

Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía

Handbook T-II

PÉREZ-SOTO, Francisco
FIGUEROA-HERNÁNDEZ, Esther
GODÍNEZ-MONTOYA, Lucila
PÉREZ-FIGUEROA, Rebeca A

Directores

Biología, Agronomía y Economía

ECORFAN®

Volumen II

Para futuros volúmenes:
<http://www.ecorfan.org/handbooks/>

ECORFAN Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía

El Handbook ofrecerá los volúmenes de contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica de la Universidad Autónoma Chapingo en su área de investigación en Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Además de tener una evaluación total, en las manos de los directores de la Universidad Autónoma Chapingo se colabora con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (RENIECYT- LATINDEX- UNIVERSIA- DIALNET- ResearchGate- DOI- REBID- ScholarGoogle- DULCINEA CLASE- Sudoc- HISPANA- SHERPA- eREVISTAS- Mendeley), el Handbook propone así a la comunidad académica, los informes recientes sobre los nuevos progresos en las áreas más interesantes y prometedoras de investigación en Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía.

Pérez-Soto, Francisco · Figueroa-Hernández, Esther · Godínez-Montoya, Lucila · Pérez-Figueroa, Rebeca A.

Editores

Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía

Universidad Autónoma Chapingo. Julio, 2017.

ECORFAN®

Editores

Pérez-Soto, Francisco
Figueroa-Hernández, Esther
Godínez-Montoya, Lucila
Pérez-Figueroa, Rebeca A.

Universidad Autónoma Chapingo

ISBN-978-607-8324-31-9
Sello Editorial ECORFAN: 607-8324
Número de Control HCBAE: 2017-02
Clasificación HCBAE (2017): 210717-0107

©ECORFAN-México, S.C.

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley Federal de Derechos de Autor ,podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos ,de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Para los efectos de los artículos 13, 162,163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169,209 fracción III y demás relativos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Violaciones: Ser obligado al procesamiento bajo ley de copyright mexicana. El uso de nombres descriptivos generales, de nombres registrados, de marcas registradas, en esta publicación no implican, uniformemente en ausencia de una declaración específica, que tales nombres son exentos del protector relevante en leyes y regulaciones de México y por lo tanto libre para el uso general de la comunidad científica internacional. HCBAE es parte de los medios de ECORFAN (www.ecorfan.org)

Prefacio

Una de las líneas estratégicas de la misión y visión universitaria ha sido la de impulsar una política de ciencia, tecnología e innovación que contribuya al crecimiento económico, a la competitividad, al desarrollo sustentable y al bienestar de la población, así como impulsar una mayor divulgación en beneficio del índice de desarrollo humano, a través de distintos medios y espacios, así como la consolidación de redes de innovación de la investigación, ciencia y tecnología en México.

La Universidad Autónoma Chapingo visualiza la necesidad de promover el proceso de la investigación, proporcionando un espacio de discusión y análisis de los trabajos realizados fomentado el conocimiento entre ellos y la formación y consolidación de redes que permitan una labor investigativa más eficaz y un incremento sustancial en la difusión de los nuevos conocimientos. Este volumen II contiene 10 capítulos arbitrados que se ocupan de estos asuntos en Tópicos Selectos de Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía, elegidos de entre las contribuciones, reunimos algunos investigadores y estudiantes de posgrado, a partir de dos estados de México.

Navarrete, Ríos, Torres, Torres y Castaño abren la obra con la determinación de la productividad del agua en garbanzo (*Cicer arietinum*) blanco y trigo (*Triticum vulgare*) grano producido en Cajeme, Sonora. *Moreno, Santiago, Vilchis, Martínez, Trejo y Leyva* estudian Silicio en el control de *Botrytis cinerea* en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en hidroponía. *Santiago, Guerrero, Vilchis, Martínez, Trejo y Leyva* analizan la Efectividad in vitro de fungicidas biológicos, químicos y alternativos contra *Botrytis cinerea* (Pers.) de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Sánchez, Guerra y Reséndiz* presentan la biofertilización en *Stevia rebaudiana* Bertoni, Var. Morita II.

Ramírez, Gómez, Trejo, Pérez, García y Senties presentan Silicio en germinación y crecimiento inicial de arroz. *Cruz, Noriega y Martínez* estudian la Tipología económica – ecológica de productores cafetaleros de la región costa de Oaxaca. *De La Rosa, Pérez y Cruz* analizan la producción de árboles de navidad (*Abies hickelii*), en México.

Carrillo expone diseño de un método para obtener de manera pertinente, cultivos de *Zea mays* aptos para la agricultura salina. *Gómez* analiza la detección de fallas en el proceso de rolado de perfil C destinado a invernaderos. *Salazar, Rojano, Fitz y López* estudian la predicción de la temperatura y humedad absoluta en una granja de pollos

Quisiéramos agradecer a los revisores anónimos por sus informes y muchos otros que contribuyeron enormemente para la publicación en éstos procedimientos repasando los manuscritos que fueron sometidos. Finalmente, deseamos expresar nuestra gratitud a la Universidad Autónoma Chapingo en el proceso de preparar esta edición del volumen.

PÉREZ-SOTO, Francisco
FIGUEROA-HERNÁNDEZ, Esther
GODÍNEZ-MONTOYA, Lucila
PÉREZ-FIGUEROA, Rebeca A.

Texcoco de Mora, México. Julio, 2017

Contenido	Pág.
1 Determinación de la productividad del agua en garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>) blanco y trigo (<i>Triticum vulgare</i>) grano producido en Cajeme, Sonora NAVARRETE-MOLINA, Cayetano, RÍOS-FLORES, José Luis, TORRES-MORENO, Miriam, TORRES-MORENO, Marco Antonio y CASTAÑO-QUINTERO, Paula Andrea	1-12
2 Silicio en el control de <i>Botrytis cinerea</i> en fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) en hidroponía MORENO-GUERRERO, Disraeli Eron, SANTIAGO-ELENA, Eduardo, VILCHIS-ZIMUTA, Robert, MARTÍNEZ-CRUZ, Julieta, TREJO-TÉLLEZ, Libia Iris y LEYVA-MIR, Santos Gerardo	13-19
3 Efectividad <i>in vitro</i> de fungicidas biológicos, químicos y alternativos contra <i>Botrytis cinerea</i> (Pers.) de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) SANTIAGO-ELENA, Eduardo, GUERRERO-MORENO, Disraeli Eron, VILCHIS-ZIMUTA, Robert, MARTÍNEZ-CRUZ, Julieta, TREJO-TÉLLEZ, Libia Iris y LEYVA-MIR, Santos Gerardo	20-26
4 Biofertilización en <i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni, Var. Morita II SÁNCHEZ-CARRILLO, Román, GUERRA-RAMÍREZ, Priscila y RESÉNDIZ S., Isidro	27-32
5 Silicio en germinación y crecimiento inicial de arroz RAMÍREZ-OLVERA, Sara Monzerrat, GÓMEZ-MERINO, Fernando Carlos, TREJO-TÉLLEZ, Libia Iris, PÉREZ-SATO, Juan Antonio, GARCÍA-MORALES, Soledad y SENTÍES-HERRERA, Héctor Emmanuel	33-39
6 Tipología económica – ecológica de productores cafetaleros de la región costa de Oaxaca CRUZ, Sergio, NORIEGA, Gerardo y MARTÍNEZ, Alexander	40-53
7 Producción de árboles de navidad (<i>Abies hickelii</i>), en México DE LA ROSA-ZAMORA, Alejandro, PÉREZ-SOTO, Francisco y CRUZ-CRUZ, Nancy Vianey	54-64
8 Diseño de un método para obtener de manera pertinente, cultivos de <i>Zea mays</i> aptos para la agricultura salina CARRILLO-CASTAÑEDA, Guillermo M.	65-77
9 Detección de fallas en el proceso de rolado de perfil C destinado a invernaderos GÓMEZ-ÁGUILA, María Victoria	78-87

10 Predicción de la temperatura y humedad absoluta en una granja de pollos 88-101
SALAZAR-MORENO, Raquel, ROJANO-AGUILAR, Fernando, FITZ-RODRÍGUEZ, Efrén y LÓPEZ-CRUZ, Irineo L.

Apéndice A. Consejo Editor ECORFAN 102-104

Apéndice B. Comité Arbitral ECORFAN 105

Determinación de la productividad del agua en garbanzo (*Cicer arietinum*) blanco y trigo (*Triticum vulgare*) grano producido en Cajeme, Sonora

NAVARRETE-MOLINA, Cayetano, RÍOS-FLORES, José Luis, TORRES-MORENO, Miriam, TORRES-MORENO, Marco Antonio y CASTAÑO-QUINTERO, Paula Andrea

C. Navarrete`, J. Ríos`, M. Torres``, M. Torres```` y P. Castaño``````

`Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Domicilio Conocido Carretera Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Durango, C.P. 35230. Tel. + 52 (871) -7760160.

``SAGARPA, Delegación-Región Lagunera-Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural, Cd. Lerdo, Dgo., Calle Chihuahua No 14OTE. C.P. 35000 México

````Innovación Ambiental para la Conservación y Desarrollo Sustentable A.C. Diego Rivera No.1 Int. 203 Unidad ISSSTE Texcoco Edo de México.

``````Universidad de Córdoba, España. Avenida de Medina Azahara No 5. CP. 14071. Córdoba, España  
ingnavarretem@hotmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

Abstract

The objective was to determine the water footprint of the cultivation of wheat and white chickpea produced in Cajeme, Sonora, which developed mathematical models that determine the efficiency and productivity of water in both crops. It was determined that total 1,056L kg⁻¹ of wheat and 1,621L kg⁻¹ in white chickpea. Physical productivity indicators were 0.947 kg m⁻³ in wheat and 0.617kg m⁻³ in white chickpea. In wheat crop were used a total of 115.63 m³ of water to generate US\$1 of loss, and chickpea employed a total of 6.84 m³ per dollar of gain. The social productivity was 0.56 jobs hm³ in wheat and 1.16 jobs hm³ in chickpea. It is concluded that white chickpea produced in Cajeme was more efficiency than the wheat in physic and economic terms.

1 Introducción

La agricultura de riego del país, se ha establecido en su mayor parte en las zonas áridas y semiáridas, por esta razón se ha construido un conjunto de obras hidráulicas para almacenar, alumbrar y distribuir el agua que requieren los cultivos agrícolas durante su crecimiento. Actualmente el reto al que se enfrenta esta actividad consiste en alcanzar mayores índices de eficiencia de los volúmenes derivados, para combatir estratégicamente el peligro creciente, de tener menos disponibilidad en cantidad y calidad de agua para los diferentes usos (CONAGUA, 2007). La agricultura en la actualidad se enfrenta a varios retos de sustentabilidad económica y ecológica. En este contexto, zonas de riego del Noroeste de México, sobre todo las de bombeo, hacer un uso más eficiente de los recursos, principalmente del agua, así como de elevar la productividad y eficiencia de la misma (INIFAP, 2004). En este sentido las regiones del noroeste de México, particularmente el estado de Sonora, de gran tradición cerealera, donde el 53% de sus superficie agrícola se siembra de trigo y garbanzo. Particularmente en el Distrito Cajeme, Sonora, el SIAP (2014) reportó un total de 269,323.69 hectáreas, de las cuales el 73.70% se estableció de trigo y garbanzo, lo que representó el 53.72% del Valor Bruto de la Producción (VBP) de esa región agrícola.

Sin embargo, de acuerdo con el INIFAP (2004), a nivel estatal los productores han tenido que balancear, su actividad agrícola con otras opciones de cultivo, como frutas y hortalizas que puedan comercializarse en los mercados internacionales. En este sentido el garbanzo posee características agronómicas que le asignan ventajas sobre otros cultivos como el trigo, por lo que se ha convertido en uno de los pilares económicos de la zona del noroeste, ya que combina el bajo requerimiento de agua, con una buena adaptación al clima desértico, además de tener buenos precios de mercado, por lo que se le ha considerado una buena opción en esa región para la producción (INIFAP, 2004), aunado a todo lo anterior la FAO (2003), menciona que a fin de lograr un mejor uso económico y social del agua se requieren de métodos para evaluar su productividad, a fin de tomar mejores decisiones en cuanto a políticas y estrategias de utilización de manera sostenible.

1.1 Metodología

1.1.1 Fuentes de información

Se utilizaron como datos base, mediante los cuales se obtuvieron todas y cada una de las demás variables, las cifras de superficie cosechada, producción física anual, precios por tonelada (dividiendo el Valor Bruto de la Producción entre la producción física anual), reportados para el Distrito de Riego DRR- 148, Cajeme Sonora, por el SIAP para el ciclo agrícola 2012, del SIAP y los costos por hectárea y número de jornales por hectárea reportados por FIRA en el 2012, obtenidos a través del Sistema de elaboración de Costos Agropecuarios en su Modulo Agrícola de FIRA para el cultivo de trigo grano y garbanzo blanco.

Las fuentes de datos son de carácter secundario, ya que se usaron datos del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, ciclo 2012, del SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera), específicamente cifras de superficie cosechada, producción física anual, Precio Medio Rural (PMR), y rendimientos físicos por ha para el cultivo de trigo y garbanzo grano, la segunda fuente, es FIRA, que a través de su página electrónica se obtuvo el costo total por hectárea, con cada uno de sus rubros constitutivos: preparación del suelo, siembra y fertilización, labores de cultivo, Riego, fitosanidad, cosecha, costo financiero y diversos. Asimismo, los costos de producción por hectárea de FIRA, considera el volumen neto de agua irrigada al cultivo, por lo que para obtener la lámina neta de riego, se dividió ese volumen de agua entre 10,000, así, la lámina neta se dio en metros lineales, y como FIRA maneja el volumen ya neto aplicado por hectárea al cultivo, no se sometió la lámina de riego a ningún porcentaje de eficiencia, se insiste, en tanto FIRA le consigna ya como volumen neto de agua aplicado.

1.1.2 Ecuaciones matemáticas empleadas y variables

Se analizaron las variables que se enlistan a continuación:

La cantidad de kg producidos por metro cúbico de agua (Kg m^{-3}), generada por el modelo:

$$\text{kg m}^{-3} = 10^{-1} * (\text{RF}/\text{LR}) \quad (1)$$

Dónde RF = rendimiento físico por hectárea (en ton ha^{-1}), LR = Lámina de Riego.

La cantidad de agua irrigada necesaria para producir un kg de producto físico, generada por el modelo:

$$\text{Litros kg}^{-1} = 10^4 * (\text{LR}/\text{RF}) \quad (1.1)$$

La cantidad de ganancia en dólares norteamericanos producida por cada hectómetro cúbico de agua irrigada, generada por el modelo:

$$\text{USD\$ de ganancia hm}^{-3} = 10^2 * g * \text{LR}^{-1} \quad (1.2)$$

Dónde: g = ganancia por ha. $g = \text{RM} - c = \text{RF} (p) - c$, RM = Rendimiento monetario o ingreso por hectárea, “p” es el PMR y “c” es el coste por hectárea.

La cantidad de agua irrigada (en m^3) necesaria para producir USD\$1 de ganancia, generada por el modelo:

$$\text{m}^3 \text{ g}^{-1} = 10^4 \text{ LR g}^{-1} \quad (1.3)$$

Dónde: 10^4 son los 10,000 m^2 de una ha.

La cantidad de empleos permanentes “E” asociados al uso de un hectómetro cúbico (hm^3) de agua usada en el riego, generado por el modelo:

$$\text{Empleos hm}^{-3} = (25/72) * (\text{J}/\text{LR}) \quad (1.4)$$

Dónde: J = número de jornales por hectárea. 1 Jornal = 8 horas de trabajo al día, se supone a priori, que una persona trabaja 6 jornadas a la semana durante 48 semanas al año, equivalente a 288 jornadas año⁻¹; $(25/72)$ es la simplificación de la regla de tres, en la que se tiene, arriba a la izquierda, a “ J ” y a su derecha la cantidad de metros cúbicos irrigados por hectárea (igual al producto de 10,000 m por la Lámina de riego “LR” en metros) y abajo, del lado izquierdo a “E” y a su lado derecho 1,000,000 de m³.

Índice de apropiación privada de ganancias en relación al precio pagado por el agua, generado por el modelo:

$$g / \text{precio del agua} = g \text{ m}^{-3} / \text{costo por m}^3 \text{ de agua} \quad (1.5)$$

Dónde: el “precio del agua” es la división del rubro de “Riego” dentro de los componentes o rubros en la estructura de costos “c” de producción por hectárea. Se analizaron además otras variables referentes a la productividad del capital y de la fuerza laboral, las cuales fueron las siguientes:

De la productividad del capital:

Relación Beneficio-Costo (RB/C), estimada por el modelo:

$$RB/C = RM / c \quad (1.6)$$

Tasa de ganancia, estimada por el modelo:

$$\text{Tasa de ganancia} = (RM - c) / c \quad (1.7)$$

Número de empleos “E” generados por cada millón de dólares, estimado por el modelo:

$$E/\text{millón de USD} = (10^6 * (J/(288))) / c \quad (1.8)$$

Dónde: 10^6 es un millón de dólares norteamericanos.

Punto de equilibrio “PE”, estimado por el modelo:

$$PE = c/RM = \text{Costo ha}^{-1} / RM \text{ ha}^{-1} \quad (1.9)$$

De la productividad del capital:

Cantidad de horas “h” invertidas de trabajo por hectárea, “h ha⁻¹”, estimado por el modelo:

$$h \text{ ha}^{-1} = J * 8 \quad (1.10)$$

Cantidad de horas de trabajo invertidas por tonelada, “h ton⁻¹”, estimada por el modelo:

$$h \text{ ton}^{-1} = J * 8 / RF \quad (1.11)$$

Kilogramos producidos por hora de trabajo, “kg h⁻¹”, estimada por el modelo:

$$Kg \text{ h}^{-1} = 10^3 RF / (J * 8) \quad (1.12)$$

Dónde: 10^3 es para convertir RF, en ton ha^{-1} , a kg ha^{-1} .

Ganancia generada por hora de trabajo, estimada por el modelo:

$$\text{USD de ganancia h}^{-1} = g/(J*8) \quad (1.13)$$

Ganancia generada por trabajador, generada por el modelo:

$$\text{USD de ganancia trabajador}^{-1} = 288 * g * J^{-1} \quad (1.14)$$

1.2 Resultados

1.2.1 Producción, precios, ingreso, costo y rentabilidad en el cultivo de trigo y garbanzo grano irrigado por bombeo en Cajeme, Sonora, ciclo agrícola OI 2013

De acuerdo las cifras del SIAP (2013), a nivel nacional en ese año se cosecharon un total de 20, 710, 981.57 hectáreas, de las cuales 115, 550.88 fueron de garbanzo grano, lo que representa el 0.6% de la superficie nacional cosechada, mientras que de trigo grano se cosecharon un total de 634,240.99 hectáreas, lo que representó el 3.1% de la superficie total. Asimismo, el Valor Bruto de la Producción (VBP) generado por todo el sector agrícola fue de \$395,508.06 millones de pesos corrientes, de los cuales el cultivo de garbanzo blanco representó el 0.7% (\$2, 622.67 millones de pesos), mientras el trigo representó el 3.0% (\$11, 923.68 millones de pesos) del VBP a nivel nacional.

Desagregando esas cifras a nivel estatal, se observa que en todo el estado de Sonora se cosecharon un total de 573, 765.63 hectáreas, de las cuales 24, 657 hectáreas cosechadas fueron de garbanzo blanco (4.3%), y 304, 547.50 hectáreas cosechadas de trigo grano lo que representó el 53.1% de la superficie cosechada a nivel estatal. Asimismo la agricultura a nivel estatal generó un total de \$27, 125.28 millones de pesos, de los cuales el 3.2% (\$862.54 millones de pesos) fueron generados por el cultivo de garbanzo y 27.2% (\$7, 384.39 millones de pesos) de trigo grano.

Asimismo, según las cifras del SIAP (2013), a nivel regional en Cajeme, Sonora, ese año se cosecharon un total de 201, 179.04 hectáreas, de las cuales 10,110 fueron de garbanzo grano, lo que representa el 41.0% de la superficie estatal cosechada de garbanzo, mientras que de trigo grano se cosecharon un total de 191, 068.00 hectáreas, lo que representó el 62.7% de la superficie cosechada de trigo grano a nivel estado. Asimismo, el Valor Bruto de la Producción (VBP) generado por todo el sector agrícola fue de \$4, 839.72 millones de pesos corrientes, de los cuales el cultivo de garbanzo blanco representó el 40.3% (\$347.36 millones de pesos) del valor generado a nivel estatal, mientras el trigo representó el 65.5% (\$4, 839.72 millones de pesos) del VBP generado a nivel estatal.

Como ya se mencionó en el párrafo anterior en Cajeme se cosecharon un total de 201,178 hectáreas, de las cuales 10, 110 fueron de garbanzo blanco (5%), mientras el restante 95% fueron cosechadas de trigo grano (191,068 hectáreas), mismas que produjeron un total de 26,125.50 toneladas de garbanzo blanco y 1,357, 042 toneladas de trigo grano. El Valor Bruto de la Producción que generaron estos dos cultivos para la región de Cajeme, Sonora fue de US\$310.3 millones de dólares, US\$20.78 millones generados por el cultivo de garbanzo y US\$289.54 millones generados por el cultivo de trigo grano.

Respecto del rendimiento físico, se observa en la Tabla 1 que en conjunto se produjeron 6.9 ton ha⁻¹ de grano (trigo y garbanzo), sin embargo al desglosar cifras se observa que el trigo tuvo un rendimiento de 7.10 ton ha⁻¹, mientras el garbanzo blanco tuvo rendimientos promedio de 2.58 ton ha⁻¹ para ese ciclo agrícola, lo que indica que el cultivo de trigo tuvo mejores rendimientos ese año (Tabla 1).

Tabla 1 Superficie, producción física anual, Valor Bruto de la Producción (VBP), Relación Beneficio-Costo (R B/C), horas de trabajo por tonelada, empleo generado y agua usada en el riego en el cultivo de garbanzo y trigo grano producidos en Cajeme, Sonora. OI 2012-2013

| Variable macroeconómica | Trigo, Cajeme BFM. Mp | Garbanzo, Cajeme BFM. Mp | Total |
|---|-----------------------|--------------------------|--------------|
| a) Superficie cosechada (ha) | 191,068.00 | 10,110.00 | 201,178.00 |
| b) Producción anual (ton) | 1,357,042.00 | 26,125.50 | 1,383,167.30 |
| c) VBP (millones de US\$) | \$ 289.54 | \$ 20.78 | 310.30 |
| d) Rendimiento físico "RF" (ton/ha) = b/a | 7.10 | 2.58 | 6.90 |
| e) Precio (US\$) /ton = 1000000*c/b | \$ 213.40 | \$ 795.40 | \$ 224.40 |
| f) Ingreso (US\$) /ha =d*e | \$ 1,515.00 | \$ 2,055.00 | 1,542.50 |
| g) Costo (US\$) /ha | \$ 1,580.00 | \$ 1,443.00 | 1,573.30 |
| h) Costo (US\$) /ha sin renta del suelo | \$ 1,161.00 | \$ 1,024.00 | 1,154.60 |
| i) Ganancia (US\$) /ha= f-g | \$ -65.00 | \$ 613.00 | - 30.80 |
| j) Relación Beneficio/Costo = f / g | 0.96 | 1.42 | 0.98 |
| k) # de jornales "J" /ha | 1.20 | 1.40 | 1.20 |
| l) kg / jornada = 1000 d/ k | 5,919.00 | 1,846.00 | 5,681.90 |
| m) Costo (US\$) /ton = g/d | \$ 222.00 | \$ 558.00 | 228.80 |
| n) Ganancia (US\$) /jornada = i /k | \$ -54.00 | \$ 438.00 | - 25.50 |
| o) Lámina neta de Riego (LR) en m | 0.75 | 0.42 | 0.70 |
| p) Volumen de agua usado / ha (m ³) | 7,500.00 | 4,190.00 | 7,333.70 |
| q) Volumen de agua usado en toda la superficie cosechada (hm ³) | 1,433.01 | 42.36 | 1,475.40 |
| r) Ganancia monetaria total (Millones de US\$) | \$ -12.39 | \$ 6.20 | - 6.20 |
| s) Total de jornales al año | 229,282.00 | 14,154.00 | 243,435.60 |
| t) Número de empleos permanentes/año | 796.00 | 49.00 | 845.30 |
| u) Capital invertido en la producción (millones de US\$) | \$ 301.94 | \$ 14.58 | 316.50 |

Fuente: Elaboración propia en base a cifras de FIRA (2013)

Por otro lado, la misma Tabla 1, muestra el precio por tonelada de cada uno de los dos cultivos, encontrándose que el trigo tuvo un precio de US\$213.4 tonelada, mientras el garbanzo grano alcanzo los US\$795.4 tonelada, lo que indica que el cultivo de garbanzo tuvo un precio 272% mayor que el alcanzado por el trigo en Cajeme, Sonora. Esta diferencia de precios por tonelada provoco que el ingreso por hectárea en el garbanzo alcanzara los US\$2,055 dólares por hectárea, mientras el cultivo de trigo obtuvo US\$1, 515 dólares por hectárea, durante ese ciclo agrícola. Por otro lado, el costo por hectárea indica que mientras en garbanzo blanco fue de US\$1,443 dólares por hectárea, en trigo fue de US\$1,580 dólares por hectárea, lo que indica que el costo por hectárea en el cultivo de garbanzo fue 8.7% menor que el costo en el cultivo de trigo. Estas diferencias en los costos de producción por hectárea y los ingresos por hectárea, se expresan en las diferente Relación Beneficio Costo (R B/C) que tuvieron los cultivos, mientras el garbanzo tuvo una R B/C igual a 1.42, el trigo tuvo un indicador igual a 0.96, lo que indica que mientras el productor dedicado a producir garbanzo de cada dólar invertido, obtuvo ese dólar y 0.42 dólares adicionales, es decir; la producción de garbanzo fue rentable, mientras que el productor dedicado a la producción de trigo, solo recupero 0.96 dólares de cada peso invertido, lo que implica que durante ese ciclo agrícola la producción no fue rentable.

