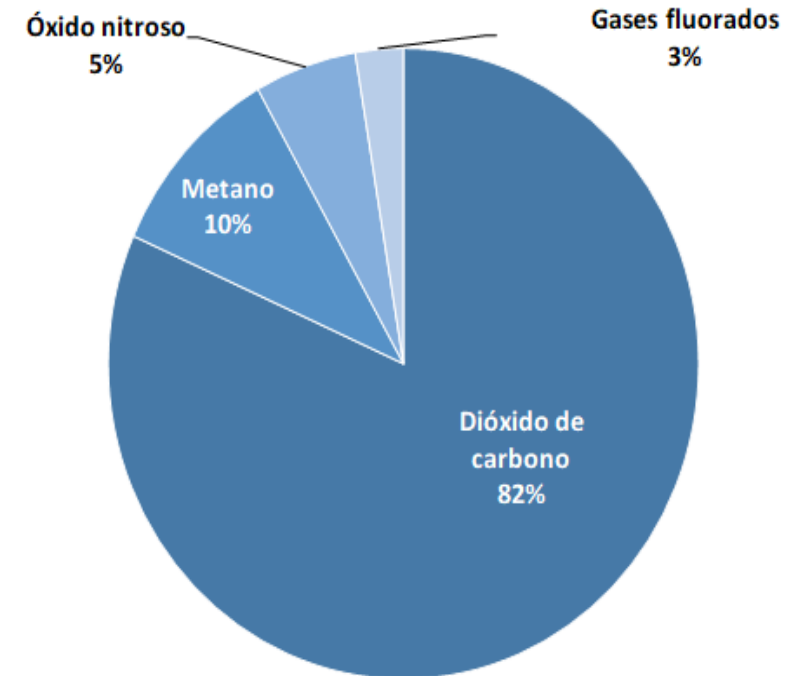


CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Gases de efecto invernadero
Vapor de Agua; CO₂; N₂O; O₃; CH₄;
Compuestos Clorofluorocarbonados