En este punto es importante mencionar que estos indicadores de rentabilidad están considerados para productores que en dado momento están rentando la tierra, sin embargo, en el supuesto que el productor fuera dueño de la tierra, el indicador R B/C para el cultivo de trigo sería de 1.30 y de 2.01 en el caso del garbanzo. Otra de las variables indicadas en la Tabla 1, es el número de jornales por hectárea, detallando que mientras en el cultivo de garbanzo se emplearon 1.40 jornales por hectárea en el cultivo de trigo se emplearon 1.20 jornales por hectárea, de allí que de acuerdo con los cálculos realizados se estime que durante ese ciclo agrícola para toda la superficie cosechada se emplearan un total de 14, 154 jornales en el cultivo de garbanzo (lo que representa 49 empleos permanentes al año), mientras que el cultivo de trigo requirió un total de 229, 282 jornales, mismos que representaron 796 empleos permanentes.

Visto desde otra ángulo, la superficie de trigo y garbanzo grano requirió 1, 475.5 hectómetros de agua (1, 433.01 hm³ para el cultivo de trigo y 42.36 hm³ para cultivar garbanzo grano), lo que implicaría un gasto de 7,500 m³ por hectárea en trigo y 4, 190 m³ en garbanzo, considerándose lamina neta de riego, señalada en la Tabla 1.1 (con base en cifras de costos de producción por ha de FIRA), de 0.419 cm en garbanzo grano y 0.75 cm en trigo grano, que al multiplicarse por la superficie cosechada arrojó el volumen de agua mencionado.

De acuerdo con la Tabla 1.1, muestra la estructura de costos absolutos y relativos en el cultivo de trigo grano y de garbanzo blanco en Cajeme, Sonora. De esa fuente se observa que el costo por hectárea en garbanzo fue de US\$1, 443 dólares por hectárea, es decir; \$24, 113 pesos por hectárea. Desglosando estas cifras se observa que la renta del suelo representó el 29% (\$7,000 pesos) del costo total, la fitosanidad representó el 13.4% (\$3, 227 pesos).

Por otro lado en el cultivo de trigo la renta del suelo representó 26.5% (\$7,000 pesos) del costo total, seguido de la fertilización con 19.2% (\$5,078 pesos) del costo total y de conceptos diversos 13.1% (\$ 3,469 pesos). Este mismo análisis nos muestra que el costo del riego representó en términos relativos el 3.9% (\$940 pesos ha⁻¹) en el cultivo de garbanzo y 6% (\$1,575 pesos ha⁻¹) en el trigo, lo que implica que el costo por metro cúbico fue de US\$ 0.012 en trigo y de US\$ 0.011 en garbanzo, este indicador es de suma importancia en tanto que comparado con otras áreas agrícolas, el costo del agua es de € 0.21 m⁻³ (lo que equivale a \$ 3.94 m⁻³) (Salvador, *et al.*, 2011).

El costo del agua es un índice particularmente importante sobre todo en regiones áridas y semiáridas donde la superficie de cultivos tiende a expandirse.

Este índice por lo tanto indica las estrategias de riego a seguir y los cultivos que serían competitivos bajo determinadas circunstancias.

Estos valores evidencian que el precio del agua en las regiones del norte de México es muy bajo comparado con otras regiones agrícolas del mundo, lo que contribuye con un uso ineficiente del recurso, además de que estos precios no evidencian el valor real del agua, pues de acuerdo con Takele y Kallenbach, (2001), los precios del agua son importantes para la mejora de la demanda y de la conservación de este recurso.

Tabla 1.1 Costos de producción por hectárea en el cultivo de garbanzo y Trigo en Cajeme, Sonora. OI 2012-2013. B = bombeo; G = gravedad; F = fertilizado; M = semilla mejorada; mp = maquinaria propia

| Concepto | Términos absolutos | | | Estructura porcentual | | |
|---|-----------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|-------------------|----------|
| | Trigo, Cajeme BFM. Mp | Garbanzo, Cajeme BFM. Mp | Promedio | Trigo, BFM. MP | Garbanzo, BFM. Mp | Promedio |
| Preparación del terreno | \$ 2,351 | \$ 2,761 | \$ 2,372 | 8.9% | 11.5% | 9.0% |
| Siembra | \$ 1,890 | \$ 2,914 | \$ 1,941 | 7.2% | 12.1% | 7.4% |
| Fertilización | \$ 5,078 | \$ 3,096 | \$ 4,978 | 19.2% | 12.8% | 18.9% |
| Labores culturales | \$ 190 | \$ 430 | \$ 202 | 0.7% | 1.8% | 0.8% |
| Riegos | \$ 1,575 | \$ 940 | \$ 1,543 | 6.0% | 3.9% | 5.9% |
| Fitosanidad | \$ 2,517 | \$ 3,227 | \$ 2,553 | 9.5% | 13.4% | 9.7% |
| Cosecha, selección y empaque | \$ 890 | \$ 890 | \$ 890 | 3.4% | 3.7% | 3.4% |
| Comercialización | \$ 780 | \$ 264 | \$ 754 | 3.0% | 1.1% | 2.9% |
| Diversos | \$ 3,469 | \$ 1,789 | \$ 3,385 | 13.1% | 7.4% | 12.9% |
| Subtotal | \$ 18,740 | \$ 16,311 | \$ 18,618 | 70.9% | 67.6% | 70.8% |
| Costo financiero | \$ 674 | \$ 802 | \$ 680 | 2.6% | 3.3% | 2.6% |
| Renta del suelo por ciclo (\$/ha) | \$ 7,000 | \$ 7,000 | \$ 7,000 | 26.5% | 29.0% | 26.6% |
| Costo total por ha (MX\$) | \$ 26,414 | \$ 24,113 | \$ 26,298 | 100.0% | 100.0% | 100.0% |
| Costo total por ha (US\$) | \$ 1,580.26 | \$ 1,443 | \$ 1,573 | | | |
| Volumen usado de agua por ha (Miles de m ³) | 7.50 | 5.00 | 7.37 | | | |
| Precio del m ³ (pesos mexicanos) | \$ 0.21 | \$ 0.19 | \$ 0.21 | | | |
| Precio del m ³ (US\$) | \$ 0.012 | \$ 0.011 | \$ 0.012 | | | |

Fuente: Elaboración propia con base en los costos de producción por hectárea de FIRA 2013

1.2.2 Indicadores de productividad del agua en trigo grano y garbanzo blanco producidos en Cajeme, Sonora

El análisis de la productividad del agua se observa en la Tabla 1.2, el cual muestra los indicadores productivos, económicos y sociales. El uso eficiente del agua es uno de los índices más ampliamente empleados en una gran variedad de cultivos en España (García *et al.*, 2013; Lorite *et al.*, 2012; Romero *et al.*, 2006), sin embargo en México existe muy poca información y en algunos cultivos nula información al respecto. En el presente estudio el indicador de eficiencia física del cultivo de trigo en Cajeme fue 0.947 kg m⁻³, encontrándose un índice menor en el garbanzo blanco producido en esa misma región con 0.617 kg m⁻³, lo que muestra una menor eficiencia del cultivo de garbanzo para convertir el agua en grano, ya que empleó un total de 1,621 L kg⁻¹, en comparación con el cultivo de trigo que empleó 1,056 L kg⁻¹ (Tabla 1).

Sin embargo, los valores del índice de productividad física del trigo grano son similares a los determinados por Usman *et al.*, (2012) quienes para Rechna Doab y Punjab, en Pakistan determinaron un índice de 0.94 kg m⁻³ en trigo grano, mientras que Shabbir *et al.*, (2012), determinaron un promedio de 0.43 kg m⁻³, indicador que estaría por debajo del determinado en Cajeme, Sonora. Otros autores, como Brauman *et al.* (2013) reportaron índices de 0.9 kg m⁻³ para Estados Unidos y 1.3 kg m⁻³ en China, por otro lado Aiken *et al.*, (2013), determinaron un índices que oscilaron entre 0.28 – 0.62 kg m⁻³. Lo que indica que en la región analizada, presenta niveles de productividad del agua equiparables a los de otras regiones productoras de trigo sin embargo aún deben de aplicarse mejoras en la gestión del agua de riego con las cuales se incremente la productividad del agua en el cultivo de trigo grano.

Mientras en el caso del garbanzo González *et al.*, (2014) en Cuba la productividad física del garbanzo oscilo entre 0.34-1.27 kg m⁻³, mientras en maíz está vario entre 2.03 – 16.43 kg m⁻³, lo que indica que en las regiones del noroeste de México se deben aun realizar grandes esfuerzos para elevar la productividad del garbanzo blanco.

El indicador de la variable ganancia por hectómetro, muestra que en el cultivo de trigo grano producido en Cajeme, Sonora se requirieron en promedio 115.63 m³ para generar US\$1 dólar de perdida (el indicador fue -115.63), mientras en el cultivo de garbanzo se emplearon un total de 6.84 m³ para generar un dólar de ganancia. Visto de otra forma, implica que en el caso del garbanzo blanco se generó una ganancia de US\$146,276.84 dólares por cada hectómetro cúbico empleado en el riego, mientras en el caso del trigo se perdió US\$8,648.39 dólares por cada hectómetro cúbico empleado en el riego del cultivo (Tabla 1.2).

A pesar de la importancia de este tipo de indicadores la información que existe sobre la eficiencia económica generada por metro cúbico empleado en riego es escasa. Existen algunos trabajos desarrollados en el mediterráneo para hortalizas, frutales, cereales y oleaginosas; en este sentido, algunos autores determinaron en trigo que la utilidad bruta fue de € 0,23 m⁻³ (lo que equivale a US\$ 0,26), mientras que en girasol y maíz grano fue de € 0,53 m⁻³ (equivalente a US\$ 0,59) (García *et al.*, 2013; Romero *et al.*, 2006), mientras que Al-Qunaibet y Ghanem, (2014) para la región de Riyadh, Arabia Saudita US\$1.51 m⁻³ para el trigo grano.

Lo anterior muestra que el cultivo de trigo grano resulto económicamente improductivo en relación con el trigo que se produce en otras regiones del mundo, dado que empleo gran cantidad de agua en la región (1,433.01 hectómetros de agua), aunado a que la Relación Beneficio/Costo de la producción de trigo fue negativa ubicarse en 0.96. Por otro lado, se debe tomar en cuenta que la cantidad de agua que se requiere invertir para generar \$1 dólar, pues de acuerdo con los resultados, 115.63 m³ de agua para generar \$1 dólar de utilidad bruta, que en este caso fue perdida, por lo que se deduce que aun cuando se incrementara la inversión de agua para la producción de trigo, la rentabilidad del cultivo no estaría favoreciendo el ingreso generado, lo que implica un uso improductivo del agua.

El índice denominado apropiación privada de ganancias, muestra la relación que existe entre el ingreso generado y el precio del metro cúbico. Así el índice para el trigo producido en Cajeme fue -0.69, lo que indica que de cada dólar que el productor de trigo grano pagó por metro cúbico de agua, se obtuvo solamente en retorno \$0.69 centavos de ese dólar.

Por otro lado en el cultivo de garbanzo se obtuvo un índice de \$13.01; lo que indica que el cultivo fue mucho más productivo en términos económicos que el trigo grano, ya que de cada dólar que se invirtió en el riego de garbanzo, el productor obtuvo US\$12.01 dólares de retorno. En este sentido De Estefano y Llamas (2012), determinaron un indicador de € 0.24 m⁻³ promedio para cereales. Por ello García (2015) menciona que a escala global, la agricultura de regadío es reconocida como el sector que demanda un mayor volumen de agua, por lo que los agricultores tienen una gran responsabilidad en la conservación del recurso y es crítico que hagan un uso eficiente del mismo.

Tabla 1.2 Indicadores de la productividad del suelo, del agua, del capital y de la fuerza laboral en la producción del cultivo de garbanzo y trigo grano producido en Cajeme, Sonora

| Variable Económica | Expresado en: | Trigo, Cajeme
BFM. Mp | Garbanzo, Cajeme
BFM. Mp | Ambos
cultivos |
|---|---|--------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Indicadores de Huella hídrica: | | | | |
| Huella hídrica física : Productividad física del agua de riego | kg m ⁻³ | 0.947 | 0.617 | 0.932 |
| Huella hídrica física : Eficiencia física del agua de riego | litros kg ⁻¹ | 1,056 | 1,621 | 1,073 |
| Huella hídrica económica: Productividad económica del agua de riego | USD\$ de ganancia hm ⁻³ | \$ -8,648.39 | \$146,276.84 | \$ 4,176.99 |
| Huella hídrica económica: Eficiencia económica del agua de riego | m ³ de agua por USD\$1 de ganancia | \$ -115.63 | \$ 6.84 | \$ 239.41 |
| Huella hídrica social: Productividad social del agua de riego | Empleos hm ⁻³ | 0.56 | 1.16 | 0.57 |
| Índice de apropiación privada de ganancias en relación al precio pagado por el agua | adimensional | - 0.69 | 13.01 | - 0.33 |
| Productividad social del capital (empleos generados por cada millón de USD) | Empleos / millón US\$ | 2.64 | 3.37 | 2.67 |
| Punto de equilibrio "PE" | Ton ha ⁻¹ | 7.406 | 1.814 | 7.013 |
| Rendimiento físico / PE | base 1 | 0.96 | 1.42 | 0.98 |
| Productividad laboral: | | | | |
| Horas de trabajo invertidas por ha | h ha ⁻¹ | 9.6 | 11.2 | 9.7 |
| Horas de trabajo invertidas por ton | h ton ⁻¹ | 1.4 | 4.3 | 1.4 |
| Kilogramos producidos por hora de trabajo | kg h ⁻¹ | 739.8 | 230.7 | 710.2 |
| Ganancia generada por hora de trabajo | US\$ h ⁻¹ | \$ -6.76 | \$ 54.72 | \$ -3.18 |
| Ganancia generada por trabajador | US\$ trabajador ⁻¹ | \$ -15,567 | \$126,082 | \$ 7,331 |

Fuente: Elaboración propia

1.2.3 Indicadores de eficiencia social

En cuanto a la eficiencia social del agua, que es la cantidad de empleos generados por hectómetro de agua, en el cultivo de trigo el indicador fue 0.56 empleos hm⁻³ y 1.16 empleos hm⁻³ en el cultivo de garbanzo. Este indicador es bajo en relación a otros cultivos como las hortalizas y los frutales que requieren de una gran cantidad de mano de obra para actividades que no se realizan en otros cultivos forrajeros o cereales. En este sentido, García *et al.*, (2013) determinaron un índice que oscilo entre 24 - 62 empleos hm⁻³ en la producción de hortalizas y frutales, mientras que la producción de cultivos en invernadero generan hasta 190 empleos hm⁻³, mientras que Ríos *et al.*, (2015) determinaron un promedio para cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera de 0.048 empleos hm⁻³ oscilando de 0.037 empleos hm⁻³ en alfalfa y 0.076 empleos hm⁻³. La productividad horaria, es decir; la cantidad de horas de trabajo que se invierten por tonelada de producto (trigo grano), indica que en promedio se requirieron 1.4 h ton⁻¹, lo que indica que para producir una tonelada de trigo se requieren invertir 1.4 horas de trabajo, mientras que en el cultivo de garbanzo el indicador fue 4.3 h ton⁻¹, lo que indica que el cultivo de trigo es más productivo, al emplear menos horas de trabajo para generar una tonelada de grano. De acuerdo con (Dorward, 2013), existen otras dos formas de expresar la productividad laboral, para los indicadores estructurales, pudiendo ser medida por el valor bruto de la producción generado en relación con el número de personas empleadas, por el número de horas trabajadas. Así, se determinó que cada trabajador dedicado a la producción de trigo grano en Cajeme, Sonora agregó al valor de esa cadena productiva US\$126, 082 dólares en ese ciclo agrícola, mientras en el caso del trabajador dedicado a producir trigo se agregó -US\$15, 567 dólares por trabajador. Estos índices se encuentran estrechamente relacionados con la cantidad de trigo y garbanzo producido así como por el precio de mercado.

A este respecto existe una discusión generalizada sobre la productividad agrícola vista como productividad laboral, ya que generalmente se utilizan indicadores implícitos o explícitos relacionados con la productividad del cultivo.

En este sentido se determinó que la ganancia por hora de trabajo invertida, para la producción de trigo grano en Cajeme, Sonora fue de $-US\$6.76 \text{ h}^{-1}$, lo que indica que este cultivo fue improductivo en relación al garbanzo grano, mismo que generó $US\$54.72 \text{ h}^{-1}$, lo que indica que en términos económicos el garbanzo fue el que mostró ser más productivos en la utilización del agua.

En la misma Tabla 1.2 muestra que bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado, la cantidad mínima que se requiere producir para tener una operación viable (punto de equilibrio) es de 7.40 ton ha^{-1} en el caso del trigo y de 1.81 ton ha^{-1} para el garbanzo blanco producidos en Cajeme. Tomando en consideración la producción obtenida en cada uno de los cultivo, se observa que el trigo grano se ubicó por debajo del punto de equilibrio, con $7.102 \text{ ton ha}^{-1}$, lo que lo ubica como cultivo económicamente improductivo, mientras que el cultivo de garbanzo blanco se ubicó por encima del punto de equilibrio con $2.584 \text{ ton ha}^{-1}$. La variable que evalúa la vulnerabilidad crediticia del cultivo, desde la perspectiva de cuántas veces cubre el rendimiento físico por hectárea al punto de equilibrio. De esa forma, la Tabla, 3 indica que en el caso del trigo, el rendimiento físico por hectárea ($7.102 \text{ ton ha}^{-1}$), alcanzó a cubrir 0.96 veces las $7.406 \text{ ton ha}^{-1}$ que tuvo como punto de equilibrio; es decir al cultivo de esta región le faltó producir $0.304 \text{ ton ha}^{-1}$ para recuperar solamente lo invertido. Mientras que en el caso del garbanzo blanco alcanzo a cubrir solo 1.42 veces su punto de equilibrio, lo cual también nos indica que el cultivo tuvo una Relación Beneficio/Costo igual a 1.42, lo que implica que en Cajeme, durante ese ciclo agrícola solo el garbanzo fue económicamente productivo.

1.3 Conclusiones

Se concluye que el garbanzo blanco producido en Cajeme, Sonora mostró indicadores de eficiencia y productividad económico y social superiores a los determinados en el cultivo de trigo.

1.4 Referencias

- Aiken, R. M., O'Brien, D. M., Olson, B. L., & Murray, L. (2013). Replacing fallow with continuous cropping reduces crop water productivity of semiarid wheat. *Agronomy Journal*, 105(1), 199-207.
- Al-Qunaibet, M. H., & Ghanem, A. M. (2014). Economic Efficiency in Wheat Production, Riyadh Region, Saudi Arabia. *Life Science Journal*, 11(12).
- Brauman, K. A., Siebert, S., & Foley, J. A. (2013). Improvements in crop water productivity increase water sustainability and food security—a global analysis. *Environmental Research Letters*, 8(2), 24-30.
- CNA. (2007). Comisión Nacional del Agua. Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero 2605 Caborca, Estado de Sonora. CONAGUA, 31p.
- De Stefano, L., & Llamas, M. R. (Eds.). (2012). Water, agriculture and the environment in Spain: can we square the circle? CRC Press. 301p.
- FAO. (2003) Descubrir el potencial del agua para la agricultura Capítulo 3. Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua. Ed. Departamento de Desarrollo Sostenible. Roma, Italia. 2003.

- García, J. G., López, F. C., Usai, D., & Visani, C. (2013). Economic Assessment and Socio-Economic Evaluation of Water Use Efficiency in Artichoke Cultivation. *Open Journal of Accounting*, 2(2): 45-52.
- García, M. J. 2015. Hacia el riego de precisión en el cultivo de fresa en el entorno de Doñana. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Escuela Internacional de Doctorado en Agroalimentación e idA3. Campus Rabanales. Marzo 2015.
- González, R. F.; Herrera, P. J.; López, S. T.; Cid, L. G. 2014. Productividad del agua en algunos cultivos agrícolas en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4), 21-27.
- INIFAP. (2004). El Cultivo de garbanzo blanco en Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo experimental Costa de Hermosillo. Libro Técnico No 6. 290p.
- Lorite, I. J., García-Vila, M., Carmona, M. A., Santos, C., & Soriano, M. A. (2012). Assessment of the irrigation advisory services' recommendations and farmers' irrigation management: a case study in southern Spain. *Water resources management*, 26(8), 2397-2419.
- Ríos, F. J. L., Torres, M. M., Castro, F. R., Torres, M. M. A., & Ruiz, T. J. (2015). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. *Rev. FCA UNCUYO*, 47 (1), 93-107.
- Romero, P., García, J., & Botía, P. (2006). Cost–benefit analysis of a regulated deficit-irrigated almond orchard under subsurface drip irrigation conditions in Southeastern Spain. *Irrigation Science*, 24(3), 175-184.
- Salvador, R.; Martínez, C. A.; Cavero, J. and Playán, E. (2011). Seasonal on Farm Irrigation Performance in the Ebro Basin (Spain): Crops & Irrigation Systems. *Agricultural Water Management*. 98 (4): 577 – 587.
- Shabbir, A., Arshad, M., Bakhsh, A., Usman, M., Shakoor, A., Ahmad, I., & Ahmad, A. (2012). Apparent and real water productivity for cotton-wheat zone of Punjab, Pakistan. *Pak. J. Agri. Sci*, 49(3), 357-363.
- Takele, E., & Kallenbach, R. (2001). Analysis of the Impact of Alfalfa Forage Production under Summer Water-Limiting Circumstances on Productivity, Agricultural and Growers Returns and Plant Stand. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187(1), 41-46.
- Usman, M., Kazmi, I., Khaliq, T., Ahmad, A., Saleem, M. F., & Shabbir, A. (2012). Variability in water use, crop water productivity and profitability of rice and wheat in Rechna Doab, Punjab, Pakistan. *J. Animal Plant Sci*, 22(4), 998-1003

Silicio en el control de *Botrytis cinerea* en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en hidroponía

MORENO-GUERRERO, Disraeli Eron, SANTIAGO-ELENA, Eduardo, VILCHIS-ZIMUTA, Robert, MARTÍNEZ-CRUZ, Julieta, TREJO-TÉLLEZ, Libia Iris y LEYVA-MIR, Santos Gerardo

D. Moreno`, E. Santiago`, R. Vilchis`, J. Martínez``, L. Trejo`` y S. Leyva````

`Universidad Autónoma Chapingo, Depto. de Preparatoria Agrícola. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230

`` Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946

```` Universidad Autónoma Chapingo, Depto. de Parasitología Agrícola. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230  
eron151988@gmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017

## Abstract

In this study, we evaluated the effect of foliar supply of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{CaSiO}_3$  on the incidence of *Botrytis cinerea* in strawberry cultivation under greenhouse conditions. We used strawberry plants cv. Albion established in an open hydroponic system, using as tezontle substrate. The concentrations of Si supplied as foliar applications were 2.5 and 5.0 g L<sup>-1</sup>. The foliar application was done with a manual knapsack sprayer, where  $\text{SiO}_2$  or  $\text{CaSiO}_3$  were diluted in water and were administered in a single day in four sprays with intervals of 6 h each. Four, eight and 12 days after the application of foliar treatments, the fruits were inoculated with a solution containing *Botrytis cinerea* at a concentration of 10<sup>5</sup> conidiospores mL<sup>-1</sup>. The incidence of gray mold in fruits was evaluated 15 days after the last inoculation of the fruits. The results obtained show that the foliar application of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{CaSiO}_3$ , were more effective in their higher doses for the control of *Botrytis cinerea*. It was observed that the use of Si compounds is a sustainable alternative that favors the management and control of *Botrytis cinerea* in strawberry.

## 2 Introducción

La fresa pertenece a la familia de las Rosáceas y al género *Fragaria*, crece de forma espontánea en algunas partes de Europa y América. Este especie es cultivada en casi todo el mundo principalmente en los países europeos, siendo considerados los mayores productores España e Italia. Antes del descubrimiento de América, en Europa se cultivaban especies de tamaño pequeño pero con excelente calidad. Con el descubrimiento de América, se encontraron especies nativas de mayor tamaño conocidas inicialmente como fresones, las cuales fueron llevados a Europa y por medio de hibridaciones se obtuvieron fresas de buen tamaño y de excelente calidad (Chaves y Wang, 2004).

El cultivo de fresa es de gran importancia, ya que según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en el año 2014 se produjeron 458,971 t a nivel nacional, además dicho cultivo es una importante fuente de generación de empleos y divisas, debido a que es un producto agrícola de exportación (SIAP, 2015). Durante el desarrollo y crecimiento del cultivo se presentan diversos patógenos, entre ellos el agente causal del moho gris, *Botrytis cinerea*, resultando uno de los más dañinos ya que afecta la apariencia externa de los frutos, limitando sus diferentes mercados objetivos (Martínez-Bolaños *et al.*, 2008).

Adicionalmente, el fruto de fresa es altamente perecedero y susceptible a daños mecánicos, a la pérdida de agua, al deterioro fisiológico y microbiológico causado por agentes como bacterias, virus y hongos tal es el caso de *Botrytis cinerea* (moho gris) ya mencionado anteriormente, que ocasionan la pudrición del fruto y la consecuente pérdida de su valor económico (Contreras, 1998).

Los fungicidas químicos han sido tradicionalmente los medios primarios para el control de este patógeno, pero su aplicación continua ha generado el interés público por los problemas que ocasiona, como toxicidad, altos costos, reducción de exportaciones por presencia de residuos en producto de consumo y daños al medio ambiente, a la salud de los operarios y del consumidor (Chaves y Wang, 2004).

Por otra parte, los microorganismos fitopatógenos han generado resistencia a los ingredientes activos de algunos fungicidas sintéticos, como una respuesta a la presión de selección a las altas dosis y aplicaciones continuas sin previo estudio y cronograma de control, lo que ocasiona grandes pérdidas económicas (Contreras, 1998).

Recientemente las investigaciones se han enfocado en la evaluación de varias alternativas de control para reducir la dependencia de fungicidas sintéticos. El uso de silicio suministrado de forma foliar, es una alternativa viable y segura para el control de enfermedades fungosas como el moho gris (*Botrytis cinerea*).

En el contexto anterior, la presente investigación tuvo el objetivo de determinar el efecto del suministro de compuestos de silicio a través de las fuentes óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y silicato de calcio ( $\text{CaSiO}_3$ ) en distintas dosis aplicadas vía foliar, en la incidencia de *Botrytis cinerea* en el cultivo de fresa.

## **2.1 Materiales y métodos**

### **2.1.1 Ubicación**

El experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo capilla del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, en el Campo Agrícola Experimental “Xaltepa” en Chapingo, Estado de México, localizado a 19° 27' 58" latitud norte, 98° 51' 14" longitud oeste y una altitud de 2250 m. De acuerdo con García (1988) el clima reportado para la estación Chapingo es Cb (w<sub>0</sub>) (W) (i') g, el cual corresponde a los templados, siendo éste el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano el cual es largo y fresco, poca oscilación térmica, marcha tipo Ganges. La precipitación media anual es de 636.5 mm.

### **2.1.2 Material vegetal**

Se utilizaron plantas de fresa cultivar Albion. Este cultivar se seleccionó porque en años recientes ha sido ampliamente utilizado en varias regiones freseras de México, en particular en la zona de Zamora, en el estado de Michoacán.

### **2.1.3 Material de inoculación (*Botrytis cinerea*)**

El hongo patógeno estudiado se aisló de frutos momificados con los síntomas típicos de *Botrytis cinerea*, y fueron conservados en cámaras húmedas con 90 % de humedad relativa. Las muestras fueron recolectadas en el municipio de Irapuato, Guanajuato en el mes de octubre del 2014. Se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 1 % durante 1 min, posteriormente se lavaron con agua destilada estéril, se secaron y se colocaron en cajas Petri con medio de cultivo V-8 (300 mL de jugo V-8, 15 g de agar-agar y aforado con agua destilada a 1000 mL). Las cajas se incubaron a temperaturas promedio de 20 °C con intervalos de 12 h de luz blanca y 12 h de oscuridad, en cámara de crecimiento (SHEL-LAB Modelo LI15, Sheldong MFG. Inc. Cornelius, Or.), a 98 % de humedad relativa, con el objeto de estimular el crecimiento del patógeno. El reconocimiento de las colonias fungosas se realizó mediante el método de impronta.

### **2.1.4 Diseño de tratamientos**

Los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 2. Las aplicaciones foliares se hicieron con una mochila aspersora donde se diluyeron en agua  $\text{SiO}_2$  o  $\text{CaSiO}_3$  administrándose solo en un día, realizando cuatro aspersiones con intervalos de 6 h. Cuatro, 8 y 12 días posteriores a la aplicación de los tratamientos foliares, los frutos se inocularon con la solución conteniendo *Botrytis cinerea*.



**Tabla 2** Tratamientos foliares de Si evaluados en esta investigación

| Tratamiento | Descripción                                                                 | Gramos de la fuente de Si por litro de solución foliar |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1           | Sin suministro foliar de Si (Testigo)                                       | 0.0000                                                 |
| 2           | Solución foliar con 2.5 g Si L <sup>-1</sup> a partir de CaSiO <sub>3</sub> | 5.3486                                                 |
| 3           | Solución foliar con 2.5 g Si L <sup>-1</sup> a partir de SiO <sub>2</sub>   | 10.6972                                                |
| 4           | Solución foliar con 5.0 g Si L <sup>-1</sup> a partir de CaSiO <sub>3</sub> | 10.3343                                                |
| 5           | Solución foliar con 5.0 g Si L <sup>-1</sup> a partir de SiO <sub>2</sub>   | 20.6686                                                |

### 2.1.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde la aplicación vía foliar de silicio se realizó formando cuatro bloques; en cada uno de ellos, se ensayó cada tratamiento tres veces (12 repeticiones por tratamiento). La unidad experimental fue una bolsa de polietileno negro de 30 x 30 cm conteniendo una planta de fresa y tezontle como sustrato.

### 2.1.6 Manejo del experimento

Se mantuvo una humedad relativa promedio de 80 % regando pasillos y plantas, esta condición de alta humedad relativa favorece la proliferación de la enfermedad. La nutrición de las plantas de fresa se realizó en base a la solución nutritiva universal de Steiner (Steiner, 1984), la cual en forma completa está constituida de la manera siguiente (en mol<sub>c</sub> m<sup>-3</sup>): 12 de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 1 de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, 7 de SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, 7 K<sup>+</sup>, 9 de Ca<sup>+2</sup> y 4 de Mg<sup>+2</sup>; misma que se utilizó en un 50 % de su concentración los primeros 15 días después del trasplante (ddt), 75 % de su concentración de los 16 a los 60 ddt, y a 100 % de su concentración durante el tiempo restante del cultivo. El pH de la solución nutritiva osciló entre 5.5 y 5.8, ajustándose con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Las plantas se regaron un día a la semana con agua acidulada a pH 5.5, con el fin de evitar acumulación de sales dentro del contenedor.

### 2.1.7 Variables evaluadas

Se determinó la incidencia de la enfermedad 15 días posteriores a la inoculación, contando el número de frutos sanos y enfermos en cada unidad experimental. Con estos datos se estimó el porcentaje de incidencia de la enfermedad en cada unidad experimental.

### 2.1.8 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se consideró el promedio del porciento de incidencia en las plantas que conformaban cada unidad experimental. Algunos frutos inoculados se usaron para re aislar el patógeno una vez que aparecieron los síntomas. Se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey,  $P \leq 0.05$ ), usando el software SAS (SAS, 2011).

## 2.2 Resultados y discusión

El cultivar Albion presentó hojas aserradas, la producción de follaje fue abundante. Alrededor de 35 días después del trasplante, se observaron las flores primarias, el follaje se incrementó alrededor de los 55 días después del trasplante, y a los 65 días posteriores al trasplante ya se apreciaba una floración abundante. Durante los siguientes 50 días se desarrollaron los primeros frutos, aunque continuaron flujos de floraciones traslapadas. A partir de ese momento se tuvo fruto para cosecha, la cual se recolectó cada ocho días.

Al realizar el análisis de varianza con los datos obtenidos del porcentaje de infección en la evaluación (15 días después de la inoculación), se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $P=0.0004$ ). El resultado de la prueba de comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ), permite identificar la formación de cinco grupos (Tabla 2.1).

El primer grupo está formado solo por el tratamiento testigo (sin adición de Si vía foliar), donde se presentó la mayor incidencia de *Botrytis cinerea* con el porcentaje de infección más alto de los cinco tratamientos evaluados (62.647 %; Tabla 2). Este resultado confirma que en el invernadero existían las condiciones adecuadas para el desarrollo de la enfermedad, entre ellas una humedad relativa superior a 70 %.

En el segundo grupo se ubicó el tratamiento 2 (solución foliar con 2.5 g Si L<sup>-1</sup> a partir de CaSiO<sub>3</sub>), el cual tuvo una baja eficacia en el control de la enfermedad *Botrytis cinerea* (48.29 %), lo anterior probablemente es debido a la baja concentración de Si suministrada a partir de silicato de calcio (Tabla 2.1).

El tercer grupo estuvo conformado por los tratamientos 3 y 4 (solución foliar con 2.5 g Si L<sup>-1</sup> a partir de SiO<sub>2</sub> y solución foliar con 5.0 g Si L<sup>-1</sup> a partir de CaSiO<sub>3</sub>, respectivamente), como se observa en la Tabla 2.1.

El cuarto grupo integrado por los tratamientos 4 y 5 (solución foliar con 5.0 g Si L<sup>-1</sup> a partir de CaSiO<sub>3</sub> y solución foliar con 5.0 g Si L<sup>-1</sup> a partir de SiO<sub>2</sub>, respectivamente). Estos tratamientos mostraron la mayor eficiencia en el control de *Botrytis cinerea* (Tabla 2.1).

**Tabla 2.1** Porcentaje de infección por *Botrytis cinerea* en frutos de fresa provenientes de plantas tratadas vía foliar con diferentes fuentes y concentraciones de Si, en Chapingo, México

| Tratamiento | Descripción                                                                 | Porcentaje de infección | Porcentaje de efectividad biológica |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 1           | Sin suministro foliar de Si (Testigo)                                       | 62.647 a                | 0.00                                |
| 2           | Solución foliar con 2.5 g Si L <sup>-1</sup> a partir de CaSiO <sub>3</sub> | 32.544 b                | 48.29                               |
| 3           | Solución foliar con 2.5 g Si L <sup>-1</sup> a partir de SiO <sub>2</sub>   | 25.032 c                | 60.07                               |
| 4           | Solución foliar con 5.0 g Si L <sup>-1</sup> a partir de CaSiO <sub>3</sub> | 20.621 cd               | 66.98                               |
| 5           | Solución foliar con 5.0 g Si L <sup>-1</sup> a partir de SiO <sub>2</sub>   | 17.151 d                | 72.42                               |

Los datos representados en cada columna corresponden a la media de doce repeticiones. Letras distintas en cada columna en el porcentaje de infección, indican diferencias significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Entre fuentes de Si, se observa la mayor eficiencia del SiO<sub>2</sub>, en comparación con CaSiO<sub>3</sub>, en el control de *Botrytis cinerea* (Tabla 2.1).

Según Poovaiah *et al.* (1988), el efecto del silicio en la resistencia de las plantas a las plagas y enfermedades se atribuye tanto a la acumulación de silicio en el tejido epidérmico, como a la expresión de patogénesis inducida como respuesta de defensa ante el huésped, lo que puede explicar el resultado del mejor tratamiento en este trabajo.

Asimismo, se ha reportado que el silicio, además del moho gris (*Botrytis cinerea*), suprime otras enfermedades como cenicilla (*Sphaerotheca macularis*), y pudriciones causadas por rhizopus (*Rhizopus stolonifer* (Pritts, 1988).

Epstein y Bloom (2005) señalan que con la aplicación foliar de Si a plantas de fresa, a una concentración de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  usando como fuente el silicato de potasio, se obtuvo una mayor concentración de P, Ca y Mg en planta y en frutos, así como la mayor concentración de N. Estos resultados indican los beneficios en la planta y en los frutos, de la aplicación de Si en el estatus nutrimental, además de su eficiencia en el control del moho gris.

En general, al Si se le pueden atribuir diversos efectos positivos en plantas superiores, entre los que destacan la promoción de la fotosíntesis, efectos en las propiedades de superficie en tejidos; el incremento en la resistencia a herbívoros, a la toxicidad por metales y a la salinidad; la reducción de estrés en casos de sequía y la protección a temperaturas extremas (Epstein y Bloom, 2005). Sin embargo, para lograr lo anterior, es necesario primero, que las plantas absorban al elemento y lo acumulen en sus tejidos.

Matichenkov (1990) sugiere que se requieren altas concentraciones de Si en los tejidos de las plantas para obtener sus beneficios, por lo que la investigación con dosis más altas de este elemento, podría arrojar resultados aún mejores a los aquí reportados, en lo que respecta a la respuesta de la planta a fitopatógenos y plagas.

### 2.3 Conclusiones

El mejor tratamiento para el control de *Botrytis cinerea* en fresa en esta investigación fue el 5 (solución foliar con  $5.0 \text{ g Si L}^{-1}$  a partir de  $\text{SiO}_2$ ), por lo que, se convierte en una alternativa viable en el control de esta enfermedad. En investigaciones futuras, se puede considerar la evaluación de dosis más altas de Si, dado que su eficiencia en el control de *Botrytis cinerea* radica en su acumulación en tejidos vegetales.

### 2.4 Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Chapingo por las facilidades brindadas durante la conducción de esta investigación.

### 2.5 Referencias

- Chaves, N. & Wang, A. (2004). Combate al moho gris (*Botrytis cinerea*) de la fresa mediante *Gliocladium roseum*. *Agronomía Costarricense*, 28(2), 73-85.
- Contreras, R. M. (1998). *Guía para el diagnóstico y control de enfermedades de plantas*. Tegucigalpa, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. Vol. 2, 98 p.
- Epstein, E. & Bloom, A. J. (2005). *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. 2nd ed. Sunderland, Mass.: Sinauer. 400 p.
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 4o edición. UNAM, México, D. F.
- Martínez-Bolaños, M., Nieto-Ángel, D., Téliz-Ortiz, D., Rodríguez-Alcázar, J., Martínez-Damián, M., Vaquera-Huerta, H., & Carillo Mendoza, O. (2008). Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(2), 113-119.

- Matichenkov, V.V. (1990). *Amorphous oxide of silicon in soddy podzolic soil and its influence on plants*. Autoref. Diss. Cand., Moscow State University, Moscow.
- Poovaiah, B. W., Glen, G. M., & Reddy, A. S. N. (1988). Calcium and fruit softening. *Physiology and Biochemistry, Horticultural Reviews*, 10, 107-152.
- Pritts, M .P. (1998). Strawberry nutrition and nutrient deficiencies. En Mass, J. L. (Ed.). *Compendium of Strawberry Diseases* (pp. 11-14). USA: APS Press.
- SAS Institute Inc. (2011). *SAS/STAT Users Guide. Version 9.3*. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA.
- SIAP. (2015). *Información de las Delegaciones de la SAGARPA*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Recuperado el 20| de julio de 2016, de <http://www.gob.mx/siap/>
- Steiner, A. (1984). The universal nutrient solution. En *Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture* (pp. 633-649).The Netherlands.

**Efectividad *in vitro* de fungicidas biológicos, químicos y alternativos contra *Botrytis cinerea* (Pers.) de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)**

SANTIAGO-ELENA, Eduardo, GUERRERO-MORENO, Disraeli Eron, VILCHIS-ZIMUTA, Robert, MARTÍNEZ-CRUZ, Julieta, TREJO-TÉLLEZ, Libia Iris y LEYVA-MIR, Santos Gerardo

E. Santiago, D. Guerrero, R. Vilchis, J. Martínez, L. Trejo, S. Leyva

Universidad Autónoma Chapingo, Depto. de Preparatoria Agrícola. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230

Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230

riquelme\_124@hotmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

The management of gray mold (*Botrytis cinerea* Pers.) requires a holistic approach through the application of alternative products, both of a biological and chemical nature. In this research, different concentrations of the following *B. cinerea* (pathogen isolated from strawberry fruits) controllers were evaluated: 1) phosphorous acid, 2) Trico-bio (*Trichoderma harzianum*), 3) Probac-bs (*Bacillus subtilis*), 4) Sportak (prochloraz); in addition to an absolute control. The biological controllers *T. harzianum* and *B. subtilis* had a lower control of *B. cinerea* than the chemicals phosphorous acid and prochloraz. With these last two products, all the doses evaluated controlled 100% *B. cinerea*. The results obtained here indicate that phosphorous acid (which generates phosphite) is a viable and environmentally friendly option for *B. cinerea* strawberry management.

## 3 Introducción

El cultivo de fresa es de gran importancia para nuestro país dado que genera una gran fuente de divisas y empleo, por ser un producto de exportación. SAGARPA (2008), reportó que en el año 2008, se tuvo una superficie cultivada de fresa de 6 mil 214 ha, obteniéndose una producción de 208 mil 932.25 t, por lo que alcanzó un rendimiento promedio de 33.86 t ha<sup>-1</sup>.

Los principales estados productores de fresa son Baja California, Guanajuato, Estado de México y Michoacán; en esta última entidad se concentra la mayor producción nacional con una superficie cultivada de 3,215 ha y una producción superior a las 106,905 t.

Dentro del desarrollo del cultivo y hasta la formación de los frutos, se presentan muchas enfermedades en toda la planta, siendo el moho gris causado por *Botrytis cinerea* Pers., una de las más importantes, debido a los daños que provoca en flores y en consecuencia en el fruto (Rebollar, 2011). Por otra parte, el manejo de *B. cinerea* requiere de un enfoque integral por lo que la presente investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de ácido fosforoso, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* y Prochloraz a diferentes dosis, en el crecimiento de *Botrytis cinerea* Pers., *in vitro*.

### 3.1 Materiales y Métodos

#### 3.1.1 Fase de campo

Colecta. Durante el mes de marzo de 2016 se realizó un muestreo dirigido, en una plantación de fresa de la variedad "Festival", ubicada en la comunidad de Guadalupe de Rivera (20° 36' 35" latitud norte y 101° 27' 41" longitud occidente), en el municipio de Irapuato, en el estado de Guanajuato. El muestreo consistió en la selección de diez plantas con frutos infectados por *B. cinerea*. Se extrajeron los frutos cuidadosamente, de tal forma que los frutos se mantuvieran intactos, para no dispersar las esporas.

#### 3.1.2 Fase de laboratorio

El material colectado se procesó en el Laboratorio de Hongos Comestibles del Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. Los frutos se colocaron en un recipiente hermético y se rociaron de agua destilada, para que éstos esporularan y se mantuvieron a 15 °C, para su conservación.

### 3.1.3 Aislamiento, purificación e identificación de patógenos

Se observaron al microscopio óptico los frutos colectados y se seleccionaron los que presentaron un micelio grisáceo (moho gris) y la siembra se realizó en punta de hifa en cajas Petri en medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA). Los aislamientos obtenidos se reaislaron y se purificaron tomando pequeños trozos de medio PDA con micelio que se colocaron en cajas con PDA para su desarrollo en condiciones asépticas (Dickinson y Lucas, 1987).

Para la identificación, se elaboraron preparaciones semipermanentes de micelio grisáceo mediante el método Muntañola (1999) para conidios. En la identificación, se utilizaron las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1972).

### 3.1.4 Diseño de tratamientos y diseño experimental

Los controladores evaluados para el control de *B. cinerea* así como las concentraciones de éstos, se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 3** Tratamientos evaluados

| Controlador     | Principio Activo             | Concentraciones evaluadas |    |      |      |      |      |
|-----------------|------------------------------|---------------------------|----|------|------|------|------|
|                 |                              | Unidades                  | T1 | T2   | T3   | T4   | T5   |
| Ácido fosforoso | Ácido fosforoso              | mg 100 mL <sup>-1</sup>   | 0  | 500  | 700  | 1000 | 1200 |
| Trico-bio       | <i>Trichoderma harzianum</i> | mL 100 mL <sup>-1</sup>   | 0  | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 |
| Probac-bs       | <i>Bacillus subtilis</i>     | mL 100 mL <sup>-1</sup>   | 0  | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 |
| Sportak         | Procloraz                    | mL 100 mL <sup>-1</sup>   | 0  | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 |

Los tratamientos de la Tabla 3 fueron incorporados en 100 mL del medio de cultivo PDA. La concentración utilizada para la siembra del patógeno (*B. cinerea*) fue de 10<sup>6</sup> propágulos mL<sup>-1</sup>. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar, consto de 5 tratamientos incluyendo un testigo absoluto y 4 controladores fúngicos (Tabla 1). Cada tratamiento tuvo ocho repeticiones, donde la unidad experimental fue una caja Petri con la cepa de *Botrytis cinerea*. Las unidades experimentales se mantuvieron cada día con 3 h de luz blanca y a una temperatura de 25-28 °C, para favorecer la esporulación de los hongos.