Emisión de gases de efecto invernadero en EE.UU. Durante el 2017



EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Pamela, Nayarit, 2021



Pamela, 2021



Volcán Cumbre vieja

España, 2021



CDMX, 2021



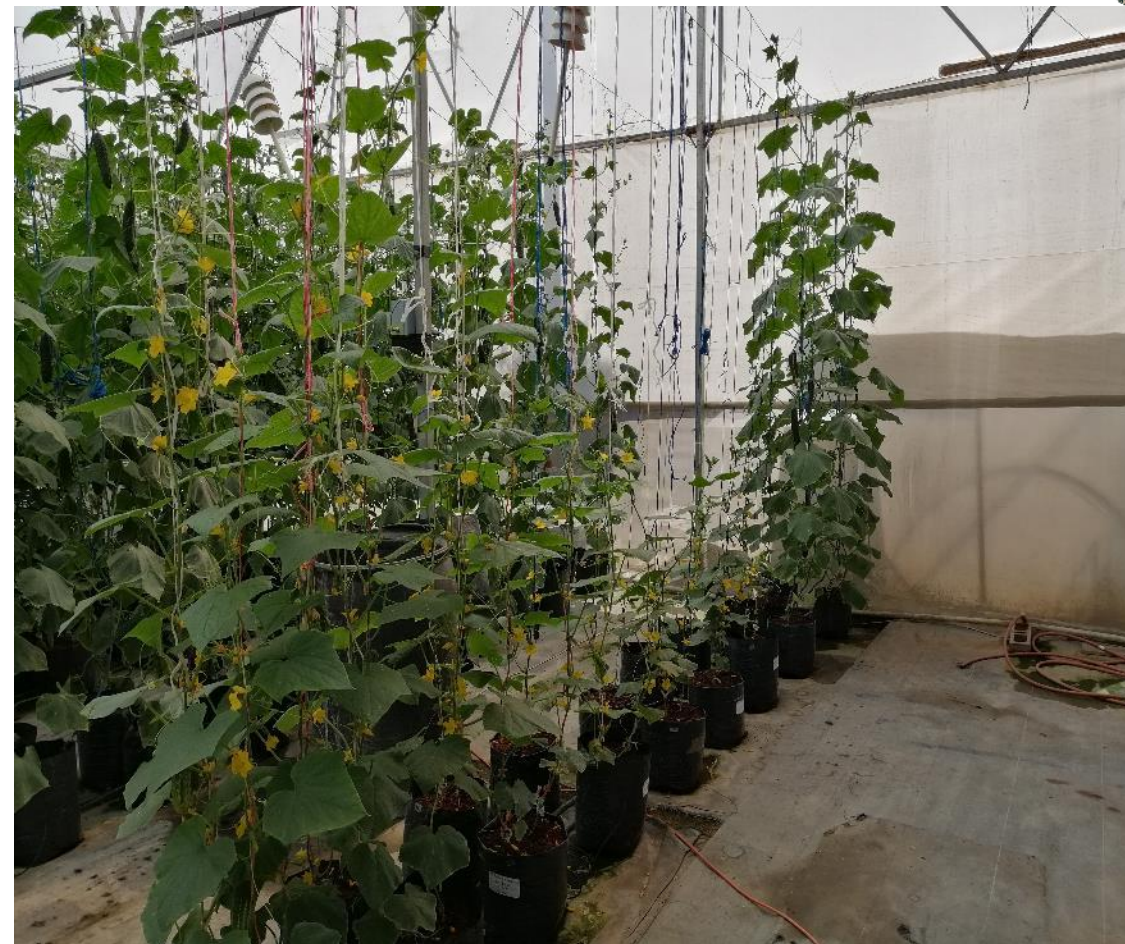
Ixtacamaxtitlán, Puebla, 2021



INTERACCIÓN SEMILLA / CLIMA / NIÑOS



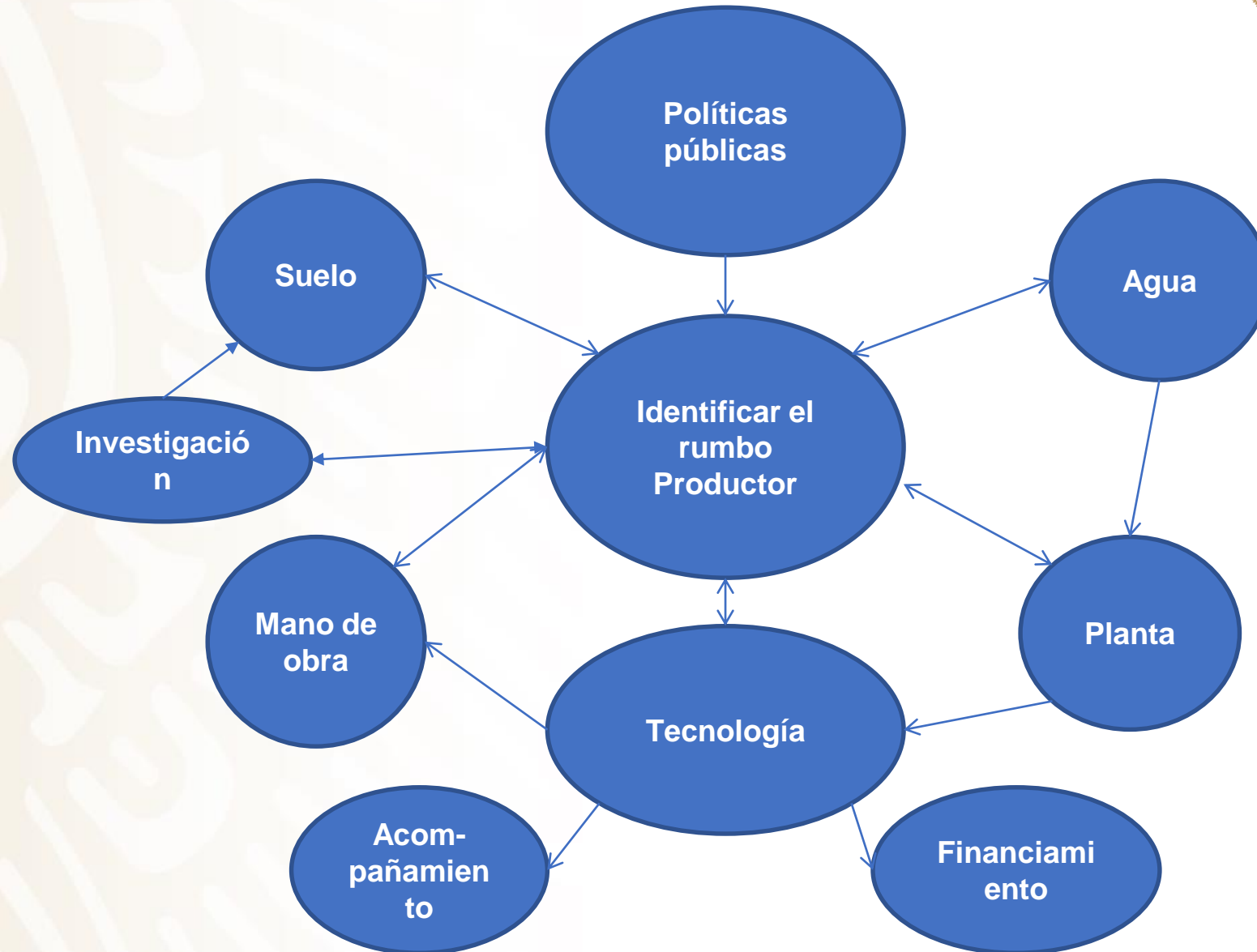
AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



ESQUEMA DE PRODUCCIÓN



AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL





AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Maestría en Ciencias: “Producción de plantas con potencial fitoquímico”



Alimentos funcionales

López, 2002 y 2006





Alimentos funcionales

López M. A. 2006. Alimentos funcionales, salud a la carta. Revista de Divulgación Científica. UNAM. Citando a la revista *Food Technology* menciona que “Son aquellos a los que se les ha agregado un nutraceutico, es decir una sustancia que es nutricional y farmacéutica a la vez. Explica que la mayor parte de los vegetales tienen algún tipo de fitoquímico los cuales son complementados con bacterias en la industria alimentaria con probióticos y prebióticos.”