### 3.1.5 Variables evaluadas

Como variable respuesta se consideró el porcentaje del área de la caja Petri que es cubierta por el crecimiento de *B. cinerea*. Las cajas Petri fueron observadas cada 24 h durante 15 días, se dio por concluido el ensayo cuando en el tratamiento testigo, el crecimiento del patógeno cubrió la totalidad de la superficie de la caja Petri (100%).

### 3.1.6 Análisis estadístico

Con los resultados obtenidos se realizaron análisis de varianza y prueba de comparación de medias por Tukey ( $P \leq 0.05$ ), usando el software SAS (SAS, 2011).

### 3.2 Resultados y Discusión

En la Tabla 3.1 se presentan las medias obtenidas de promediar las concentraciones evaluadas de cada uno de los controladores (fungicidas). Se observa que con los fungicidas químicos (procloraz y ácido fosforo), no existió germinación de ningún conidio. En el caso de los fungicidas biológicos *Bacillus subtilis* y *T. harzianum* se tuvo crecimiento de *B. cinerea* en 17.3 y 34.69% de la caja Petri. Por el contrario, en el tratamiento testigo no se observó control de *B. cinerea*.

**Tabla 3.1** Comparación de medias de los datos de área ocupada por la colonia de *B. cinerea*, desarrollada en cajas Petri con PDA y diferentes dosis de fungicidas

| Controlador (fungicida) | % Area de caja Petri ocupada por la colonia | % Control | Agrupación Tukey |
|-------------------------|---------------------------------------------|-----------|------------------|
| Procloraz               | 00.00                                       | 100.0     | D                |
| Ácido fosforoso         | 00.00                                       | 100.0     | D                |
| <i>B. subtilis</i>      | 17.30                                       | 82.65     | C                |
| <i>T. harzianum</i>     | 34.69                                       | 65.30     | B                |
| Testigo                 | 100.00                                      | 0.000     | A                |

Con el uso procloraz (imidazoles), en todas las concentraciones evaluadas en este experimento, no hubo germinación de los conidios, es decir este fungicida controló en 100% a *B. cinerea* (Tabla 2). De acuerdo a De Biasoli *et al.* (1995) el modo de acción de este fungicida es la inhibición del citocromo P-450 a través de la inactivación de la enzima C-14- $\alpha$  demetilasa, lo que ocasiona la interrupción de la síntesis del ergosterol en la membrana celular y la acumulación de esteroides intermedios tóxicos. Estos dos últimos aspectos, incrementan la permeabilidad de la membrana e interrumpen el crecimiento del hongo. Adicionalmente, debido a la homogeneidad de las unidades experimentales y al control de las condiciones en las que se desarrolló este estudio, se tuvieron resultados muy positivos del procloraz en *B. cinerea*; sin embargo, éstos podrían reducir su magnitud al replicar esta investigación en campo; por lo que es conveniente realizar de manera previa pruebas *in vivo*.

De la misma manera, el ácido fosforoso, controló de manera efectiva la proliferación de *B. cinerea*; en todas las concentraciones de ácido fosforoso evaluadas, no se observó germinación de conidios (Tabla 2). La incorporación del ácido fosforoso en el medio de cultivo tuvo un efecto fungicida al restringir el crecimiento e inhibir la esporulación (Lobato *et al.*, 2007) y probablemente al mezclarse con algún elemento que constituye el medio de cultivo, produce un efecto antagónico para la germinación de esporas de *B. cinerea*; en este contexto, Thizy *et al.* (1997) reportaron que el ácido fosforoso al mezclarse con iones de metales alcalinos como el K, Ca, Mg y Na, produce fosfito, por ejemplo al combinarse con potasio puede formar fosfitos de potasio monobásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_3$ ) y dibásico ( $\text{K}_2\text{HPO}_3$ ), que se caracterizan por ser altamente solubles en agua y en el caso de su aplicación a plantas superiores, presentan mayor movilidad que formas fosfatadas ( $\text{PO}_4$ ), tanto en sentido ascendente como descendente es decir tanto de manera acropétala como basipétalmente (Rebollar, 2011).

Sin embargo debido a que los fosfonatos agrupan a todos aquellos fungicidas o sales derivadas del ácido fosforoso (fosetil-Al, ácido fosforoso, ácido fosfónico y fosfitos de potasio, entre otros), no se deben confundir el ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) con el ácido fosforoso ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ ). Es importante distinguir que es el ion fosfito ( $\text{PO}_3$ ), es el que ejerce la acción contra los Hyphomycetes (*B. cinerea*) como lo indican Kofet *et al.* (2007), y no el fosfato ( $\text{PO}_4$ ).



En el caso de los productos biológicos, éstos mostraron mejor efectividad en el control de *B. cinerea* que los fungicidas químicos. Entre los productos biológicos fue evidente que Probac-BS (*Bacillus subtilis*) tuvo mayor eficiencia que Trico-Bio (*Trichoderma harzianum*), al inhibir en mayor proporción el crecimiento de *B. cinerea*. Cabe destacar que *B. subtilis* colonizó las cajas Petri desde la periferia y hacia el centro, lo que ocasionó un crecimiento difuso de *B. cinerea*; asimismo este patrón de crecimiento de *B. subtilis* ocasiona una distribución en la caja Petri de los antibióticos que produce, éstos del tipo bacilysin e iturin, que son altamente fungitóxicos (Butt *et al.*, 1999). Adicionalmente a la producción de antibióticos, *B. subtilis* produce sideróforos, que son compuestos extracelulares de bajo peso molecular con una elevada afinidad por el ion hierro, con lo que también se inhibe la germinación de las esporas de los hongos patógenos.

Por otra parte, el hongo antagonista *Trichoderma harzianum* tuvo un control moderado de *B. cinerea*; los resultados positivos de éste pueden deberse a diversos factores dentro de los que destacan la producción de metabolitos no volátiles (tricodermin y harzianopiridona) y enzimas hidrolíticas con actividad antifúngica que reducen el crecimiento e inhiben el desarrollo de *B. cinerea*, y destruyen las paredes celulares de los esclerocios o estructuras de resistencia del hongo (DEAQ, 2014). De manera adicional, la mayoría de las especies del género *Trichoderma* pueden producir diversos metabolitos secundarios dentro de los que se encuentran algunas toxinas como lagliotoxina (Brian, 1944) y hormonas de crecimiento como auxinas y giberelinas (Kleifeld y Chet, 1992). Asimismo, en este estudio fue evidente el micoparasitismo que según Ulhoa (1996), consiste en la utilización del patógeno como alimento por su antagonista; en este fenómeno se ven implicadas enzimas extracelulares tales como quitinasas, celulasas,  $\alpha$ -1-3-glucanasas y proteasas que lisan las paredes de las hifas y conidios de Deuteromycetes, como en el caso de *B. cinerea*. Bajo condiciones de laboratorio empleando medio de cultivo con agar, *Trichoderma harzianum* se caracteriza por presentar tonos de color verde, verde-amarillentas, asimismo, algunos micelios presentan un olor a coco; estos aspectos son evidencia de micoparasitismo (Samuels, 1996), y fueron visibles en las cajas Petri en esta investigación.

En la evaluación de los resultados obtenidos, es importante tomar algunas consideraciones; por ejemplo, el tiempo de 24 h dado al hongo antagonista para que éste colonizara el medio después de la elaboración del medio. Otro factor sería la temperatura, Dennis y Webster (1971) reportan controles de un 70 a 80% por parte del antagonista hacia patógenos *in vitro*, cuando la temperatura de crecimiento es óptima (25 °C), si bien el rango de temperatura para el crecimiento oscila entre 15 y 35 °C. Por debajo o encima de este rango de temperatura, *Trichoderma* spp., se caracteriza por producir formas de resistencia, las cuales, es probable que haya producido en este estudio. Por otra parte, las condiciones de humedad adecuadas están en torno al 70%, valor registrado en las unidades experimentales debido a que no había pérdida de humedad por parte del medio de cultivo. Adicionalmente, las cajas Petri fueron expuestas a la luz, especialmente azul y la violeta, la cual promueve la formación de conidios, el crecimiento de micelio y la coloración (Domsch *et al.*, 1980), lo cual pudo comprobarse con la visualización de los medios.

### 3.3 Conclusiones

El ácido fosforoso, presentó en promedio, la misma eficacia en el control de *B. cinerea*, que el fungicida procloraz, por lo que se considera como una alternativa viable y efectiva para el manejo del hongo, misma que debe ser evaluada *in vivo*, tanto para estimar su acción fungicida como fitotoxicidad. Los productos biológicos *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* presentaron niveles moderados de control; particularmente a las dosis más alta evaluada (1.25 L100 mL<sup>-1</sup>) debido a que como productos biológicos, dependen del crecimiento de UFC (unidades Formadoras de Colonias) para tener actividad fúngica, y se sugiere su evaluación *in vivo*.

### 3.4 Referencias

- Barnett, H. L. & Hunter, B. B. (1972). *Illustrated genera of imperfect fungi*. Minneapolis, EEUU, Burgess. 241 p.
- Brian, P. W. (1944). Production of gliotoxin by *Trichoderma viridae*. *Nature*, 154, 667-668.
- Butt, T. M., Harris, J. G., & Powell, K. A. (1999). Microbial biopesticides: The European scene. En Hill. F. R. & Menn, J. J. Biopesticides (Eds.). *Methods in Biotechnology. Vol. 5, Biopesticides Use and Delivery* (pp.:23-44). Ed. Humana Pres, NJ., U. S. A.
- DEAQ. (2014). *Diccionario de Especialidades Agroquímicas*. Recuperado el 28 de julio de 2016, de: <http://www.agroquimicos-organicosplm.com>
- De Biasoli, G. D. A., De Weitz. C. D. S, & De Chandías, D. O. T. (1995). *Química Orgánica*. Editorial Kapelusz. Buenos Aires, Argentina. 475 p.
- Dennis, C. & Webster, J. (1971). Antagonistic properties of Species-Groups of *Trichoderma* III. Hyphal interaction. *Transactions of the British Mycological Society*, 57, 363-369.
- Dickinson, C. H. & Lucas, J. A. (1987). *Patología vegetal y patógenos de plantas*. Editorial Limusa S.A. México. 518 p.
- Domsch, K. H., Gams, W., & Anderson, T. H. (1980). *Compendium of Soil Fungi*. Academic Press London. 859 p.
- Kleifeld, O. & Chet, I. (1992). *Trichoderma harzianum*-interactions with plants and effect on growth response. *Plant and Soil*, 144, 267-272.
- Kofoet, A. & Fischer, K. (2007). Evaluation of plant resistance improvers to control *Peronospora destructor*, *P. parasitica*, *Bremia lactucae* and *Pseudoperonospora cubensis*. *Journal of Plant Disease and Protection*, 114(2), 54-61.
- Lobato, M. C., Olovieri, F. P., Daleo, G., & Andreu, A. (2007). Efecto inhibitorio de compuestos fosfitos sobre el crecimiento de patógenos de papa *in vitro*. En *Memorias del XI Congreso Argentino de Microbiología*. Asociación Argentina de Microbiología. Córdoba, Argentina.
- Muntañola, M. (1999). *Guía de los hongos microscópicos*. Ed. Omega, Barcelona, España. 168 p.
- Rebollar, A. A. (2011). *Manejo de Mildiú y el Moho Gris de la Zarzamora en Michoacán*. Primera Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario de Occidente, Morelia Michoacán. 34 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2008). Recuperado el 30 de julio de 2016, de: [http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/estudios\\_promercado/fresa.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/documents/estudios_promercado/fresa.pdf).
- Samuels, G. J. (1996). *Trichoderma*: a review of biological and systematic of the genus. *Mycological Research*, 100, 923-930.

SAS Institute Inc. (2011). *SAS/STAT Users Guide*. Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA.

Thizy, A. D., Pillon, J. C., Debourge, Lacroix, G. (1997). *Fungicidal compositions containing phosphorous acid and derivates thereof*. US Patent 4119724. Recuperado el 29 de julio de 2016, de: <https://www.google.tl/patents/US4075324>

Ulhoa, C. J. (1996). Enzimas micolíticas produzidas pelo agente de biocontrole *Trichoderma harzianum*. En *V SINCONBIOL Simposio de Controle Biológico. Anais: Conferencias y palestras*. (pp. 234-238). Foz de Iguaçu-Parana-Brasil.

## **Biofertilización en *Stevia rebaudiana* Bertoni, Var. Morita II**

SÁNCHEZ-CARRILLO, Román, GUERRA-RAMÍREZ, Priscila y RESÉNDIZ S., Isidro

R. Sánchez, P. Guerra e I. Reséndiz

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México

Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México  
sacr76@hotmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

The irrational use of chemical fertilization carries a negative environmental impact; an option to stop such environmental degradation is the use of biofertilizer prepared with microorganisms, which may partially or totally replace chemical fertilizers (Armenta-Bojorquez, et al., 2010). These microorganisms may be present in the soil but are not always adequate or are very scarce, so you can use specific preparations to promote plant growth. In this work we evaluated 5 different types of microorganisms, *Azotobacter* spp., *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Glomus intrarradices* and *Azospirillum brasilense* on the growth of *Stevia rebaudiana*, finding that co-inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Glomus intrarradices* contributes to increase vegetative growth and root.

## 4 Introducción

Actualmente México importa el 67.5% de los fertilizantes utilizados en la producción agrícola, buena parte de estos fertilizantes no son aprovechados por las plantas, lo cual acarrea un impacto ambiental negativo, tal como contaminación de mantos acuíferos, eutrofización, lluvia ácida, entre otros. Una alternativa para frenar tal deterioro ambiental es el uso de biofertilizantes preparados con microorganismos específicos, los cuales se pueden aplicar al suelo y/o planta, con la finalidad de disminuir o sustituir totalmente la fertilización química (Armenta-Bojorquez, et al, 2010). Se conocen diferentes tipos de microorganismos benéficos, entre los que destacan *Trichoderma* spp., *Azotobacter* spp., *Glomus* spp., *Bacillus* spp. Los cuales, además de facilitar diferentes tipos de nutrientes, también pueden antagonizar con fitopatógenos, para el caso del hongo del género *Trichoderma*, un habitante común en la rizosfera, tiene varios mecanismos a través de los cuales influye el desarrollo de las plantas tales como la producción de reguladores de crecimiento, la solubilización y absorción de P, Cu, Fe, Zn, y Mn, y capacidad antagónica contra ciertos hongos fitopatógenos de plantas de interés agrícola (Gravel et al., 2007; Osman et al., 2010), en el caso de Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) representan una amplia variedad de bacterias del suelo, las cuales cuando crecen en asociación con las plantas estimulan su crecimiento.

Los medios por los cuales las BPCV pueden mejorar el estado nutricional de las plantas son: 1) fijación biológica de N<sub>2</sub>, 2) producción de reguladores del crecimiento, vitaminas y otras sustancias, 3) disponibilidad de nutrimentos en la rizosfera, 4) incremento en el área superficial de la raíz y 5) control de microorganismos patogénicos (Lugtenberg y Kamilova, 2009).

La capacidad de producir reguladores de crecimiento está ampliamente distribuida entre las bacterias que viven asociadas a las plantas y aproximadamente el 80% son productoras de auxinas (Bowen y Rovira, 1999). La auxina más importante en términos cuantitativos es el ácido-3-indol-acético (AIA), la producción de este regulador incrementa el sistema radical y se relaciona con la mayor absorción de nutrimentos (Okon y Kapulnik, 1986). Estos microorganismos se encuentran de forma natural en el suelo, sin embargo, su población se ve afectada por el manejo del suelo y uso excesivo de agroquímicos (Caballero-Mellado et al., 1992).

Debido a que la interacción planta microorganismo benéfico es un proceso muy complejo es importante evaluar la interacción de las especies vegetales de interés con los diferentes microorganismos benéficos, con la finalidad de conocer que tipo de especies se relacionan mejor y de esta forma se puedan plantear interacciones específicas con el propósito de lograr un mejor crecimiento vegetal y mayor productividad. En el presente trabajo se evaluaron 5 diferentes tipos de microorganismos, *Azotobacter* spp., *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Glomus intrarradices* y *Azospirillum brasilense* sobre el crecimiento de plantas de *Stevia rebaudiana*.

## 4.1 Metodología

El establecimiento de los tratamientos se realizó en un invernadero ubicado en la comunidad de Boyeros, Texcoco Edo. de México, a 2350 msnm, donde prevalece un clima templado.

El trasplante del material vegetal se realizó después de 30 días en vivero de enraizamiento con una altura promedio de 6 cm. en bolsas de plástico con capacidad de 1 litro, utilizando como sustrato una mezcla de tezontle, tepojal, composta y tierra, en proporciones iguales, y al cual se le realizó el respectivo análisis de suelo, arrojando valores óptimos para materia orgánica, B, Ca, Mg, S, K, Cu, Fe, Mn y Zn, 0.19 % de N total y 90 mg/Kg de P.

Los tratamientos consistieron en inoculación con: 1) *Azotobacter spp.*  $5 \times 10^8$  bacterias por mL preparado en medio acuoso al 1.25%, 2) *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*  $1.8 \times 10^8$  conidios/mL preparados al 5%, 3) *Glomus intrarradices*  $5 \times 10^6$  esporas/mL preparado al 1%, 4) una mezcla de *Glomus intrarradices* 40.000 esporas/mL y *Azospirillum brasilense*  $1.75 \times 10^{11}$  UFC/mL preparados al 1.8% y 5) una mezcla de todos los tratamientos antes descritos. A las soluciones de microorganismos se les ajustó el pH a 6.5-7 y en ellas se incubó la raíz de las plántulas durante 15 minutos y posteriormente se trasplantaron.

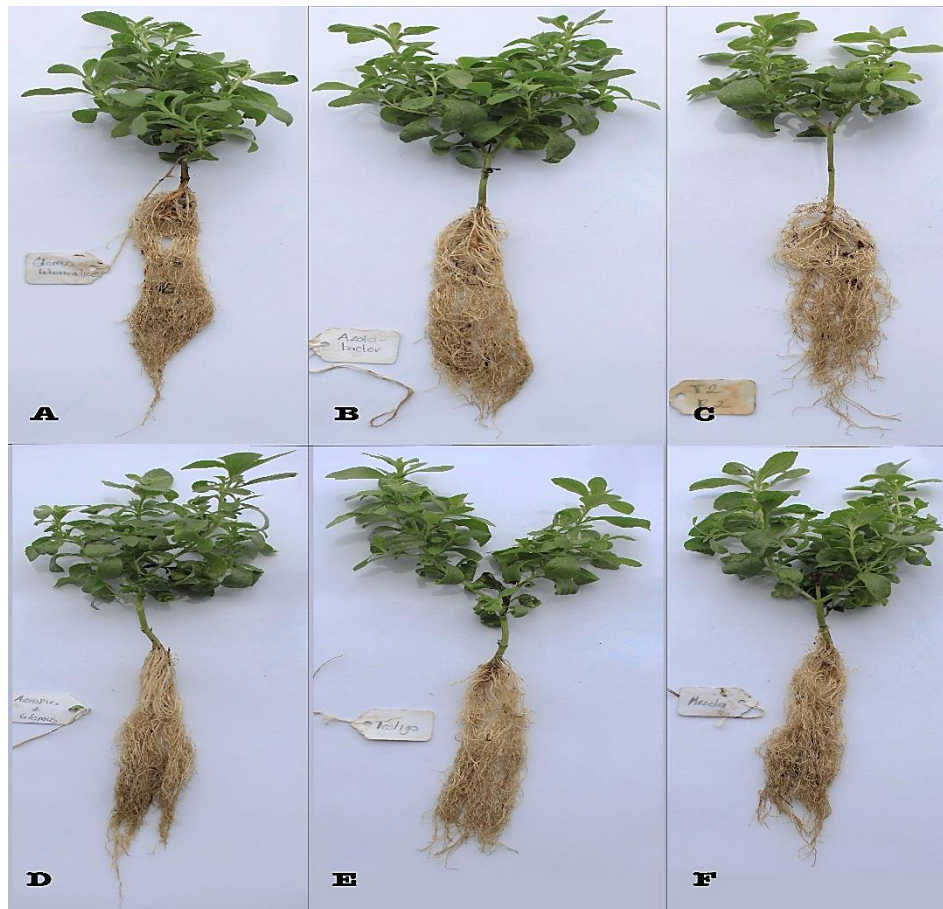
Las plantas se regaron cada tercer día con agua, durante un periodo de 60 días, tras el cual se evaluaron la altura de la planta, peso fresco de la parte aérea, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, peso seco de la parte aérea y longitud de la raíz. La unidad experimental estuvo constituida por una maceta que contenía una planta con siete repeticiones por tratamiento. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias de Tukey, considerándose diferencias significativas cuando  $P \leq 0.05$ .

## 4.2 Resultados y Discusión

La inoculación de microorganismos benéficos, de vida libre y de asociación simbiótica, a la raíz de las plantas incremento tanto el crecimiento vegetativo como el de la raíz para el caso de los tratamientos 4 y 5 (Tabla 4 y Figura 4), esto se debe a que el metabolismo de los microorganismos produce fitoreguladores o compuestos orgánicos que solubilizan nutrientes (Bashan, *et al.*, 1996; Shukla, *et al.*, 2012, Leszek, S. 2003, Plich, *et al.*, 1975), haciéndolos más accesibles a la planta, observándose un efecto directo sobre el desarrollo vegetal, así mismo, al inocular con el consorcio microbiano (tratamiento 5) observamos que hay diferencia significativa con respecto a la co-inoculación de microorganismos del tratamiento 4, en las variables peso seco de raíz y peso seco de planta se observa el efecto sinérgico esperado, esto puede explicarse debido a que el metabolismo conjunto de los diferentes microorganismo estimula la absorción de nutrientes por parte de la planta.

El efecto positivo de *A. brasilense* en diversos cultivos se atribuye principalmente al mejoramiento en el desarrollo de la raíz y al incremento subsecuente en el hospedante en la asimilación de minerales en el suelo, lo cual favorece la acumulación de biomasa (Summer, 1990; Okon y Labandera-González, 1994).

**Figura 4** Plantas tratadas con A)tratamiento 3; *G. Intrarradices*, B)tratamiento 1; *Azotobacter spp.* C)tratamiento 2; *Trichoderma spp.* D)tratamiento 4; *G. Intrarradices* + *A. brasilense*, E)testigo; sin inoculación de microorganismos, F)tratamiento 5; mezcla de los tratamientos 1 al 4



Fuente: Elaboración propia

En el caso de la inoculación individual de hongos, tratamientos 2 y 3 (figura 1 y tabla 1) se sabe que la principal dificultad para que se produzca una adecuada colonización radica en que los hongos poseen baja especificidad por la planta hospedera, para nuestro caso observamos que la planta hospedera cuando es expuesta solamente a *Trichoderma* o *Glomus* no presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigo, por lo que en apariencia no hay una buena relación simbiótica con estos dos hongos cuando son inoculados de forma individual.

**Tabla 4** Efecto de diferentes microorganismos benéficos en el crecimiento de *Stevia rebaudiana*

| Trat.          | AP (cm)  | LR (cm) | PFR (g) | PFP (g)  | PSR (g) | PSP (g) |
|----------------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| T1             | 13.08 b* | 17.40 a | 2.59 c  | 4.84 c   | 0.38 c  | 0.83 d  |
| T2             | 13.84 b  | 19.20 a | 3.00 bc | 6.20 ac  | 0.42 c  | 0.96 cd |
| T3             | 12.42 b  | 19.48 a | 2.93 bc | c        | c       | 1.03 cd |
| T4             | 16.36 a  | 20.46 a | 4.66 a  | 7.21 ab  | 0.57 b  | 1.29 b  |
| T5=T1+T2+T3+T4 | 16.14 a  | 18.90 a | 4.15 ab | 8.46 abc | 0.73 a  | 1.61 a  |
| Testigo        | 15.72 a  | 20.58 a | 2.73 c  | 5.29 bc  | 0.42 c  | 1.10 bc |
| DMSH           | 1.72     | 3.73    | 1.36    | 2.34     | 0.14    | 0.58    |

\*Valores con la misma letra por columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ , DMSH= diferencia mínima significativa honesta. Trat=Tratamiento T1= *Azotobacter spp.*, T2= *Trichoderma spp.*, T3= *Glomus spp.*, T4= *A. brasilense* + *Glomus spp.*, Testigo= plantas sin inoculo, AP=Altura de planta, LR=Largo de la raíz, PFR=Peso fresco de la raíz, PFP=Peso fresco de la parte aérea, PSR=Pesos seco de la raíz, PSP= Peso seco de la parte aérea

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Conclusiones

La inoculación conjunta de los microorganismos *Azospirillum brasilense* y *Glomus intrarradices* contribuye a incrementar el crecimiento vegetativo y de la raíz, de igual forma, se observa un efecto sinérgico positivo con la aplicación de todos los microorganismos evaluados (tratamiento 5), particularmente en las variables PFR, PSR y PSP, con respecto al testigo.

### 4.4 Referencias

Adolfo Dagoberto Armenta-Bojórquez, Cipriano García-Gutiérrez<sup>1</sup>, J. Ricardo Camacho-Báez, Miguel Ángel Apodaca-Sánchez, Leobardo Gerardo-Montoya, y Eusebio Nava-Pérez, (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México, Ra Ximhai, Vol. 6, Número 1, enero-abril, pp 51-56.

Caballero-Mellado, J.; Carcaño-Montiel, M. G. and Mascarua-Esparza, M. A. (1992). Field Inoculation of Wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. *Symbiosis*. 13: 243-253.

Bashan, Y., Levanony, R., Ferrera-Cerrato, (1996). Interacción entre plantas y microorganismos benéficos: bacterias asociativas de la rizósfera, *Terra*, 14(1): 159-183.

Bowen, G. D. and Rovira, A. D. (1999). The rizhosphere and its management to improve plant growth. *Adv. Agron.* 66: 1-102.

Gravel, V., Antoun, H., and Tweddell, R.J. (2007). Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible role of índole acetic acid (IAA). *Soil Biol. Biochem.* 39:1968-1977.

Leszek S., (2003). Reguladores de crecimiento y desarrollo de plantas, Pags 248-249.

Lugtenberg, B. and Kamilova, F. (2009). Plant-Growth-Promoting rhizobacteria. *Ann. Rev. Microbiol.* 63: 541-556.

Okon, Y. and Kapulnik, Y. (1986). Development and function of *Azospirillum*-inoculated roots. *Plant Soil.* 90:3-16.



Okon, Y. and Labandera-González, C. (1994). Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years' worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.* 6(12):1591-1601.

Osman, M. B.; Abdulhamid, A.; Mohammad, N. and Wan, M. W. Y. (2010). Comparison of different delivery system of Trichoderma and Bacillus as biofertilizer. *Adv. Environ. Biol.* 4: 31-33.

Plich H., Jankiewicz L., Borkowska B., Moraszczyk, A., (1975). Correlation among lateral shoots in Young Apple trees, *Acta agrobot.* 28: 131-149.

Shukla, N., Awasthi, R. P., Rawat, L., Kumar, J., (2012). Biochemical and physiological responses of rice (*Oryza sativa* L.) as influenced by *Trichoderma harzianum* under drought stress, *Plan Physiol. Biochem.* 54: 58-88.

Sumner, M. E. (1990). Crop responses to Azospirillum inoculation. In: Stewart, B. A. (ed.). *Advances in Soil Sciences*. Springer. Berlin. p. 53-123.

## **Silicio en germinación y crecimiento inicial de arroz**

RAMÍREZ-OLVERA, Sara Monzerrat, GÓMEZ-MERINO, Fernando Carlos, TREJO-TÉLLEZ, Libia Iris, PÉREZ-SATO, Juan Antonio, GARCÍA-MORALES, Soledad y SENTÍES-HERRERA, Héctor Emmanuel

S. Ramírez, F. Gómez, L. Trejo, J. Pérez, S. García y H. Sentíes

Collegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94946

Collegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México, México. C. P. 56230

fernandg@colpos.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

In seeking for alternatives to improve germination and plant growth of rice (*Oryza sativa*), we evaluated the application of silicon dioxide (SiO<sub>2</sub>) at 0.5, 1.0 and 1.5 mM, and a control without SiO<sub>2</sub>. We used rice seeds of the variety Morelos A-98, which were disinfected and placed in plastic boxes on humid filter containing each treatment applied for 10 days. Germination was recorded daily and response variables were determined 10 days after treatments application. Results indicate that percentage of germination, plant height, root length, number of roots, root and shoot fresh and dry matter weight, in Si-treated plants were always superior to those observed in control plants.

## 5 Introducción

Actualmente, el arroz es el alimento básico para cerca de la mitad de la población mundial (Mohanty, 2013; FAO, 2016). En el año 2014 en México se consumieron 1 millón 100 mil toneladas de este cereal, aunque el país solo produjo 179 mil 775 toneladas (SAGARPA, 2014), lo que representa un nivel de importación mayor al 80%. Además, el rendimiento de este cultivo en el país representa menos de la mitad del potencial que se tiene. Por otro lado, uno de los factores determinantes para mejorar el rendimiento es el adecuado manejo nutrimental del cultivo, que también asegura una mejor calidad de las cosechas (Coraspe-León *et al.*, 2009). La germinación es el punto de partida para la producción, y un exitoso desarrollo de la semilla se verá reflejado en plántulas vigorosas, que alcanzarán el máximo rendimiento (Doria, 2010). Los elementos benéficos como el silicio (Si), no son considerados elementos esenciales para las plantas, aunque detonan mejoras en el metabolismo vegetal y pueden aportar múltiples beneficios (Trejo-Téllez *et al.*, 2016). Estos elementos pueden mejorar la germinación, así como el crecimiento y desarrollo de arroz y otras especies (Torabi *et al.*, 2012; Ning *et al.*, 2014).

El Si es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre y en los suelos, solo después del oxígeno (O), comprende del 50 al 70% de la masa del suelo (Ma, 2004; Lee *et al.*, 2010). Este puede estimular el crecimiento vegetal, al detonar una mayor capacidad antioxidante, reducir el daño oxidativo de las especies reactivas de oxígeno generadas en condiciones de estrés, así como formar complejos con metales tóxicos para reducir su movilización (Epstein, 1999; Gunes *et al.*, 2008; Shi *et al.*, 2014). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres concentraciones de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) en la germinación y crecimiento de plántulas de arroz Morelos A-98.

### 5.1 Materiales y métodos

#### 5.1.1 Material vegetal

Se usaron semillas sin testa de tamaño uniforme, libre de patógenos y sin daños mecánicos del cultivar de arroz Morelos A-98 (*Oryza sativa* L.), obtenido del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el Campo Experimental Zacatepec, Morelos.

#### 5.1.2 Desinfección de semillas

Las semillas se desinfectaron en una cámara de flujo laminar, se sumergieron en etanol al 70% por 10 min, y se lavaron tres veces con agua destilada estéril. Inmediatamente después se colocaron por 1 h en hipoclorito de sodio al 5%, al cual se le agregó una gota de Tween 20, y enseguida se lavaron 5 veces con agua destilada estéril. Después, las semillas se secaron sobre papel filtro.

### 5.1.3 Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron tres concentraciones de SiO<sub>2</sub> (0.5, 1.0 y 1.5 mM) además del testigo que consistió en agua destilada estéril. Para evitar una posible contaminación por hongos se agregó benomilo [metil 1-(butilcarbamoil) bencimidazol-2-il carbamato] a razón de 2.0 g L<sup>-1</sup>, a todos los tratamientos incluyendo el testigo. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones. La unidad experimental consistió en una caja de plástico (14 x 15 x 15 cm) con 25 semillas.

### 5.1.4 Prueba de germinación

Las semillas desinfectadas de arroz se colocaron en las cajas de plástico sobre papel filtro estéril. Antes de colocar las semillas, a cada caja se le agregó un volumen inicial de 15 mL de cada tratamiento, luego se acomodaron 25 semillas por caja, dejando espacio suficiente entre ellas para permitir la elongación de las raíces. Después, las cajas se taparon y se colocaron en oscuridad por tres días a 28 °C, y posteriormente las cajas con las semillas fueron expuestas a la luz natural en condiciones de laboratorio. El registro de la germinación se realizó diario, durante cinco días, considerando como semilla germinada aquella cuya radícula fue mayor a 3 mm de longitud. Diez días después de la siembra se registró altura de plántula, longitud de raíz, número de raíces, peso de la biomasa fresca y seca de parte aérea y raíz.

### 5.1.5 Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza y prueba de comparación de medias con la prueba de Duncan. En las pruebas estadísticas aplicadas se utilizó un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

## 5.2 Resultados

El porcentaje de germinación de semillas de arroz Morelos A 98 desde el punto de vista estadístico no fue influenciado por la adición de Si; sin embargo, su adición en las tres concentraciones usadas incrementó el porcentaje de germinación en casi 10%. En particular la concentración de SiO<sub>2</sub> de 1 mM fue superior en el porcentaje de germinación casi 14% al testigo (Tabla 5). Torabi *et al.* (2012) reportaron la aplicación de silicato de sodio (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) en concentraciones de 0.2, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5 y 2 mM a semillas de *Borago officinalis*, incrementa significativamente el porcentaje de germinación.

**Tabla 5** Efecto del SiO<sub>2</sub> en el porcentaje de germinación de semillas de arroz Morelos A98

| SiO <sub>2</sub> (mM) | Porcentaje de germinación |
|-----------------------|---------------------------|
| 0.0                   | 65.28 ± 5.24 a            |
| 0.5                   | 72.22 ± 4.34 a            |
| 1.0                   | 79.17 ± 2.08 a            |
| 1.5                   | 75.00 ± 0.00 a            |

Medias ± DE con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

De la misma manera que en el porcentaje de germinación, la altura de plántula después de la germinación no fue estadísticamente diferente entre tratamientos; pero, la adición de 0.5, 1 y 1.5 mM de SiO<sub>2</sub> incrementó en 20.6, 18.4 y 21.2% la altura de planta en comparación con el testigo (Tabla 5.1). Estos resultados son acordes a los reportados por Hossain *et al.* (2002), quienes indican que el suministro de Si en forma de ácido silícico a plantas en semillero de arroz cv. Koshihikari, promueve la elongación celular, estimulando el crecimiento de arroz.

En otro estudio Toledo *et al.* (2012), evaluaron semillas y plántulas resultantes de plantas avena (*Avena sativa*) cultivar 'IAC 7' tratadas con el producto Silamol<sup>®</sup> (0.8% de Si soluble), mediante su aspersión a dosis de 2.0 L ha<sup>-1</sup>, dividido en tres diferentes etapas (666.7 mL ha<sup>-1</sup> en cada fase: macollaje, diferenciación de yemas y formación de espiga), y se observó un incremento significativo en la longitud de plántula (parte aérea y vástago) del 20.1%.

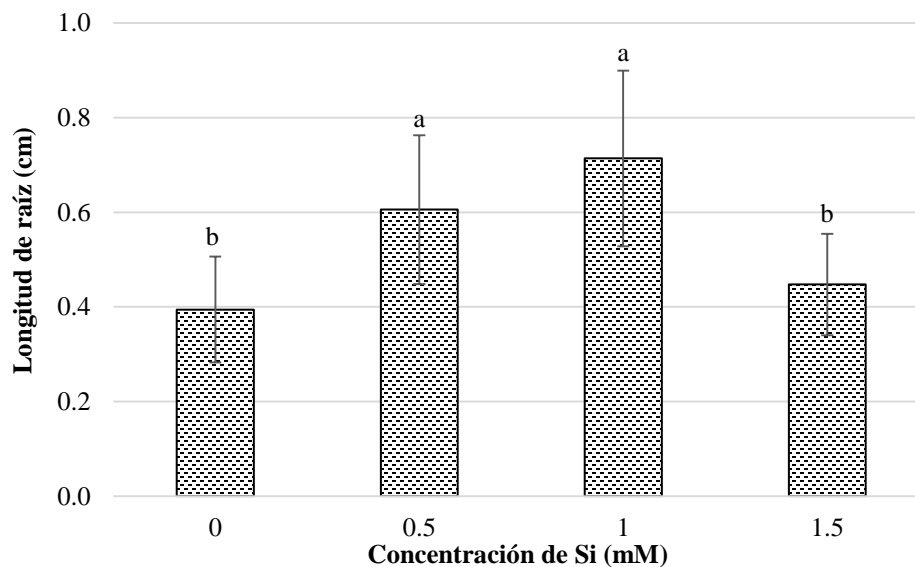
**Tabla 5.1** Efecto del SiO<sub>2</sub> en el crecimiento de plántulas de arroz Morelos A98 posterior a la germinación de semillas

| SiO <sub>2</sub> (mM) | Altura de plántula (cm) |
|-----------------------|-------------------------|
| 0.0                   | 2.49 ± 0.48 a           |
| 0.5                   | 3.00 ± 0.54 a           |
| 1.0                   | 2.95 ± 0.66 a           |
| 1.5                   | 3.02 ± 0.62 a           |

Medias ± DE con letras distintas indican diferencias significativas (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

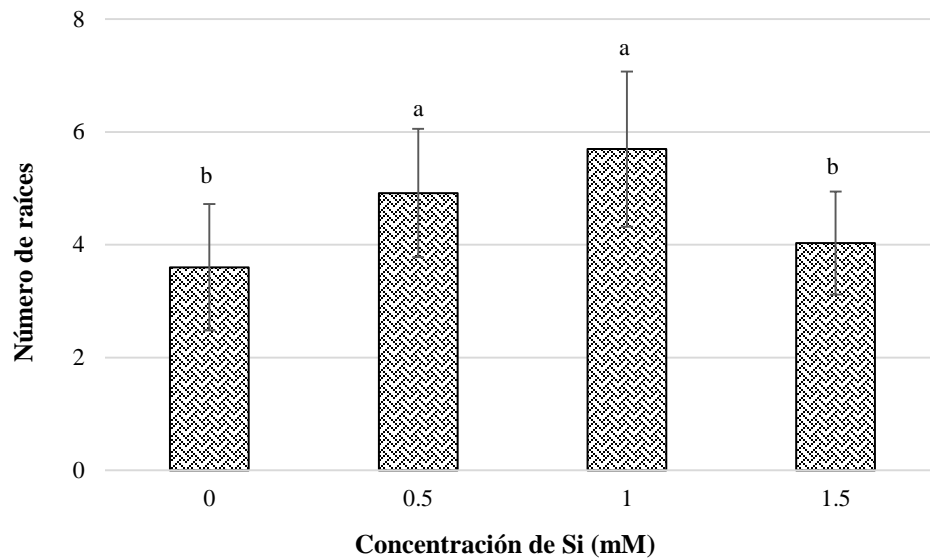
La longitud de raíz incrementa con la aplicación de SiO<sub>2</sub> en 48.8, 73.2, 9.7% para las concentraciones de 0.5, 1.0 y 1.5 mM, respectivamente; en comparación con el testigo. No existieron diferencias estadísticas entre el testigo y la concentración 1.5 mM de SiO<sub>2</sub> (Gráfico 5). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Toledo *et al.* (2012), quienes indican un incremento de longitud de raíz en avena del 36.2% con la aplicación del producto Silamol<sup>®</sup> (0.8% de Si soluble).

**Gráfico 5** Longitud de raíces de arroz tratadas con SiO<sub>2</sub>



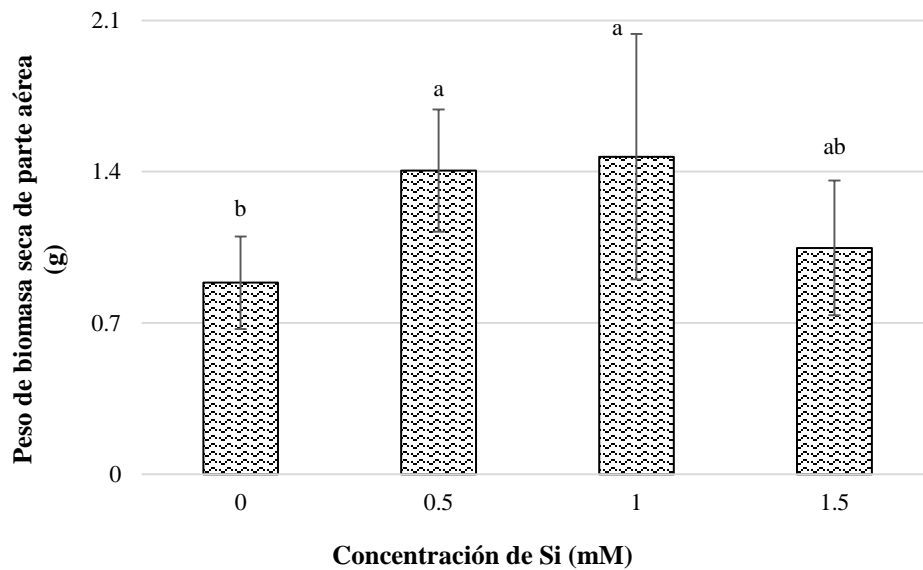
Medias con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

El número de raíces (Gráfico 5.1) muestra que el tratamiento de SiO<sub>2</sub> a 0.5 y 1.0 mM incrementa el número de raíces en 37.15 y 58.93%, respectivamente, en comparación con el testigo. De manera coincidente con la longitud de raíces (Gráfico 5), el número de éstas no fue estadísticamente diferente al testigo con la adición de 1.5 mM de SiO<sub>2</sub>.

**Gráfico 5.1** Número de raíces de arroz tratadas con SiO<sub>2</sub>

Medias con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey,  $P \leq 0.05$ )

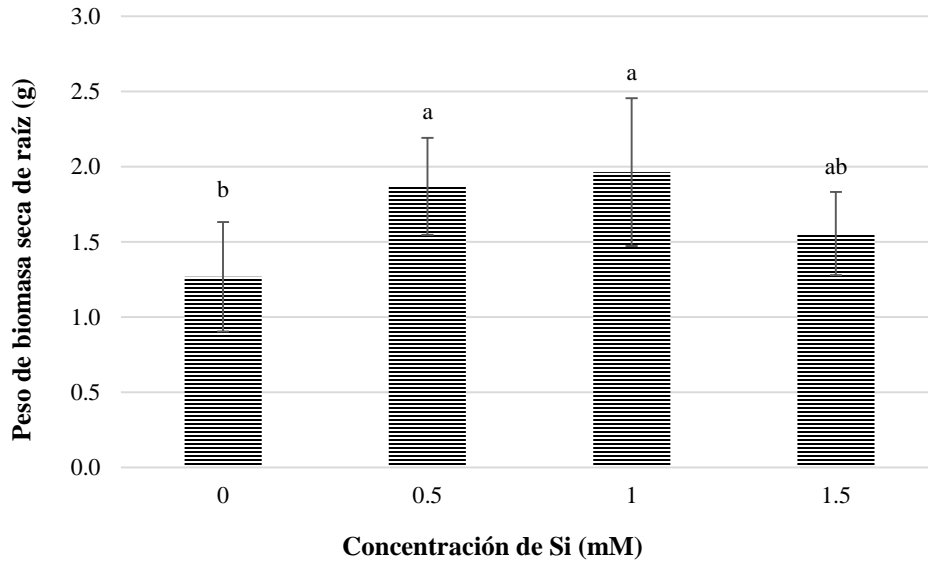
El peso de la materia seca de la parte aérea de plantas de arroz se incrementó con la aplicación de 0.5, 1.0 y 1.5 mM de SiO<sub>2</sub> en 55.5, 62.2, 15.6%, respectivamente, en comparación con el testigo (Gráfico 5.2). De manera coincidente, Ning *et al.* (2014) reportan efectos positivos del Si en la acumulación de materia seca, específicamente indican que la aplicación de fertilizantes de Si a base de desechos de acero y hierro en cantidades de 187, 560 y 935 mg de Si por kg de suelo, en plantas de arroz se observó un incremento significativo en el peso seco de hojas.

**Gráfico 5.2** Peso seco de parte aérea de plántulas de arroz tratadas con SiO<sub>2</sub>

Medias con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey,  $P \leq 0.05$ )

En cuanto al peso de la materia seca de la raíz (Gráfico 5.3), el SiO<sub>2</sub> no tuvo efecto significativo; sin embargo, se observaron incrementos del 24.0 30.7 y 3.3% para las concentraciones de 0.5, 1.0 y 1.5 mM de Si, respectivamente, en comparación con el testigo.

**Gráfico 5.3** Peso seco de raíces de plántulas de arroz tratadas con SiO<sub>2</sub>



Medias con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey,  $P \leq 0.05$ )

### 5.3 Conclusión

La aplicación de silicio, a tres concentraciones en arroz, incrementó la germinación y características de crecimiento de plántula como altura, longitud de raíz, número de raíces, peso de materia fresca y seca de parte aérea y raíz. Estos resultados permiten afirmar que el Si es un elemento benéfico en la fase de germinación de arroz Morelos A98. En futuras investigaciones se requiere evaluar los efectos de concentraciones mayores de silicio.

### 5.4 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de posgrado otorgada a Sara Monzerrat Ramírez Olvera; a la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento 1 en Eficiencia y Sustentabilidad en la Producción Primaria en Sistemas Agroalimentarios del Programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados por los apoyos para la realización de esta investigación. Al Laboratorio de Nutrición Vegetal del Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados por las facilidades en el establecimiento del experimento.

### 5.5 Referencias

- Coraspe-León, H. M., Muraoka, T., Ide, F. V., De Stefano, P. S. M., & Prado, G. N. (2009). Absorción de macronutrientes por plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la producción de tubérculo-semilla. *Interciencia*, 34, 57-63.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31, 74-85.

- Epstein, E. (1999). Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50, 641-64.
- FAO. (2016). *Situación Alimentaria Mundial. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales*. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- Gunes, A., Pilbeam, D. J., Inal A., & Coban, S. (2008). Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39, 13-14.
- Hossain, M. T., Mori, R., Soga, K., Wakabayashi, K., Kamisaka, S., Fujii, S., Yamamoto, R., & Hoson, T. (2002). Growth promotion and an increase in cell wall extensibility by silicon in rice and some other Poaceae seedlings. *Journal of Plant Research*, 115, 23-27.
- Lee, S. K., Sohn, E. Y., Hamayun, M., Yoon, J. Y., & Lee, I. J. (2010). Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. *Agroforest Systems*, 80, 333-340.
- Ma, J. F. (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50, 11-18.
- Mohanty, S. (2013). *Trends in global rice consumption. Rice Today. January-March 2013*. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de <https://es.scribd.com/doc/119860372/RT-Vol-12-No-1-Rice-facts#fullscreen=1>
- Ning, D., Song, A., Fan, F., Li, Z., & Liang, Y. (2014). Effects of slag-Based silicon fertilizer on rice growth and brown-spot resistance. *PLoS One*. 9, e102681.
- SAGARPA. (2014). *Importa México el 80% de arroz para solventar su consumo*. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de <http://www.sagarpa.gob.mx>
- Shi, Y., Zhang, Y., Yao, H., Wu, J., Sun, H., & Gong, H. (2014). Silicon improves seed germination and alleviates oxidative stress of bud seedlings in tomato under water deficit stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 78, 27-36.
- Toledo, M. Z., Castro, G. S. A., Crusciol, C. A. C., Soratto, R. P., Cavariani, C., Ishizuka, M. S., & Picoli, L. B. (2012). Silicon leaf application and physiological quality of white oat and wheat seeds. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 33, 1693-1702.
- Torabi, F., Majd, A., & Enteshari, S. (2012). Effect of exogenous silicon on germination and seedling establishment in *Borago officinalis* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6, 1896-1901.
- Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., & Alcántar-González, G. (2016). Elementos benéficos. En Alcántar-González, G., Trejo-Téllez, L. I., & Gómez-Merino, F.C. (Eds.). *Nutrición de Cultivos* (pp. 57-101). México: Colegio de Postgraduados



## **Tipología económica – ecológica de productores cafetaleros de la región costa de Oaxaca**

CRUZ, Sergio, NORIEGA, Gerardo y MARTÍNEZ, Alexander

S. Cruz, G. Noriega y A. Martínez

Área de Agronomía. Universidad Autónoma Chapingo. Carr. México-Texcoco CP. 56230  
sergiocruzhdz@gmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.-  
©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

The producers typology are defined as characterization and classification of farmers producers. In this investigation was identified different kinds of coffee producers, due to own characteristics of each coffee producer and each kind of them, is a model or a representative group of a population segment, that meets certain conditions employed in its definition. the agriculture in Oaxaca is practiced in a complex natural environment as a result of diversity physiografyc, climatic, ecological, social and cultural conditions, this situation creates different forms of appropriation of natural resources to meet basic needs such as food and housing. This research proposes a typology that encompassing, ecological and economics variables for the studying of coffee economy in Oaxaca.

## 6 Introducción

El estudio de la agricultura, en un país tan diverso y contrastante en sus manifestaciones regionales como México, es sumamente complejo. Diverso en sus componentes y recursos naturales, en su acontecer histórico, en sus grupos étnicos y sociedades rurales, en su cultura popular y productiva; contrastante en cuanto a la diferenciación económica y tecnológica de la producción agrícola y su desarrollo sectorial y regional, en la integración de su industria con la agricultura, en su relación campo-ciudad (Duch, 1998). La necesidad de mostrar la heterogeneidad, marcando los contrastes de la actividad agrícola, con base a su nivel de desarrollo y de los productores con relación a su nivel de capitalización y a la capacidad productiva de sus unidades, así como en la conservación de la biodiversidad, es como pretendemos construir la tipología económica-ecológica de productores.

Se pretende que con los resultados generados, constituyan una herramienta de planeación de la atención pública a los productores agrícolas cafetaleros, propiciando la mejor orientación de los apoyos a este sector productivo.

La utilización de la caracterización y/o tipología económica-ecológica de productores, puede llegar a constituir una herramienta fundamental para los tomadores de decisiones de la administración pública, para incorporar un trato diferenciado a los productores de bajos ingresos, debido a que existen diferencias económico-ecológicas y sociales entre los productores cafetaleros en Oaxaca y también es útil para la organización de productores.

La tipología de productores, es una herramienta metodológica que tiene como propósito sintetizar una serie de características, a fin de formar grupos o tipos. Los tipos deberán ser claramente diferenciales entre sí, como lo señala Rodríguez J. citado por Gabriel (2003) ellos se distinguen de acuerdo con los principios de analogía, homogeneidad, pertenencia a un mismo tipo repetitividad y, existencia de diferentes entornos ambientales.

El Sistema Producto Café en el estado de Oaxaca, es uno de los sistemas de más alto valor social y económico, que involucra a campesinos de bajos recursos; la política agrícola que se ha establecido se enmarca en el fortalecimiento de la organización, la producción y la comercialización principalmente.

Los resultados indican que se puede realizar una tipología de productores, con estas características, tomando en cuenta indicadores ecológicos, como biodiversidad vegetal en los predios cafetaleros, tomando en cuenta indicadores de producción, como el rendimiento del cultivo; y con ello, proponer diferentes opciones de manejo dentro del agroecosistema cafetalero de la microrregión Loxicha, en la Sierra Sur de Oaxaca.

## 6.1 Materiales y métodos

La zona de estudio, se enfoca en el Distrito de Pochutla, ubicado en la Región Costa, en donde están situados municipios como son: San Agustín Loxicha, San Bartolomé Loxicha, entre otros; microrregión conocida localmente como “Loxichas”; hábitat de diversas especies vegetales y animales, donde se puede encontrar una diversidad de agroecosistemas, como el caso que nos ocupa.

Los municipios que se exploraron en el Distrito de Pochutla, son: (1) San Agustín Loxicha y, (2) San Bartolomé Loxicha. Esta región se ubica al suroeste del estado, sus coordenadas extremas son: Latitud N: 15° 40' 55" a 16° 29' 45" Longitud W: 95° 11' 41" a 97° 34' 57", a una altitud media de 1800 msnm, tiene una extensión de 15,493 km<sup>2</sup>, el estado de Oaxaca, para su administración económico-administrativa, se ha dividido en ocho regiones; (1) Mixteca, (2) Cañada, (3) Papaloapan, (4) Sierra Norte, (5) Valles Centrales, (6) Costa, (7) Istmo, y (8) Sierra Sur. Para abordar la cuestión socio-cultural, el enfoque es cualitativo, con una comprensión global. Los métodos utilizados desde esta perspectiva son los basados en la observación y descripción de los fenómenos.

La SAGARPA (2009), menciona que en las últimas décadas, las políticas públicas para el sector agropecuario en el país y por consiguiente la generación de Programas de apoyo a productores, se ha enfocado mayormente al alineamiento con los estándares internacionales más que a cubrir y satisfacer las necesidades internas. Existen marcadas diferencias entre productores, lo que da origen a la estratificación de productores, resultando la agrupación de productores; esta estratificación hace notar que existen diferencias entre estratos y entre las diversas actividades agropecuarias, producto de asimetrías en el acceso a información, esquemas de organización, de gestión de la innovación, capacitación y asistencia técnica inadecuados, que en resumidas cuentas se puede traducir como una debilidad en la aplicación de políticas públicas, diferenciadas acorde a las necesidades de cada uno de los estratos de productores.

En este sentido, Romero (1986) señala que, la tipología de productores es una herramienta metodológica, que además de ayudar a sistematizar las variantes tecnológicas de la agricultura, permite conocer cómo se estructura la producción agrícola en su conjunto. Consiste en la separación-agrupación de las diferentes unidades de producción agrícola encontradas en un determinado ámbito socioterritorial (región, estado, zona, municipio o comunidad rural) en conjuntos homogéneos, atendiendo a un cierto número de características (variables) económicas y sociales que son seleccionadas de manera individual o combinada (Duch, 1998).

La SAGARPA (2009), menciona que en relación con la tipología de productores agropecuarios, se cuentan diversos trabajos entre los que destacan los siguientes:

- El realizado por Schejtman A., para la Comisión Económica para la América Latina (CEPAL) en colaboración de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), con datos del V Censo Agrícola Ganadero y Ejidal de 1970, que formuló una tipología de productores del agro mexicano en la que se distinguen tres grandes sectores: el campesino, el de unidades de transicionales y el de empresas agrícolas
- En 1990 la Secretaría de la Reforma Agraria (SRA) y la CEPAL, elaboraron una tipología de productores agrícolas en la que se distinguen 4 grupos de productores: comerciales, diversificados, de autoconsumo humano y de autoconsumo productivo con datos de encuestas aplicadas en Ejidos y Comunidades del país.

- Toledo en 1995 realizó una tipología económico-ecológica de los productores rurales fundamentado en la definición de estratos de productores conforme a su grado de “modernización rural”.
- Un estudio relacionado, es el realizado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) en el 2007, para la medición de pobreza, sustentado en el análisis económico comparativo entre el ingreso-gasto de los hogares.

Sin embargo, en estos trabajos se muestra que tienen una visión marcadamente economicista, poca o ausencia total de las variables ambientales o ecológicas, y falta de correlación con los factores y fenómenos naturales. Debemos de comprender que la agricultura campesina, continúa representando un subsector agrícola muy importante, debido a que los alimentos y materias primas que produce constituyen una fuente básica para la subsistencia de las comunidades rurales quienes conservan cultivos practicados desde la época prehispánica, además de generar ingresos, empleos y alimentos para la población urbana (Pérez, 2008) y también porque amplían el consumo de productos industriales.

## 6.2 Resultados

En México y particularmente en Oaxaca, desde la época prehispánica el agro se ha basado en la comprensión del ambiente natural y de sus elementos, que son manejados como recursos en los procesos agrícolas. Este conocimiento se ha denominado tradicional y es fundamental para la comprensión de los agroecosistemas desde su surgimiento, hasta los procesos de cambio o de conversión que han sufrido a través del tiempo, llegando hasta el momento actual.