Compuestos bioactivos

Bestard, M. J. M. 2016. Compuestos bioactivos en el adobo de ajo, perejil y limón. Efectos sobre salud. Master Universitario en Nutrigenómica y Nutrición Personalizada. Universitat De Les Illes Balears. 27 p. Son aquellos que incorporan la potencialidad de los alimentos para promocionar salud mejorar el bienestar y reducir el riesgo de desarrollar enfermedades ya que al comer más sano, se busca una nutrición adecuada y al obtener el beneficio que aportan al metabolismo por sus propiedades antioxidantes y patologías relacionadas con el estrés oxidativo, la aterosclerosis y su capacidad antidiabética.



ALGUNOS TRABAJOS REALIZADOS EN CAMPUS PUEBLA



Montiel V. J. 2017. Micro encapsulación mediante el secado por aspersión como una alternativa de conservación del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), producido en invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias. Posgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Campus Puebla-Colegio de Postgraduados. Puebla, Pue.

Ortiz L. M. 2019. Análisis de compuestos fenólicos totales, L-Dopa y actividad antioxidante de dos métodos de secado de *Vicia faba* L. Tesis de Maestría en Ciencias. Posgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Campus Puebla-Colegio de Postgraduados. Puebla, Pue.

Fuentes H. P. B. 2021. Aprovechamiento de la planta de haba (*Vicia faba* L.) para la obtención de compuestos bioactivos. Tesis de Doctora en Ciencias. Posgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Campus Puebla-Colegio de Postgraduados. Puebla, Pue.



Referencias

- Alcántar, G. G., Trejo T. L. I., y Gómez, M. F. C. 2016. Nutrición de cultivos. 2a Edición. Biblioteca Básica de Agricultura. Colegio de Postgraduados. México. 443 p.
- Bioterra. Fertilizantes. S/A. <http://bioterra.mx/conversiones/index.htm>
- Cartagena, Y., Galvis, A., Hernández, T. y Arévalo, G. 2010. Determinación de la demanda nutrimental de N en Brócoli (*Brassica oleracea italica*). XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo, Ecuador. pp.1-12.
- Ciampitti, A. I. y García, O. F. 2005. Requerimientos nutrimentales. Archivo Agronómico No. 12. Argentina.
- **Conversión de unidades usadas en laboratorios de suelos.** <https://bioterra.mx/conversiones/index.htm>
- Etchevers, B. J. D., J. Rodríguez y A. S. Galvis. 1991. Generación de recomendaciones de fertilización mediante un enfoque sistémico racional. Terra. 9:3-10.
- He, X., Xu, X., Chuan, L., y Johnston A. 2016. Evaluation of a new fertilizer recommendation approach to improve nitrogen use efficiency across small-holder farm in China. Proceedings of the 2016 International Nitrogen Conference “Solution to improve nitrogen use efficiency for the world” pp. 4-8. Melbourne, Australia.
- López, M. A. 2002. Alimentos funcionales: salud a la carta. Revista de Divulgación Científica de la UNAM. No. 42, mayo. pp 10-17.
- López, M. A. 2006. Cuando el estrés oxidativo nos alcance. Revista de Divulgación Científica de la UNAM. No. 89, abril. pp. 10-15.
- Montiel-Ventura, J., Luna-Guevara, M.L., Tornero-Campante, M.A., Delgado-Alvarado, A. y Luna-Guevara, J.J. 2018. Study of encapsulation parameters to improve content of lycopene in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) powers. Acta Alimentaria, Vol. 47 (2), pp. 135–142
- SIAP-SAGARPA. 2018. Atlas - Agroalimentario 2012-2018. 1ª Edición. México. 220 p.
- Sierra, A., Simonne, E., & Treadwell, D. 2007. Principios y prácticas para el manejo de nutrientes en la producción de hortalizas. *EDIS*, (17).
- Algunas fotografías fueron extraídas del apartado de imágenes de google.



¡GRACIAS!

AGRICULTURA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



Dr. Mario A. Tornero Campante
Campus Puebla – Colegio de Postgraduados SADER
“Maestría en Producción de Plantas con Potencial Fitoquímico”
mtornero@colpos.mx