Sin embargo, no todo el conocimiento considerado tradicional tiene estas bases, para ello requiere haber estado sujeto a procesos de experimentación a través del tiempo (ensayo, acierto – error), en los cuales se ha adaptado a las condiciones ambientales y sociales. Así, Concheiro y López (2006) señalan que los agroecosistemas se han combinado de distintas maneras, para conformar lo que ha sido genéricamente denominado modelo mexicano de agricultura. Entre el uso del suelo, el conocimiento de los componentes del ambiente, por parte del campesino y, los procesos agrícolas, existe una relación interdependiente que permite la producción de alimentos para las familias campesinas. Los procesos agrícolas representan el conjunto de técnicas asociadas al manejo de recursos naturales, tanto renovables como no renovables; además, existen factores que condicionan o determinan las actividades agrícolas, por ejemplo: la altitud sobre el nivel del mar, el relieve, el clima y los rasgos socioculturales.

Por otro lado, también hacemos mención que, la región ha padecido desastres naturales, los más grandes han sido los huracanes “Paulina” (1997), y “Carlota” (1912), destruyendo cientos de casas y miles de hectáreas de maíz, frijol y café. El maíz y el café forman la base agrícola de la economía de los “Loxicha”; el maíz, frijol y habas se utilizan principalmente para subsistencia; el *tequio* tiene lugar en la vida social, tanto regional como estatal, es parte de usos y costumbres.

### 6.2.1 El concepto de agroecosistema en la región Loxicha

Respecto a la relación entre naturaleza y sociedad existen dos grandes corrientes: la ecocéntrica, que establece que los ecosistemas naturales tienen un valor intrínseco independientemente que éstos sean de utilidad al hombre; y la antropocéntrica, donde la naturaleza tiene importancia por el valor utilitario o beneficios que proporciona a la sociedad (Sans, 2007). Los ecosistemas se enfocan a aspectos físicos, ecológicos, biológicos y estéticos; en los agroecosistemas, los procesos productivos y sociales cobran relevancia por el rol que juega el hombre como ente controlador del sistema en relación a la producción de alimentos, bienes y servicios que demanda la sociedad (Vilaboa, 2011).

En este sentido, Hernández (1985), definió a los agroecosistemas como un ecosistema modificado en menor o mayor grado por el hombre para la utilización de los recursos naturales en los procesos de producción agrícola.

En la siguiente Figura, se muestra una variante del agroecosistema (relación hombre-naturaleza) en los Loxichas, Oaxaca.

**Figura 6** Ecosistema del Bosque Mesófilo de Montaña y el agroecosistema cafetalero



Fuente: Elaboración propia

Esta región de los Loxichas, es muy parecida a lo que señala Bartra (2002):

El café es un grano básico, no porque su consumo resulte indispensable ni por haber sido por décadas la mayor exportación agropecuaria, sino porque de él dependen alrededor de 3 millones de personas, entre huerteros, pizcadores y otros empleados.

Una población de bajos ingresos y pocas alternativas distintas del café, ubicada en las regiones más pobres en economía y a la vez más ricas en biodiversidad; zonas donde radican también la mayor parte de los pueblos autóctonos y donde han operado y operan todas las guerrillas libertarias. Por si fuera poco, después de los granos básicos, el café es la actividad unitaria más empleadora en la región sureste de México.

**Figura 6.1** Manejo y aprovechamiento de la biodiversidad dentro del agroecosistema cafetalero de los “Loxichas” en Oaxaca



Fuente: Elaboración propia

### 6.2.2 Entorno estatal del café

En Oaxaca existen dos principales formas de comercialización: (a) venta directa a intermediarios y, (b) productores que están organizados en la Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca (CEPCO), la cual es una organización que agrupa a productores de las diversas regiones productoras de café y comercializan cafés de especialidad. El reto, para lograr una mejor comercialización y contribuir al desarrollo económico regional y local para los productores es, transitar a la organización campesina tanto para la producción como para la fase de comercialización. Además de buscar el valor agregado y la diferenciación de la oferta en el contexto socio-ambiental. Otra vía de comercialización del café es insertarse en el mercado justo y el café orgánico sobre la base de calidad y con aumento de rendimientos, en el entendido que, el mejoramiento de la calidad y la productividad no son viables como estrategia campesina si no hay segmentos de mercado seguros. Por esa razón, se debe de buscar y de promover la organización campesina, como eje fundamental para la producción, en la cafecultura regional se hace aún más necesario debido a que este producto cuenta con varios problemas: (a) baja productividad, debido a mal manejo agronómico; (b) un alto intermediarismo y, (c) la región sufre de impactos hidrometeorológicos como los huranes, entre otros problemas. El proceso organizativo genera un sentido de pertenencia a un grupo o comunidad, en las comunidades cafetaleras de la Sierra Sur, en la región Costa de Oaxaca, existen organizaciones locales de productores de café orgánico, dichas agrupaciones están integradas en la Coordinadora Estatal de Productores de Café de Oaxaca (CEPCO), su objetivo central es comercializar su café a nivel nacional e internacional.

### 6.2.3 Indicadores Socioeconómicos y Ecológica de la tipología

Oaxaca, se encuentra entre los principales estados productores de café, sobre todo en el sector orgánico, su orografía permite el establecimiento y adaptación de este cultivo dentro de la Sierra Sur, concentrándose en la microrregión de la selva Loxicha, donde se ha estado produciendo desde hace varios años, siendo uno de los cultivos principales por su beneficio económico, social, ambiental y, se ha comercializado a nivel regional, estatal, nacional e internacional.

Según registros de SAGARPA, en el año 2014 el estado de Oaxaca tuvo una producción de 19,302.01 toneladas, en una superficie cosechada de 50,050.17 ha, con un rendimiento promedio de 0.39 ton/ha, como se aprecia en la Tabla 6.

**Tabla 6** Producción de café cereza en el estado y a nivel municipal del año 2014

|   | Entidad/ Municipio    | Sup. Sembrada | Sup. Cosechada | Producción | Rendimiento |
|---|-----------------------|---------------|----------------|------------|-------------|
|   |                       | (Ha)          | (Ha)           | (Ton)      | (Ton/Ha)    |
| 1 | Estado                | 52,520.17     | 50,050.17      | 19,302.01  | 0.39        |
| 5 | San Agustín Loxicha   | 6,532.02      | 6,332.02       | 2,216.21   | 0.35        |
| 8 | San Bartolomé Loxicha | 892.61        | 802.61         | 321.04     | 0.4         |

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de SIAP/SAGARPA

La producción de café de altura, de buena calidad, requiere de las condiciones ambientales presentes en el Bosque Mesófilo de Montaña, donde tradicionalmente, los cafetos se siembran bajo la sombra de los árboles, generando un microclima que favorece la calidad del café.

#### 6.2.4 Personal contratado

Según los datos del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (INEGI, 2007), del personal contratado para realizar actividades agropecuarias, se tiene que en la entidad el 95%, solamente se puede contratar menos de seis meses, mientras que en el municipio de San Agustín se tiene este mismo valor y en el municipio de San Bartolomé es del 90% del personal contratado, como se puede observar en la Tabla 6.1; es decir, hay pocas opciones de empleo en el sector agrícola.

**Tabla 6.1** Personal contratado para realizar actividades agropecuarias a nivel estatal y municipal

| Entidad y municipio | Personal contratado |         | Total   | Periodo de contratación |         | Índice  |      |
|---------------------|---------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|------|
|                     | Hombres             | Mujeres |         | menos de 6 meses        |         |         |      |
|                     |                     |         |         | Hombres                 | Mujeres |         |      |
| OAXACA              | 306 028             | 55 996  | 362 024 | 289 845                 | 54 275  | 344 120 | 0.95 |
| San Agustín L.      | 1 513               | 412     | 1 925   | 1 430                   | 407     | 1 837   | 0.95 |
| San Bartolomé L.    | 538                 | 31      | 569     | 486                     | 25      | 511     | 0.90 |

Fuente: Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007

Lo anterior significa que, tanto en la entidad, como en la región de análisis, el índice de personal contratado eventualmente es muy alto, lo que implica que la mayoría de este personal, sólo se contrata en la época de cosecha del café, que puede durar de dos a tres meses, en todo el año.

#### 6.2.5 Servicios en la vivienda

Como se aprecia en la Tabla 6.2 y de acuerdo con los datos del Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (2007), en los municipios de interés, se tienen los siguientes índices: del total de las UPR de la entidad federativa, el 71% cuenta con agua entubada, en tanto que, en San Agustín Loxicha, el 58% cuenta con este servicio; mientras que en el municipio de San Bartolomé Loxicha el 95% cuenta con agua entubada.

Respecto de la energía eléctrica, el 92% a nivel estatal cuenta con este servicio; en el municipio de San Agustín es el 81% que tiene luz eléctrica y en el municipio de San Bartolomé es el 83%; en el rubro de gas para cocinar, se tiene que en la entidad un 37% hacen uso de ello, en San Agustín solamente el 20% cuenta con ello, y en San Bartolomé es el 33% que usa gas para cocinar; lo anterior explica el alto consumo de leña en la región Loxicha.

**Tabla 6.2** Características de las UPR según disponibilidad de servicios en la vivienda

| Entidad y municipio | UPR     | Servicios y características de la vivienda del productor |        |                   |        |                  |        |
|---------------------|---------|----------------------------------------------------------|--------|-------------------|--------|------------------|--------|
|                     |         | Agua Entubada                                            | Índice | Energía eléctrica | índice | Gas para cocinar | Índice |
| OAXACA              | 347 666 | 247 338                                                  | 0.71   | 320 593           | 0.92   | 127123           | 0.37   |
| San Agustín L.      | 2 887   | 1 672                                                    | 0.58   | 2 332             | 0.81   | 589              | 0.20   |
| San Bartolomé L.    | 523     | 497                                                      | 0.95   | 434               | 0.83   | 175              | 0.23   |

Fuente: Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007

Según el informe de pobreza y evaluación en el estado de Oaxaca de CONEVAL (2012), la entidad ocupa el tercer lugar en porcentaje de la población de pobreza y en segundo en el porcentaje de población de pobreza extrema. Por lo tanto, Oaxaca se ubica dentro de las cinco entidades con mayor pobreza en el país. Este mismo informe señala que el 29.8% del total de la población de estado se encuentra en situación de pobreza extrema, es decir, tienen tres o más carencias sociales y no tienen un ingreso suficiente para cubrir sus necesidades alimentarias.

### 6.2.6 Tecnología aplicada en el manejo agrícola

En la Tabla 6.3 y de acuerdo con los datos del censo Agrícola, Ganadero y Forestal (2007), en los municipios de estudio, del total de la superficie agrícola se tienen los siguientes indicadores tecnológicos para el manejo de los cultivos y/o plantaciones; en Oaxaca, solamente en el 14% de la superficie agrícola se aplican fertilizantes de origen químico, mientras que en ambos municipios el índice tiende a cero, es decir, casi no se aplican fertilizantes de síntesis química, en el rubro de semilla mejorada, en el estado el índice es muy bajo, con un valor del 2% y este indicador en la región tiende a cero, potencial para el aprovechamiento del germoplasma criollo; con respecto al uso y aplicación de herbicidas el índice a nivel estatal es del 4% y el de insecticidas aplicados es del 2%, en ambos casos en la región el índice también tiende a cero.

**Tabla 6.3** Superficie agrícola total en hectáreas, según tecnología aplicada para el manejo de cultivos y/o plantaciones, por entidad y municipios

| Entidad y municipio | Superficie agrícola | Tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas |        |                  |        |                  |        |            |        |              |        |
|---------------------|---------------------|------------------------------------------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------|--------|--------------|--------|
|                     |                     | Fertilizantes Químicos                               | Índice | Semilla Mejorada |        |                  |        | Herbicidas |        | Insecticidas |        |
|                     |                     |                                                      |        |                  | Índice | Abonos Naturales | Índice | Total      | Índice | Total        | Índice |
| Oaxaca              | 1653707.94          | 236 509.67                                           | 0.14   | 27 036.57        | 0.02   | 51 179.41        | 0.03   | 60 846.86  | 0.04   | 31437.46     | 0.02   |
| San Agustín L.      | 8 876.29            | 13.05                                                | ~ 0    | ~ 5.72           | ~ 0    | ~ 10.51          | ~ 0    | 5.99       | ~ 0    | 3.00         | ~ 0    |
| San Bartolomé L.    | 3 415.92            | ~ 0.00                                               | ~ 0    | ~ 0.00           | ~ 0    | ~ 0.00           | ~ 0    | 0.64       | ~ 0    | ~ 0.00       | ~ 0    |

Fuente: Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007



Por un lado, se reconoce el rezago tecnológico en la producción agrícola a nivel estatal y regional, sin embargo, se debe de aceptar que el uso y abuso de los fertilizantes y productos de síntesis química, que aparte de provocar daños en la salud humana, causa impactos negativos respecto de la contaminación ambiental, a nivel del suelo, agua y atmósfera; que incluso, reconociendo que su aplicación ayuda a incrementar los rendimientos en los cultivos.

### **6.2.7 El Ecologismo de los Campesinos Cafetaleros de los “Loxichas”**

El tipo de agricultura que se practica en la región, se basa en el aprovechamiento de los recursos naturales, sin recurrir a los productos químicos, causando un mínimo de impacto ambiental. Por otro lado, se debe mencionar que, se ha incrementado la deforestación en los diferentes ecosistemas; modificando el ciclo hidrológico, perdiendo biodiversidad, incrementando la pérdida de nutrientes del suelo, entre otros; impactando de diferente grado y forma en la producción de alimentos básicos, debido a las sequías severas, al avance de la desertificación, a la destrucción de ecosistemas naturales, entre otros.

Los campesinos no siempre son ecologistas, también realizan prácticas en los cultivos que pueden ser nocivos para el suelo, como la aplicación de fertilizantes que acidifican el suelo, el mismo sistema roza-tumba-quema para sembrar maíz; en la región Loxicha, les falta tiempo para cuidar los cafetales adecuadamente, ya que los miembros de las familias trabajan en diferentes ocupaciones, tratando de conseguir lo suficiente para vivir. Se pierde poco a poco la visión campesina, frecuentemente se trasladan para conseguir recursos adicionales, y la degradación ambiental de sus parcelas se vuelve habitual, se puede decir que la economía campesina está óptimamente preparada para una agricultura muy eficiente (en términos energéticos) y para realizar inversiones de largo plazo que conservan el entorno natural y que protegen a las generaciones futuras. Son ecologistas, sin embargo, hay una descomposición campesina, debido a que no pueden darse el lujo de ser campesinos solamente.

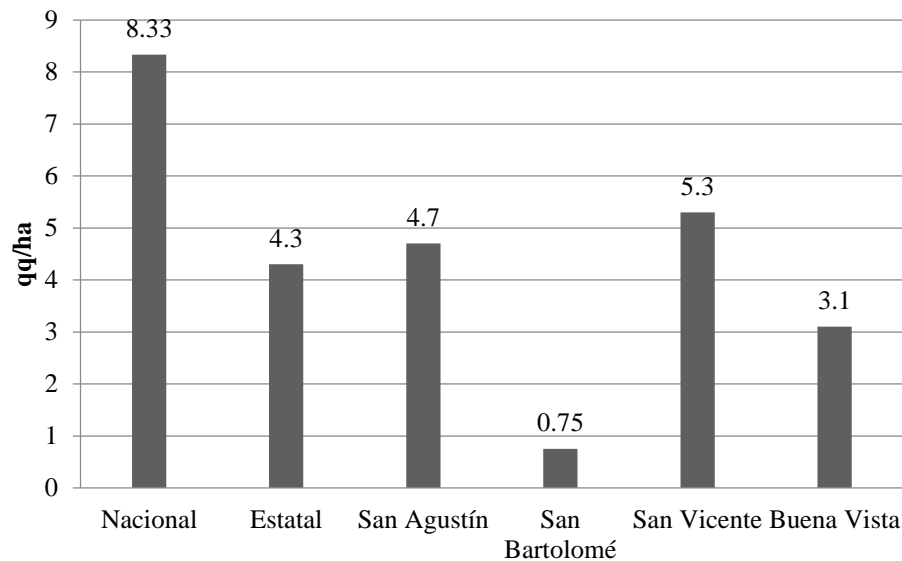
Respecto de la tipología que se propone y de acuerdo a los índices, se puede enunciar lo que Martínez (2004), señala que: “Los pobres están presentes como seres pasivos, mientras que ellos han sido los actores principales de las luchas para mantener o ganar acceso a los recursos naturales como es el caso de los campesinos cafetaleros de los Loxichas). Podemos aceptar fácilmente que a menudo ha habido movimientos sociales de pobres (rurales y urbanos) luchando por acceder a los recursos naturales (tierra para cultivar, bosques y tierras de pasto, agua para regar el campo o para usos domésticos en las ciudades, otras.)

### **6.2.8 Rendimiento del Café**

La producción de café a nivel nacional y estatal posee un alto impacto social, económico, desempeñando además un alto rol ecológico, debido a la gran cantidad de especies encontradas en el agroecosistema cafetalero, conservando la cubierta vegetal, reduciendo la erosión del suelo, entre otros. En el estado de Oaxaca, se tiene una gran incongruencia, debido a que, a pesar que la producción de café contribuye de manera importante a la entrada de divisas, prácticamente todos los campesinos cafetaleros de la región Loxicha y del Estado en su conjunto, viven en extrema pobreza. Es por ello que el campesino cafetalero, en la región, por necesidad económica, la pobreza prevaleciente, devastación ecológica, las escasas oportunidades de trabajo alternativo, se ve obligado a diversificar sus ingresos, para poder cubrir sus necesidades básicas.

El Gráfico 6, muestra el comportamiento del rendimiento del café a nivel nacional, estatal y regional; considerando que la producción de café se realiza en diferentes altitudes que van de los 300 a los 2000 msnm, en una gran variedad de microclimas y de suelos, donde se tienen los siguientes valores: a nivel nacional se tiene un rendimiento de café pergamino de 8.13 qq/ha, a nivel estatal es de 4.3 qq/ha, a nivel regional el rendimiento promedio es de 3.5 qq/ha, lo que significa que la media regional está por debajo de la estatal y nacional; es decir, en la zona de estudio, se tiene un indicador de 0.42 respecto del rendimiento nacional.

**Gráfico 6** Rendimiento de café a nivel nacional, estatal y regional



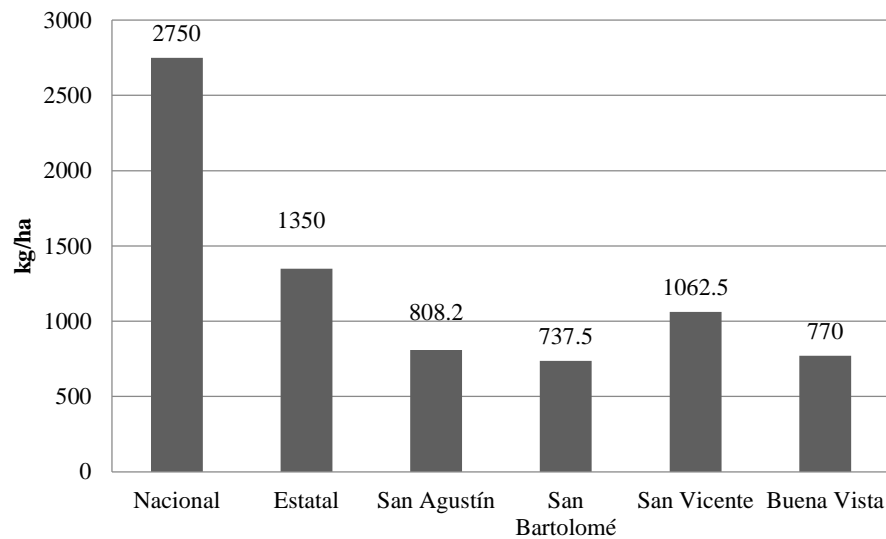
Los bajos ingresos del campesino cafetalero, conllevan a un rezago tecnológico, asociado a la ausencia de programas de financiamiento para el desarrollo del potencial de la producción del cafetal.

### 6.2.9 Rendimiento del maíz

El maíz tiene un papel importante en la agricultura de la cultura indígena y mestiza de México, debido a su amplia adaptación a distintos ambientes, a su tolerancia y resistencia a enfermedades, plagas y cambios en las condiciones climáticas y edáficas; a sus múltiples usos como alimento o forraje y gran variedad de productos (Aragón, 2011)

El maíz es un cultivo estratégico a nivel nacional y local, tanto para la producción como la alimentación, en México, el maíz forma parte de la alimentación diaria, es el cultivo de mayor presencia en el país, además, a nivel del traspaso de la economía familiar campesina constituye un insumo para la ganadería. Desde el punto de vista de alimentación humana y animal, económico, político, cultural y social, es el cultivo agrícola más importante.

Sin embargo, en la región Loxicha, paulatinamente se ha dejado de cultivar el maíz, debido a las siguientes razones: pendientes muy pronunciadas, bajos rendimientos, baja rentabilidad para los campesinos, falta de asistencia técnica, entre otros; por lo anterior, el rendimiento del maíz a nivel regional es bajo. El Gráfico 6.1 muestra el comportamiento del rendimiento nacional de 2.78 ton/ha, el estatal es de 1.35 ton/ha y el regional es de 0.87 ton/ha, destacando que el rendimiento regional del maíz de temporal se encuentra por debajo del rendimiento nacional con un indicador de 0.31.

**Gráfico 6.1** Rendimiento de maíz de temporal a nivel nacional, estatal y regional

Fuente: Elaboración propia, con datos del INEGI y trabajo de campo

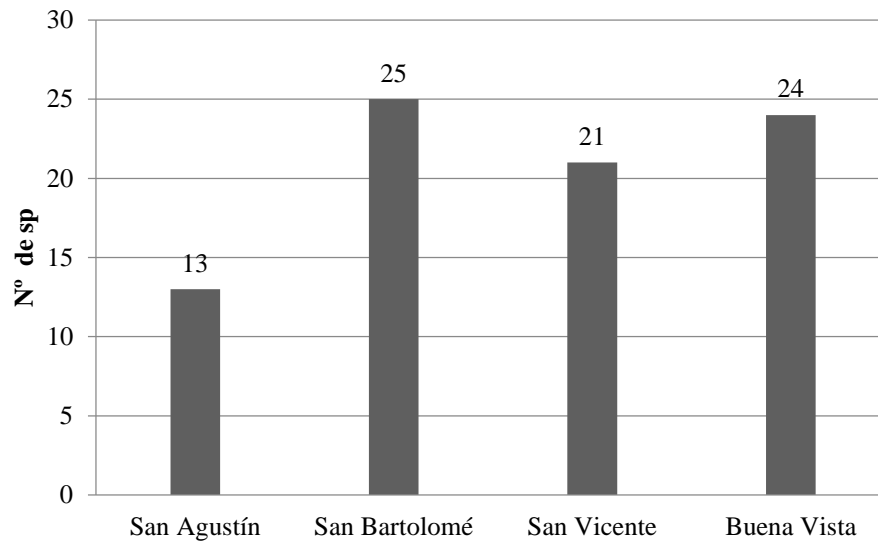
La producción de maíz se orienta fundamentalmente al autoconsumo, tanto de los integrantes de la UPR, de los animales de traspatio, como las aves de corral. Los aspectos más importantes de los bajos rendimientos en la producción, son los siguientes: bajo o nulo control de plagas y enfermedades, deficiencias nutrimentales, bajo contenido de materia orgánica, terrenos accidentados con pendientes fuertes que limita al temporal, sin dejar a un lado que los campesinos no preparan la tierra para la siembra, es decir, se realiza bajo el sistema llamado espeque.

### 6.2.10 Biodiversidad Arbórea

En la región, la cafecultura es una actividad económica productiva, que no entra en conflicto con el deterioro del Bosque Mesófilo de Montaña, que provee una amplia variedad de servicios ambientales, desempeñada por campesinos de edad adulta principalmente, con nivel de escolaridad básica, sigue siendo la única fuente de ingresos para la mayoría de las unidades de producción rural, donde el cultivo de café bajo sombra ha sido una tradición familiar.

En el Gráfico 6.2, se muestra el número de especies encontradas en los diferentes agroecosistemas cafetaleros de la región de estudios, destacando que en San Bartolomé se encontraron 25 especies, en San Vicente Yogondoy se encontraron 21 especies, mientras que en San Agustín sólo se encontraron 13 especies; y en Buena Vista se cuantificó una biodiversidad vegetal arbórea de 24 especies.

Estos árboles, aparte de proporcionar sombra a la planta del café, tienen diferentes usos dentro de la unidad de producción, como son: comestibles, medicinales, combustibles, comestibles para las aves, refugio de otras especies de animales, en ocasiones, los frutos se venden y de esta forma contribuyen al ingreso familiar.

**Gráfico 6.2** Número de especies encontradas en los cafetales de la región Loxicha

Fuente: Elaboración propia, con datos del trabajo de campo

El bosque de niebla es un ecosistema frágil, con una comunidad arbórea densa, integrada por una mezcla de plantas de origen templado y tropical, con presencia de orquídeas y helechos, lo que requiere de una alta humedad atmosférica y abundantes lluvias; por lo que lo hace un ecosistema vulnerable. De ahí la importancia de la conservación de la biodiversidad vegetal. Por lo anterior, este ecosistema de Bosque de Niebla, es un potencial para captar GEI (Gases de Efecto Invernadero), como es el CO<sub>2</sub> a partir de la vegetación y de la acumulación de materia orgánica.

### 6.3 Conclusiones

La tipología de productores que se propone, engloba indicadores socio-económicos y ecológicos, los resultados indican que a nivel regional no hay diferencias significativas entre las UPR's; sin embargo, a nivel estatal y nacional, hay indicadores como los del rendimiento de maíz y café que dan muestra que la región "Loxicha" sufre rezago tecnológico, que contribuye al bajo nivel de los ingresos familiares

La región de estudio está conformada por sierras y lomeríos principalmente; en estos ambientes naturales es donde se desarrolla la cafecultura, cultivo que es realizado por campesinos adultos mayores principalmente, con bajo nivel tecnológico.

En la región Costa de Oaxaca, dominan los sistemas tradicionales de producción, dependientes del régimen de temporal, el área irrigada se encuentra solo en pequeñas áreas con cultivos de mayor rentabilidad que los tradicionales, por ejemplo papaya, sandía, entre otros. En el ecosistema del bosque de pino destaca la actividad forestal, que carece de sistema integral de aprovechamiento, en el paisaje se aprecia la pérdida de cubierta vegetal, así como la erosión del suelo, debido al mal aprovechamiento de los recursos naturales. En el contexto social, existe una alta diferenciación social y concentración del ingreso, una proporción elevada de la población rural no satisface sus necesidades mínimas de vida, como educación, salud y alimentación y, por el otro extremo se encuentran los empresarios agrícolas, ante esto, aquí la importancia de la tipología que se propone, tomando en cuenta indicadores económicos y ecológicos para una diferenciación y caracterización de los campesinos cafetaleros.

Esta región se caracteriza por un sistema de producción rusticano del cultivo del café bajo sombra, manteniendo la vegetación nativa, con un relieve accidentado, de difícil acceso, con fuerte rezago en infraestructura, con población indígena y mestizos que viven en pobreza extrema. La cafecultura corresponde a familias campesinas e indígenas que practican el cultivo a pequeña escala, la mayoría comuneros, se caracteriza por un café de sombra, bajo o nulo control de plaga y enfermedades, nulo uso de fertilizantes y un bajo rendimiento.

En la caficultura regional se comienza a observar una diversificación del cultivo con especies frutícolas, como el cultivo de plátano, guanábana y cítricos; estas especies permiten un mayor ingreso a nivel de la economía familiar.

La reciente crisis de la caficultura, a raíz del problema fitosanitario asociado a la roya del café en la región, comienza a propiciar el abandono temporal de las plantaciones de café, numerosos productores se han quedado sin percibir ingreso y un buen número también no cuenta con los recursos necesarios para realizar las prácticas agrícolas propias para el manejo de los cafetales y atender el manejo del patógeno que ha impactado en la economía local.

Reconocer al agroecosistema cafetalero bajo sombra como una estrategia de conservación de la biodiversidad, de la producción de servicios ambientales, el ecoturismo, la diversificación del cafetal, la venta del café como producto orgánico, son algunas de las alternativas que se están manejando para solucionar el problema socioeconómico, el panorama para los productores es poco alentador.

#### 6.4 Referencias

- Aragón, M. Ma. del C. 2011. *Variación genética en maíces criollos de la región Loxicha, Oaxaca*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa
- Bartra, A. 2002. *Virtudes ambientales, sociales y ambientales del café certificado: El Caso de la Coordinador Estatal de Productores de Café de Oaxaca*. Instituto Maya A.C., México
- Concheiro, L. y F. López. 2006. *Biodiversidad y conocimiento tradicional en la sociedad rural*. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- CONEVAL, 2012. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. *Informe de pobreza y evaluación en el estado de Oaxaca 2012*. México, D.F.
- Duch, G. J. 1998. *Tipologías empíricas de productores agrícolas y tipos ideales en el estudio de la agricultura regional*. En revista de Geografía Agrícola N° 27 julio-diciembre de 1998
- Gabriel, M. J. 2003. *Tipología socioeconómica de las actividades agrícolas. Una herramienta de síntesis para el ordenamiento ecológico*. INE- SEMARNAT. 1<sup>era</sup> edición: México D.F.
- Hernández X., E.1985. *Agricultura tradicional y desarrollo*. En Xolocotzia. Obras de Efraím Hernández Xolocotzi. Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- INEGI. 2007. Dirección General de Estadísticas Económicas. Estados Unidos Mexicanos. *VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*

Martínez A. J. 2004. *El ecologismo de los pobres*. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración. Editorial Icaria, Barcelona.

Pérez M, A. 2008. *Conocimiento y estrategias en el manejo de los recursos naturales*. In: Ra Ximhai, mayo-agosto, año/ vol.4, número 002, Universidad Autónoma Indígena de México, El Fuerte, México, México. pp: 183 - 213.

Romero P. 1986. *Diagnóstico de la producción agrícola de la mixteca oaxaqueñas Alta y Baja*. Tomo II. Centro regional del sur. México. Universidad Autónoma Chapingo. México.

SAGARPA, 2009. *Las Organizaciones Económicas del Sector Rural -Principios y Bases Jurídicas*. Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural (INCA Rural), México

Sans F. X. 2007. *Agroecología. Ecosistemas*. 2007/1. Consultado en [http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=462&Id\\_Categoria=9&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=462&Id_Categoria=9&tipo=portada)

Vilaboa A. J. 2011. *Agroecosistemas: una forma de entender la relación sociedad-naturaleza*. Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. México

## **Producción de árboles de navidad (*Abies hickelii*), en México**

DE LA ROSA-ZAMORA, Alejandro, PÉREZ-SOTO, Francisco y CRUZ-CRUZ, Nancy Vianey

A. De la Rosa`, F. Pérez` y N. Cruz``

``División de Ciencias Económico-Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Carretera México-Texcoco, Km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel 01 595 952 1668

``LICEO Universidad Pedro de Gante (LICEO-UPG), Texcoco, Estado de México  
adelarosa630710@yahoo.com.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

The production of Christmas trees (*Abies hickelii*) in Mexico is a source of employment for small and large organizations that dedicate to this activity; however, domestic production has not been met, thereby necessitating imports from the United States and Canada. The production of these trees is concentrated in the states of Puebla; México City, State of Mexico and Guanajuato. The financial evaluation was realized for a production unit of Christmas trees in the municipality of San Miguel Suchixtepec, Miahuatlán, Oaxaca. It is concluded that the forestry project has economic and financial feasibility and it is recommended to start it.

## 7 Introducción

El uso de los árboles naturales para adorno de los hogares durante la temporada de navidad tiene su origen en el oeste de Alemania en Europa, aproximadamente en los años 1500 D.C. luego entonces, este árbol fue introducido en Norteamérica (Chapa, 1976).

En México, el uso de árboles de navidad comenzó a desarrollarse en la primera mitad del siglo veinte. Sin embargo, su demanda aumentó a niveles que propiciaron aprovechamientos clandestinos en los bosques naturales, situación que obligó a las autoridades forestales, a prohibir el aprovechamiento de los árboles de bosques naturales en 1949 y permitir la importación de árboles de navidad de Estados Unidos y Canadá (Magaña, 1996).

El estado de Oaxaca posee una gran diversidad biológica, dada la ubicación geográfica en la que se encuentra, los recursos son aprovechados por las comunidades y ejidos que se localizan en el Estado, entre dichos recursos se encuentran las plantaciones forestales.

Las plantaciones de árboles de navidad generan diversos beneficios; los ambientales, económicos y sociales, donde los productores y consumidores satisfacen una necesidad de bienestar social. Desde el punto de vista ambiental, el desarrollo de plantaciones de árboles de navidad no impacta negativamente al ambiente y no violenta las normas de tipo ambiental, por el contrario, propicia la generación de servicios ambientales.

Las plantaciones de árboles de navidad no requieren de grandes superficies, lo cual significa que el nivel de inversión involucrada puede ser accesible para pequeñas organizaciones. En la implementación de un negocio forestal, se tiene la certeza de que habrá un sustituto del árbol que se corte, al adquirir un ejemplar de las plantaciones forestales comerciales formalmente establecidas.

Es preciso incrementar la producción de árboles de navidad para evitar su importación, y contribuir al Producto Interno Bruto (PIB) del país, disminuir la contaminación por la fabricación de árboles artificiales, así mismo promover la reforestación y reparación de zonas dañadas por erosión o tala clandestina también, favorecer a la creación de empleo y la continuación de la tradición navideña de tener un árbol en la época decembrina en México.

Existe la necesidad de establecer plantaciones forestales comerciales certificadas, como proyectos de inversión y de evaluar las unidades de producción existentes para promoverlas como medios de trabajo, fomentar el mercado local e incrementar el beneficio económico de pequeños y grandes productores.



El objetivo del presente estudio es evaluar financieramente la unidad de producción de árboles de navidad (*Abies hickelii*) establecida en el municipio de San Miguel Suchixtepec, Miahuatlán, Oaxaca y realizar las recomendaciones económicas y técnicas pertinentes a dicha plantación ya que dicha unidad no cuenta con los parámetros técnicos, económicos y financieros base (proyecto) para garantizar el éxito de la explotación.

## **7.1 Metodología**

El presente estudio se llevó a cabo bajo el siguiente procedimiento:

Se realizó investigación bibliográfica de los conceptos y términos utilizados para proyectos de inversión.

Se consultó literatura impresa y electrónica sobre la producción y manejo forestal del árbol de navidad en México. También, se consultaron bases de datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA), y el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM).

Se identificó científicamente la especie explotada de la unidad de producción a través de una colecta de árboles, de evidencia fotográfica y del apoyo del M.C. Andrés Miranda de la División de Ciencias Forestales (DICIFO) en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

Se realizó una encuesta a los responsables de la unidad de producción del municipio de San Miguel Suchixtepec, los reactivos contemplados en dicha encuesta fueron de índole económica, de manejo técnico forestal y de insumos.

Se realizó un estudio de mercado en la comunidad donde se localiza la unidad de producción solicitando declarar los gustos y preferencias de los consumidores por el árbol de navidad.

Para realizar la evaluación financiera, en el programa Excel se elaboraron cuadros técnicos y económicos utilizando los indicadores financieros correspondientes a la evaluación de proyectos.

Se analizaron los resultados y se elaboraron las conclusiones del estudio.

## **7.2 Indicadores de evaluación financiera**

### **7.2.1 Definición e importancia de un proyecto**

Un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana, con fines de inversión, que buscará una justificación del rendimiento económico y que contribuya al crecimiento económico del país, también se considera como el plan que, si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, producirá un bien o un servicio útil a la sociedad (Baca, 2001), es decir trae un beneficio económico al ejecutarse el proyecto.

La importancia de un proyecto radica en conocer la rentabilidad económica y social del proyecto, de manera que resuelva una necesidad humana en forma eficiente, segura y rentable, asignando los recursos económicos con que se cuentan a la mejor alternativa, de esa manera garantizar el éxito de la inversión o las inversiones que se puedan realizar en la realización de un proyecto.

## 7.2.2 Fases y etapas del desarrollo de un proyecto

Los proyectos de inversión, de manera general, pasan por las siguientes fases y etapas:

**Fase de pre-inversión:** Esta fase comienza con la idea de lo que es el proyecto a considerar, dado el riesgo que implica la ejecución del mismo (expresado en términos económicos financieros, tecnológicos, sociales, etc.). Por ello las acciones tendientes a disminuir los riesgos en la ejecución de un proyecto se encontrarán vinculadas a un proceso de análisis que tiende a disminuir ese riesgo (González, 2009), es decir esta etapa incluye un análisis tecnológico y monetario previo.

Es la fase identificada por la realización de los estudios pertinentes para hacer una propuesta de inversión, comprende dos etapas, la etapa de formulación-evaluación y evaluación ex-ante.

**Etapas de formulación – evaluación:** Esta etapa consiste en la estructuración y evaluación del documento que permitirá justificar la inversión, implica tres niveles de estudios.

**Estudio de oportunidad:** El objetivo del estudio es la identificación de todas las alternativas de actividades productivas y de la identificación del problema que se quiere resolver, de sus causas, así como el planteamiento de soluciones; aquí se reconoce la gama de opciones existentes.

**Estudio de pre-factibilidad:** Este estudio persigue disminuir los riesgos de la decisión; es decir, busca mejorar la calidad de la información que tendrá a su disposición la autoridad que deberá decidir sobre la ejecución del proyecto. La preparación demanda tiempo y dinero y depende la profundidad de investigación que se realice, aunque también puede basarse en información de fuentes secundarias y entregar rangos de variación en los costos y beneficios. El estudio de pre-factibilidad deberá ser, finalmente, evaluado o revisado por un equipo ajeno al del estudio y los resultados del estudio deberán llevarse a un comité de inversiones para su conocimiento y acción con el fin de evitar sesgos.

**Estudio de factibilidad:** Este estudio deberá establecer definitivamente los aspectos técnicos más fundamentales como la localización; el tamaño, la tecnología, el calendario de ejecución, la puesta en marcha y el lanzamiento, etc. El estudio pondrá la llamada “ingeniería de detalle” y las bases para convocar a la licitación de dichos estudios y a la ejecución misma de las obras. Como norma, el estudio de factibilidad lleva a la aprobación final del proyecto.

**Etapas de evaluación ex-ante:** Es la etapa donde se tomará la decisión de hacer o no, el proyecto, tomándose en consideración las condiciones que imponga la entidad financiera para el otorgamiento del préstamo, si existe, y la rentabilidad que ofrezca el proyecto (Muñante, 2004).

**Fase de inversión:** Aquí se realiza el cronograma de inversiones y de trabajo. En esta etapa se debe comparar lo presupuestado y lo ejecutado para tener el control del proyecto que empieza en esta fase y acaba con la vida útil del proyecto. Se ejecutan las inversiones y se implementa la tecnología elegida todo bajo el principio de una óptima gestión de los recursos humanos y con un cuadro organizacional que permita la administración integrada del proyecto, siendo capaz de empezar la producción del bien o servicio para el cual fue creado. El gerente del proyecto debe estar atento a las necesidades adicionales, eventualidades que puedan surgir durante la implementación del proyecto, esta etapa culmina cuando se pone en marcha el proyecto (Albis, 2012).

**Ejecución e instalación:** La ejecución se refiere a la materialización del proyecto, y la instalación a implementar el proyecto a la capacidad productiva. Muñante (2004) reconoce a esta fase como un sistema de planeación y control para que se realicen todos los aspectos considerados en el proyecto aprobado, en la que pueden distinguirse la estructuración del plan de ejecución; la negociación y celebración de contratos, la capacitación y la puesta en marcha.

La estructuración del plan de ejecución comprende la consideración del tiempo mediante la elaboración de calendarios; la preparación de planos y diseños técnicos para la planta, la organización administrativa y la selección final de tecnología y equipo.

La negociación y celebración de contratos se refiere a la relación que existe entre quien tiene la responsabilidad de llevar adelante la realización del proyecto y con los proveedores de materiales y servicios como los arquitectos, contratistas, abastecedores de equipo, dueños de patentes y licencias, es decir los convenios entre el ejecutor del proyecto y los participantes de diversas áreas.

La capacitación se refiere a brindar los conocimientos y técnicas requeridas en el proyecto y se recomienda hacerse paralelamente a la etapa de la construcción y con el personal que requiera de un adiestramiento previo, antes de integrarse al proceso productivo.

La puesta en marcha vincula la fase de ejecución con la fase de operación, de esta etapa se deslumbra el futuro del proyecto, ya que del éxito que se obtenga en este momento, demuestra la eficiencia de la planificación y ejecución.

**Fase de operación:** Esta comienza cuando por primera vez sale hacia el mercado el bien o servicio producido en la planta. Generalmente es la que tiene mayor duración y corresponde al periodo en el que se espera que el proyecto genere los flujos de efectivo neto que permitan recuperar el capital invertido (Rocha, 2009).

Los objetivos primordiales de esta fase son:

- Operar de manera eficiente la nueva unidad de producción o de prestación de servicios, es decir operar de manera efectiva la planta.
- Elaborar y manufacturar bienes, o prestar servicios, siguiendo un plan previamente establecido que permita evitar mermas.
- Optimizar los recursos humanos y materiales disponibles, procurando en todo momento la mejor calidad posible del producto o servicio que se brinda.
- Preparar y capacitar personal para el adecuado manejo de los distintos equipos y maquinaria, que es la capacitación técnica adecuada.
- Mantener en óptimas condiciones los edificios, las estructuras, las obras de ingeniería civil, los equipos y maquinaria. Es decir, brindar mantenimiento adecuado a las instalaciones para prolongar su permanencia.
- Distribuir y comercializar el bien o el servicio de acuerdo con el programa de ventas establecido, logística adecuada del bien.

- Para efectos de su estudio, se asigna al proyecto una vida útil determinada, la cual puede ser, y por lo general lo es, menor a su periodo real de operación.

### 7.2.3 Conceptos financieros

Tasa de interés: Es la valoración del costo que implica tener dinero producto de un crédito, es un rédito que causa una operación, en cierto plazo, y que se expresa porcentualmente respecto al capital que lo produce, también es el precio en porcentaje que se paga por el uso de fondos prestables.

El interés: Es la tasa de utilidad o ganancia del capital, que generalmente se causa o se devenga sobre la base de un tanto por ciento del capital y en relación al tiempo que de éste se disponga (Definición.org). Es decir, es el precio que se paga por el capital prestado.

Depreciación: Se entiende como la pérdida de valor que sufren los activos fijos principalmente por causas físicas o funcionales. Por causas físicas, se refiere al desgaste producido por el uso o la acción de elementos naturales o por la combinación de ambos, las causas funcionales se presentan por obsolescencia o por insuficiencia (Camargo, 2015).

Amortización: Se refiere al pago gradual que se realiza para liquidar un adeudo proveniente generalmente de algún préstamo o crédito (García, 2010). Es por ello que se hace la amortización en el proceso que dura el proyecto, dado que hay que hacer la devolución del capital prestado en uno o varios pagos con sus respectivos intereses en un periodo previamente establecido entre el prestamista y el deudor.

Capital de trabajo: Está representado por el capital adicional (distinto de la inversión en activo fijo y diferido) con que hay que contar para que empiece a funcionar una empresa; esto es, hay que financiar la primera producción antes de recibir ingresos; entonces debe comprarse materia prima, pagar mano de obra directa que la transforme, otorgar crédito en las primeras ventas y contar con cierta cantidad en efectivo para sufragar los gastos diarios de la empresa. Todo esto constituirá el activo circulante. Pero, así como hay que invertir en estos rubros, también se puede obtener crédito a corto plazo en conceptos como impuestos y algunos servicios y proveedores, y esto es el pasivo. De aquí se origina el capital de trabajo, es decir, el capital con el que hay que contar para empezar a trabajar (Baca, 2001).

Factor de descuento o de actualización: Es toda operación financiera consistente en la sustitución de un capital futuro por otro con vencimiento presente. Es, por tanto, una operación inversa a la capitalización compuesta, existiendo una completa identidad entre ambas (Definición.org).

El factor de actualización depende del interés y del tiempo y se expresa de la siguiente manera:

*Factor de descuento* =  $(1 + r)^{-t}$ ,  $r$  es la tasa de interés y  $t$  el número de periodos.

Valor actual neto o valor presente neto (VPN): Cuando se hacen cálculos de pasar, en forma equivalente dinero en el presente al futuro, se utiliza una  $i$  de interés; pero cuando se quieren pasar cantidades futuras al presente en este caso se usa una tasa de descuento, llamada así porque descuenta el valor del dinero en el futuro a su equivalente en el presente, y a los flujos traídos al tiempo cero se les llama flujos descontados.

Entonces, el valor presente neto es la suma de los flujos descontados en el presente y restar a la inversión inicial equivale a comparar todas las ganancias esperadas contra todos los desembolsos necesarios para producir esas ganancias, en términos de su valor equivalente en este momento o tiempo cero. Es claro que para aceptar un proyecto las ganancias deberán ser mayores que los desembolsos, lo cual dará por resultado que el VPN sea mayor que cero. Para calcular el VPN se utiliza el costo de capital o la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).

$$VNP = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5} + \frac{FNE_6+VS}{(1+i)^6} \quad (7)$$

P = inversión inicial

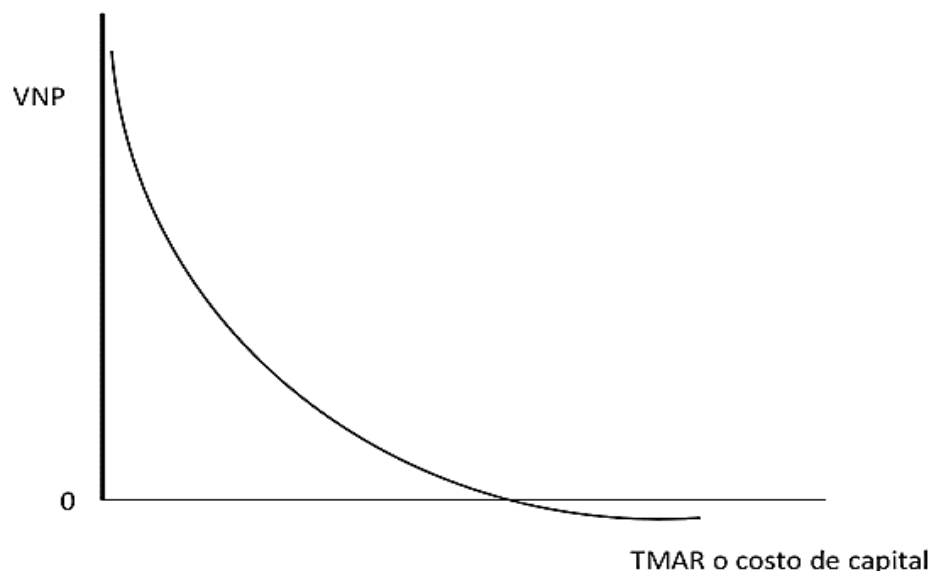
FNE = flujo neto de efectivo

$i$  = tasa de interés

T= tiempo.

En la ecuación anterior el valor del VPN es inversamente proporcional al valor de la  $i$  aplicada, de modo que como la  $i$  aplicada es la TMAR, en caso en que se pida gran rendimiento a la inversión (es decir, si la tasa mínima aceptable es muy alta), el VPN fácilmente se vuelve negativo, y en ese caso se rechazaría el proyecto. La relación entre el VPN y la  $i$  puede representarse gráficamente como se muestra en el Gráfico 7 donde al ir aumentando el costo de capital, aplicada en el cálculo del VPN, este disminuye hasta volverse cero y negativo (Baca, 2013).

**Gráfico 7** Grafica de VNP vs  $i$



Fuente: Tomado de Baca, 2013

El método de análisis del VPN se concluye de la siguiente manera; supone una reinversión total de todas las ganancias anuales, lo cual no sucede en la mayoría de las empresas, su valor depende exclusivamente de la  $i$  aplicada. Como esta  $i$  es el costo de capital, su valor lo determina el evaluador.

Los criterios de evaluación son: si  $VPN \geq 0$ , se acepta la inversión; si  $VPN \leq 0$ , se rechaza y si el  $VPN=0$ , el proyecto queda indeterminado.

Relación beneficio-costo (Relación B/C): Es una manera de evaluar económicamente un proyecto y resulta de dividir todos los costos del proyecto sobre todos los beneficios económicos que se van a obtener. Para aceptar un proyecto de inversión, el cociente debería tener un valor de uno, lo cual indica que no era necesaria la rentabilidad económica de la inversión, simplemente era necesario que se recuperaran los costos en que se había incurrido.

En términos formales, si la inflación fuera de 5 por ciento (%) anual, tanto los costos como los beneficios económicos obtenidos a lo largo del tiempo, deberá descontarse el 5 % al traerlos a valor presente, y entonces sólo aceptar proyectos de inversión con una relación B/C menores a uno, o expresado de otra forma, que la relación B/C fuera mayor o igual a uno, lo que implicaría que los beneficios siempre fueran mayores a los costos. Para los proyectos de inversión privada, definitivamente la determinación del VPN y de la tasa interna de retorno (TIR), son los indicadores clásicos de rentabilidad económica (Baca, 2013). En los proyectos de inversión privada siempre se busca obtener un beneficio económico y no un beneficio social como el de la ocupación entendiéndose esta como empleo.

Relación beneficio – inversión neta (N/K): Es el cociente que resulta de dividir el valor actual del flujo de fondos o beneficios incrementales netos en los años después de que esta corriente se ha vuelto positiva ( $N_t$ ), entre la corriente del flujo de fondos en aquellos primeros años del proyecto, en que esa corriente es negativa ( $K_t$ ), a una tasa de actualización previamente determinada. La fórmula para obtener N/K es:

$$N/K = \sum_{t=1}^T N(1+r)^{-1} / \sum_{t=1}^T K(1+r)^{-1} \quad (7.1)$$

$N_t$  = Corriente de flujo de fondos en cada periodo, después de que este se ha vuelto positivo.

$C_t$  = Corriente del flujo de fondos en los periodos iniciales del proyecto cuando este es un negativo.

$(1+r)^{-1}$  = Factor de actualización.

$r$  = Tasa de actualización.

$t$  = Tiempo en años.

El criterio formal de selección a través de este indicador es aceptar todos los proyectos cuya relación N/K sean igual o mayor que uno, a la tasa de actualización seleccionada (Muñante, 2004).

Tasa interna de retorno: Es la tasa interna de rendimiento, es la tasa de descuento por la cual el VPN es igual a cero, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Es claro que si el VPN =0 solo se estará ganando la tasa de descuento aplicada, o sea la TMAR, y un proyecto debería aceptarse con este criterio, ya que se está ganando lo mínimo fijado como rendimiento.

De acuerdo a la definición:

$$VNP = - \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5} + \frac{FNE_6+VS}{(1+i)^6} , \quad (7.2)$$

Donde el fin es conocer es el valor real del rendimiento del dinero de dicha inversión que se realiza dejando como incógnita a  $i$ . Se determina por medio de cálculos de prueba y error, hasta que la  $i$  iguale la suma de los flujos descontados a la inversión inicial  $P$ ; es decir, se hace variar la  $i$  de la ecuación hasta que satisfaga la igualdad de esta. Tal denominación permitirá conocer el rendimiento real de dicha inversión.

Se le llama tasa interna de rendimiento porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad. Es decir, se trata de la tasa de rendimiento generada en su totalidad en el interior de la empresa por medio de la reinversión (Baca, 2001).

Punto de equilibrio: Se conoce también como el umbral de rentabilidad y se alcanza cuando los beneficios son iguales a cero. Es decir, donde ya se han absorbido los costos de la actividad (Muñante, 2004), es el punto donde la empresa no gana ni pierde.

A continuación, se presentan las fórmulas para determinar diferentes puntos de equilibrio:

Punto de equilibrio en valor de ventas;

$$PEVV = CFT / (1 - (CVT / IT)),$$

Punto de equilibrio en volumen de producción;

$$PEVP = PEVV / (IT / UV),$$

Punto de equilibrio en porcentaje sobre la capacidad en funcionamiento;

$$PEPCF = (PEVV / IT) * 100,$$

*CFT* = Costos fijos totales,

*CVT* = Costos variables totales,

*UV* = Unidades vendidas,

*IT* = Ingresos totales.

Análisis de sensibilidad: Se calcula la magnitud del cambio de uno o más factores que causaría un cambio en la decisión. Si se puede variar mucho el estimado de uno de los elementos de la decisión sin afectar la decisión, se dice que la misma es poco sensible a cambios (incertidumbres) en este elemento y viceversa si un pequeño cambio en un estimado haría cambiar la decisión, entonces la misma es sensible a cambios en este elemento. La decisión se dice insensible a cambios en el elemento, si se mantiene independientemente del valor que tome dicho elemento (Muñante, 2004). Los cambios pueden realizarse en la cantidad de insumos aplicados para la producción del bien.

FIRA (2011) propone las siguientes consideraciones para determinar el grado de sensibilidad y a partir de ahí establecer un dictamen:

- Dictamen negativo a los proyectos que alcance el valor crítico de los indicadores con un porcentaje de variación menos del 5 % en las variables seleccionadas.
- Dictamen negativo condicionado, cuando los proyectos alcancen el valor crítico de los indicadores con un porcentaje de variación entre 5 % y menos de 10 % en las variables seleccionadas
- Dictamen condicionado a un proyecto cuando alcance el valor crítico de los indicadores con un porcentaje de variación entre el 10 % y menos del 15 % en cualquier variable.
- Dictamen no condicionado a un proyecto, cuando para alcanzar el valor crítico de los indicadores se requieren variaciones mayores de 15 %.
- FIRA entonces, propone que se consideren con dictamen negativo aquellos proyectos que resulten muy sensibles.

### 7.3 Resultados

Los resultados de la evaluación financiera mostrados en el Tabla 6 indican que el proyecto es rentable y se acepta a una tasa de actualización del 15 %.

**Tabla 7** Indicadores de rentabilidad financiera

| Indicador    | Valor                 |
|--------------|-----------------------|
| VAN (15 %)   | 107,416.61 pesos (\$) |
| Relación B/C | 1.08                  |
| TIR          | 16.69 %               |
| N/K          | 1.73                  |

Fuente: Elaboración propia con indicadores financieros.

El valor actual neto estimado es de \$ 107,416.61, durante la vida útil del proyecto se espera obtener una utilidad de \$ 107,416.61. Como el VAN obtenido es positivo, el proyecto de evaluación financiera para la unidad de producción de árboles de navidad, en San Miguel Suchixtepec, Miahuatlán, Oaxaca” es aceptable.

La relación beneficio / costo estimada es de 1.08, lo que significa que por cada peso que se invierta, se obtendrá una ganancia de .08 centavos a valor actual. Dado que la relación B/C es mayor a uno, se acepta el proyecto de inversión.

La tasa interna de retorno (TIR) estimada es de 16.69 %, significa que a la tasa del 16.69 % se recuperan las inversiones durante la vida útil de 12 años del proyecto.

La relación beneficio – inversión neta (N/K) es de 1.73, lo que quiere decir que por cada peso invertido al iniciar el proyecto, se recupera el peso y espera una ganancia de 73 centavos. Empleando la relación N/K el proyecto es aceptable por ser mayor a uno. La especie explotada actualmente por la unidad de producción de San Miguel Suchixtepec, Miahuatlán, Oaxaca, se refiere a la conífera *Abies hickelii*, así la unidad cuenta con las condiciones idóneas para su reproducción y explotación.

### 7.4 Conclusiones

Las condiciones climatológicas, recursos hídricos, recursos materiales y la disponibilidad de mano de obra del municipio de San Miguel Suchixtepec, Miahuatlán, Oaxaca, contribuyen a que el proyecto de árboles de navidad sea factible financieramente. El productor, al realizar el proyecto, cuenta con un ingreso neto seguro que mejora las condiciones sociales en que se desenvuelve ya que es un proyecto de manejo sencillo para pequeños productores y un ejemplo eficiente de economías en términos de productividad y mercado. La evaluación financiera, utilizando los indicadores respectivos, de la unidad de producción de árboles de navidad *Abies hickelii*, es factible.

### 7.5 Recomendaciones

Se recomienda llevar a cabo el proyecto de producción de árboles de navidad en el municipio de San Miguel Suchixtepec para impactar el mercado mediante la producción y satisfacción del consumidor local.



Para la implementación del proyecto se recomienda manejar recursos financieros propios, si se tienen, ya que es un proyecto factible, o bien buscar una mejor tasa de financiamiento bancaria para créditos externos.

Se sugiere llevar a cabo un estudio a profundidad del mercado, para indagar otras posibilidades más allá de la venta local del árbol de navidad, como tiendas de autoservicio, otros mercados regionales, ventas de mayoreo, entre otras.

Aunado a la implementación del proyecto de árboles de navidad, se recomienda buscar actividades complementarias como proyectos ecoturísticos que le permitan al productor obtener ingresos adicionales.

## 7.6 Referencias

Albis, M.A. (2017). Ciclos y fases de la identificación de proyectos. Tema: Ciclo del proyecto [Archivo electrónico] Recuperado el 1 de junio de 2016, de [http://www.academia.edu/6433749/Ciclos\\_y\\_fases\\_de\\_la\\_identificaci%C3%B3n\\_de\\_proyectos\\_Tema\\_Ciclo\\_del\\_proyecto](http://www.academia.edu/6433749/Ciclos_y_fases_de_la_identificaci%C3%B3n_de_proyectos_Tema_Ciclo_del_proyecto)

Baca, G. (2001). *Evaluación de proyectos*. México: McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.

Camargo, A. (2005). Apuntes de Matemáticas Financieras. Recuperado el 1 de junio de 2016, de <http://fcasua.contad.unam.mx/apuntes/interiores/docs/2005/administracion/1/1154.pdf>

Definición.org. (2017). Definición de tasa de interés [Sitio web]. Recuperado el 1 de junio de 2016, de <http://www.definicion.org/tasa-de-interes>.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2011). *Boletín de educación financiera*. Recuperado el 1 de junio de 2016, de [http://www.fira.gob.mx/Nd/BF5\\_Criterios\\_Tecnicos\\_en\\_la\\_Evaluacion\\_de\\_Proyectos\\_I.pdf](http://www.fira.gob.mx/Nd/BF5_Criterios_Tecnicos_en_la_Evaluacion_de_Proyectos_I.pdf)

Fontaine, E. R. (2008). *Evaluación social de proyectos*. México: Pearson Education de México, S.A. de C.V.

García, A. (2010). Administración Financiera I [Versión electrónica]. Recuperado el 1 de junio de 2016, de [https://issuu.com/econoboy\\_conde/docs/729\\_ok](https://issuu.com/econoboy_conde/docs/729_ok)

González, A.G. (2009). *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. Argentina: Editorial Científica Universitaria de la Universidad Nacional de Catamarca.

Muñante, D. (2004). *Formulación y evaluación de proyectos de inversión: Apuntes del seminario de titulación en formulación y evaluación de proyectos*. México: Universidad Autónoma Chapingo.

Rocha, W. H. (2009). Todo sobre proyectos: Flujo de caja de un proyecto. Recuperado el 1 de junio de 2016, de [Todosobreproyectos.blogspot.mx](http://Todosobreproyectos.blogspot.mx)

## **Diseño de un método para obtener de manera pertinente, cultivos de *Zea mays* aptos para la agricultura salina**

CARRILLO-CASTAÑEDA, Guillermo M.

G. Carrillo

Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Recursos Genéticos y Productividad-Genética. Km. 36.5 Carr. Fed. México-  
Texcoco. Montecillo, Municipio de Texcoco, Méx. 56230. México  
carrillo@colpos.mx

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.-  
©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

Salt accumulation limits agricultural productivity particularly in arid and semi-arid regions of the world. Crop adaptation to saline environments occurs by an efficient regulation of both ion and water homeostasis. Preconditioning increases the extent and differences of response of potentialities of seeds and it is considered an optimum condition for identifying and selecting salt tolerant crop varieties. Yellow and white corn was selected. From yellow corn whose seed weight (100 seeds) was higher than 30 g, 4 types were able to germinate more than 60 % in a saline solution and were selected (10%) and from white corn whose seed weight (100 seeds) was higher than 30 g, 10 types were able to germinate more than 60 % in the saline solution (26.3%). White seeds resulted more tolerant to salinity since a higher percentage of the tested seeds were able to germinate (26.3%) in the saline solution than the yellow seeds (10%).

## 8 Introducción

Los problemas más graves que enfrenta la agricultura moderna son: la escasez de agua dulce, el aumento de la salinización de las tierras agrícolas principalmente por cloruro de sodio debido al mal manejo, la erosión de los suelos y los efectos del cambio climático global, porque están causando importantes disminuciones de la productividad de los cultivos, situación que se han acrecentado en los últimos años. Autores estiman que 20% de las tierras cultivadas del mundo y hasta la mitad de todas las tierras de regadío están actualmente afectadas por la salinidad, cifras que se espera, sigan empeorando. El mejor abastecimiento de agua para fines agrícolas será cada vez menor (Rozema y Flowers, 2008). Como consecuencia de estos datos dramáticos, ya desde el siglo pasado ciertos autores indicaban que la agricultura salina se perfila como la nueva frontera para la producción de alimentos. (Flowers y Yeo, 1995).

Por otro lado, los cultivos desarrollados en condiciones salinas producen frutos de mejor sabor, mayor calidad nutricional porque en ellos está incrementada la acumulación de hierro y cobre (Safarzadeh *et al.*, 2010), así como de azúcares solubles en el fruto maduro (Jing *et al.*, 2007). Los azúcares son el mayor componente de los sólidos solubles del fruto maduro de *Solanum lycopersicum* (Shao-wei *et al.*, 2010). Cuando los cultivos de *S. lycopersicum* cv Cherry Naomi son irrigados con agua de mar diluida (12%; CE = 10 mS/cm) la calidad nutricional se mejora pues los frutos, al ser analizados en la fase de rojo maduro, mostraron mayor acidez titulable, concentración de azúcares reductores, cantidades de vitamina C, vitamina E, ácido dihidrolipoico y ácido clorogénico (Sgherri *et al.*, 2008; Grasselly *et al.*, 2009) y, también demostraron que los jitomates desarrollados en presencia de sal (hasta CE = 13 mS/cm) son en general de mejor calidad en comparación con los frutos de las plantas regadas con agua sin sal.

Relación sequía salinidad. El efecto de la falta de agua en el rendimiento de maíz fue estudiado en un experimento cultivando las plantas bajo condiciones de sequía y de salinidad (Katerji *et al.*, 2004) y se encontró, basados en el criterio de producción de grano, que los cultivos de maíz respondieron igual al ser desarrollados en condición salina o bajo sequía ya que el rendimiento de maíz fue igual en los cultivos desarrollados en sequía y en salinidad.

Ciertos autores han demostrado que en el ciclo de vida de los cultivos, la semilla y el proceso de desarrollo en estados iniciales son importantes porque, condicionan el rendimiento de los cultivos (Bewley y Black, 1994; Koornneef *et al.*, 2002).

La germinación de la semilla de manera rápida promueve el establecimiento mejor del cultivo en el campo y, por tanto, son factores críticos para incrementar la producción de los cultivos bajo condiciones de salinidad. Es importante considerar, además, que en muchos cultivos, la germinación y el desarrollo de la plántula son los estadios más sensibles al estrés por salinidad, lo cual ocurre tanto en plantas glicófitas como halófitas (Ashraf y Fooland, 2005; Sosa *et al.*, 2005); sin embargo, el grado de resistencia a la salinidad, como es el caso en el cultivo de arroz, varía a lo largo de su desarrollo ontogénico (Heenan *et al.*, 1988). Puede considerarse que este fenómeno es, en cierto grado, general y que durante el desarrollo del cultivo, el grado de tolerancia a la salinidad se modifica y pudiera incluso, incrementarse durante el estado reproductivo (floración y amarre de fruto) (Heenan *et al.*, 1988; Wilson *et al.*, 2000; Akhtar y Hussain, 2008; Mansuri *et al.*, 2012).

Estamos desarrollando tecnologías con el objetivo de “incentivar” a la semilla, mediante procesos prácticos, a que adquiera una condición o estado de óptimo desarrollo metabólico pre-germinativo, que se convertirá en fortaleza y vigor potenciales. Cuando en esta semilla, que se encuentra estacionada en óptimo estado metabólico, se induce el proceso de germinación, las potencialidades heredadas se van a expresar al máximo, que es el soporte biológico para que la velocidad, la uniformidad y la germinación se manifiesten de manera óptima. Al haberse confirmado estos principios, el propósito pendiente es confrontar y desafiar a la semilla a que manifieste esas potencialidades desarrolladas al máximo, mediante el tratamiento pre-germinativo, a que germine en condiciones desfavorables y de máximo estrés posible. Está documentado que el remojo de la semilla también causa en ella cambios importantes en la morfología (Groot *et al.*, 1988; Bradford *et al.*, 2000) y en la división celular (De Castro *et al.*, 2000). En general, los efectos positivos que causa el remojo en la germinación de la semilla y desarrollo temprano de la plántula dependen del medio donde las semillas son remojadas, la temperatura y la duración del tratamiento (Ashraf & Foolad, 2005).

En el caso del maíz estamos tomando ventaja y aplicando estos procedimientos, para desarrollar tipos de cultivares que toleren, se desarrollen y produzcan con rentabilidad, en condiciones de salinidad pero, además, que el grano cosechado reúna características de calidad en sentido amplio. Estrategias y mecanismos de defensa de los cultivos son estudiados fundamentalmente en las plantas adultas y, muy poca información se está generando a nivel de la etapa de la germinación de la semilla (Rajjou *et al.*, 2006). El objetivo de este trabajo ha sido, en principio, demostrar la pertinencia y utilidad de la aplicación de ciertos tratamientos pre-germinativos como base de selección para la obtención de cultivares de *Z. mays* de grano blanco y amarillo, competentes para ser cultivados en condiciones de salinidad pero, además, que el grano cosechado reúna características de óptima calidad en el sentido amplio.

## 8.1 Materiales y métodos

Semilla de *Zea mays* (maíz) cv Zacatecas 58. El peso de la semilla fue determinado pesando en una balanza, al menos, 10 muestras de 100 semillas cada una para obtener el promedio.

Germinación de la semilla. Lotes de 100 semillas de maíz fueron colocadas en cajas Petri de vidrio (150 mm diámetro por 15 mm de alto) sobre dos hojas de papel (toalla interdoblada, MARQUIS® Georgia Pacific) humedecidas con 15 mL solución de NaCl para colocarlas a germinar en la oscuridad a 28-30 °C.

Obtención y selección de plantas. La semilla que germinó en las condiciones descritas fue cultivada en vasos de plástico que contienen tierra, para cultivarse en el invernadero por espacio de 15-20 días, regándose con agua de la llave.

Las plantas generadas fueron llevadas y establecidas en campo, sembrándose en terrenos normales y salinos, según sea indicado, a una distancia de 80 cm (tres plantas por mata) en surcos separados por 80 cm. La fertilización se llevó a cabo el preparar el terreno para la siembra con superfosfato de calcio. El cultivo se inicia antes que comiencen las lluvias para identificar a las plantas con menor grado de marchitamiento. Posteriormente en el momento oportuno, se llevaron a cabo las cruces entre las plantas seleccionadas para obtener la semilla de cada mazorca. Esta semilla se vuelve a germinar en presencia de solución de NaCl (0.5133 M), para seleccionar la semilla que germina, cultivar las plantas y obtener la semilla, ciclos que se repiten en este proceso de selección. De las mazorcas obtenidas fueron seleccionadas las que contenían un número reducido de grano blanco, para ir seleccionando el maíz de grano amarillo y de las mazorcas obtenidas fueron seleccionadas las que contenían un número reducido de grano amarillo para ir seleccionando el maíz de grano blanco.

## 8.2 Resultados y discusión

El maíz original Zacatecas 58 fue proporcionado por el Dr. José Domingo Molina Galán, para realizar el estudio de la resistencia del polen a altas temperaturas y a la deshidratación (Ñopo y Carrillo-Castañeda, 1977). Las mazorcas contenían semilla tanto de grano blanco como amarillo e incluso uno que otro grano de maíz color azul. Recientemente, ese material fue rescatado y caracterizado parcialmente. Dos características físicas de los granos de maíz son su peso específico (peso de 100 semillas) así como la capacidad de absorción de agua en relación al tiempo. Como se muestra en el Gráfico 8, 150 gramos de maíz al remojarse en agua a la temperatura de 22-23 °C absorben en únicamente 5 h el equivalente a 23.33 % de su peso. Este dato es importante porque en cierto grado, la velocidad de germinación pudiera tener relación con la velocidad del grano para absorber agua. Existen lotes de grano de maíz que inician la germinación en condiciones óptimas, en menos de 24 h. En la Tabla 8 se da una muestra de datos de los tiempos requeridos por la semilla de maíz para que logre germinar el 50 % de la semilla viable, en solución salina a la temperatura de 28-30 °C y en el Gráfico 8.1 se muestran las cinéticas de germinación de semilla de maíz obtenida de las mazorcas de plantas seleccionadas indicadas, inducidas a germinar en solución de NaCl 0.5133 M durante 12 días.

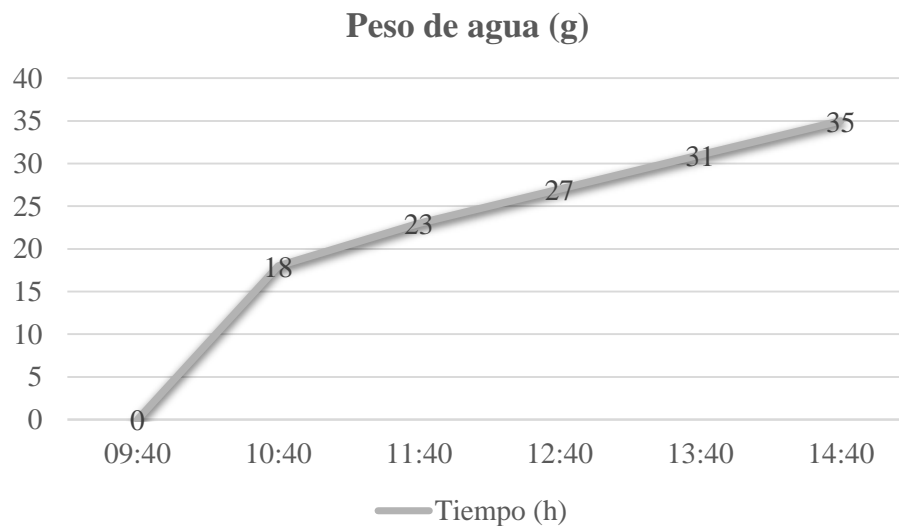
El peso de la semilla (peso de 100 granos) ha sido una de las variables importantes que hemos considerado en nuestro proceso de selección pues, ha sido requisito fundamental, seleccionar semilla que el peso de 100 semillas sea por arriba de 30 g, que tenga por lo general cierta uniformidad en tamaño, de granos romos y sin aristas puntiagudas. Con esta semilla, se prosigue el proceso de selección tomando en cuenta su capacidad para germinar en la solución salina. La semilla que tiene la capacidad de germinar por arriba de 60 % es seleccionada. El peso del grano es una característica muy variable que además, no parece estar relacionada a la resistencia a la salinidad y, por tanto, al considerar las dos características de peso de grano y tolerancia a la salinidad establecidas, se reduce la posibilidad de seleccionar el maíz deseado. En la Tabla 8.1 se muestra información de las características de la semilla de maíz de grano amarillo y blanco (peso de 100 semillas) y porcentaje total de germinación de la semilla en solución salina y, se puede apreciar, que: en el caso del maíz de grano amarillo, la semilla de 9 mazorcas no germinó (22.5 %) en la solución salina. De la semilla que germinó en la solución salina entre 61 y 70 %, únicamente fueron detectados dos materiales que pesan (peso de 100 semillas) 39.4 y 31 g y entre 71 y 80 %, también dos materiales que pesan 30.1 y 31.7 g. De un total de muestras de maíz de 40 mazorcas analizadas, 4 han sido seleccionadas (10 %). En el caso de maíz de grano blanco, la semilla de 6 mazorcas tampoco germinó (15.8 %) en la solución salina. De la semilla que germinó en la solución salina entre 61 y 70 %, únicamente un material que pesa (peso de 100 semillas) 35 g fue encontrado, entre 71 y 80 %, 3 materiales que pesan 31.4, 33.9 y 39.6 g, entre 81 y 90 % tres materiales que pesan 32.4, 35.6 y 39.7 g y entre 91 y 100 % tres materiales que pesan 31.8, 33.2 y 34 g. De un total de muestras de maíz de 38 mazorcas analizadas, 10 han sido seleccionadas (26.3 %).

El análisis de esta semilla indica que el maíz de grano blanco que pesa (peso de 100 semillas) por arriba 30 g fue más tolerante para germinar en la solución salina en comparación con el maíz de grano amarillo.

**Tabla 8** Estimación del tiempo (h) en que germina el 50% de la semilla viable de maíz Zacatecas 58 seleccionada y germinación total en solución salina (NaCl 0.5133 M), determinada hasta los 12 días

| Tipo de semilla     | T <sub>50</sub> (horas) | Germinación (%) |
|---------------------|-------------------------|-----------------|
| Zacatecas 58, C3-25 | 78                      | 78.6            |
| C5-5                | 80                      | 77.2            |
| C5-18               | 84                      | 65.2            |
| C6-21               | 94                      | 76.9            |
| C6-27               | 99                      | 79.0            |
| C8-87               | 96                      | 63.0            |
| C8-101              | 80                      | 87.6            |
| C8-117              | 71                      | 88.2            |
| C8-126              | 89                      | 78.4            |

**Gráfico 8** Capacidad de absorción de agua exhibida por semilla de maíz Zacatecas 58 remojada en agua destilada a la temperatura de 21-23 °C

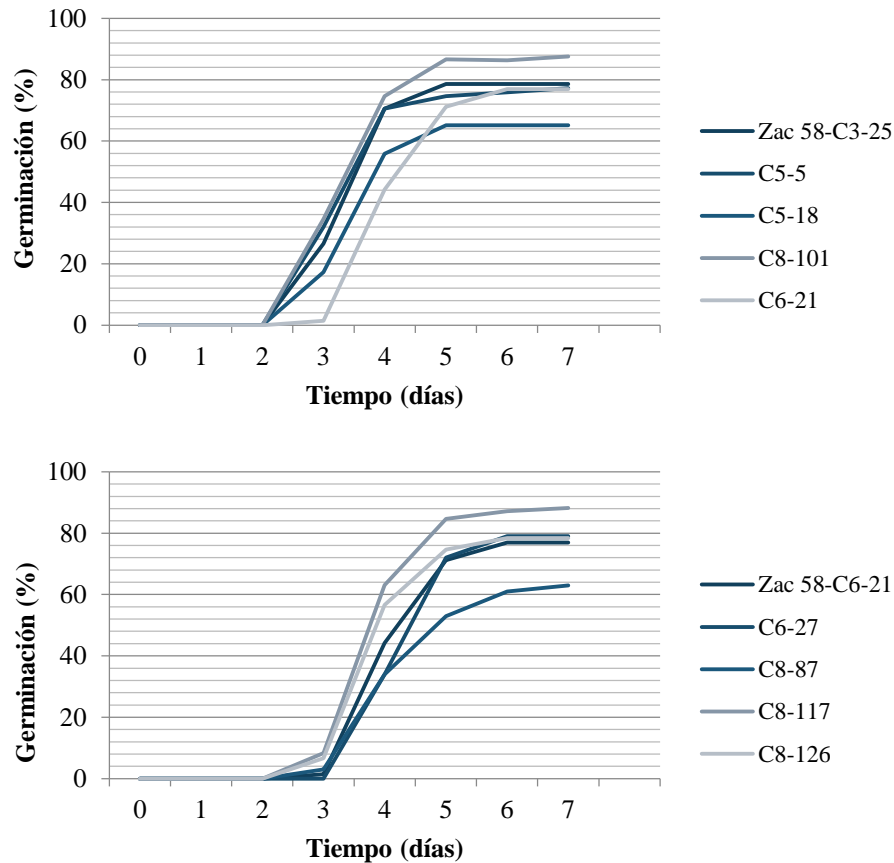


A continuación, según se indique, ya se da la información considerando el color de grano de maíz y, en la Figura 8 se muestra el aspecto del tipo de suelo altamente salino en el que ha sido sembrada la semilla seleccionada, lugar ubicado en la región del predio del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo que presenta los máximos niveles de salinidad y, también se muestra el aspecto de las plantas establecidas en esas condiciones.

En la Figura 8.1 se muestra un aspecto de plantas de maíz Zacatecas 58 sembradas en condición de temporal con carencia de agua pero que no están siendo desarrolladas en condiciones de salinidad. Puede observarse que algunas plantas muestran mayor tolerancia a la falta de agua al presentar sus hojas menor grado de marchitez. Con esto estamos demostrando lo que ya habían encontrado Katerji *et al.* (2004) quienes estudiaron la relación sequía y salinidad.

Ellos compararon el efecto de la falta de agua y la salinidad en el cultivo con el rendimiento de maíz obtenido en de acuerdo a un experimento en el que las plantas fueron cultivadas en condiciones de sequía por un lado y de salinidad por otro y encontraron, basados en el criterio de producción de grano, que los cultivos de maíz respondieron igual al ser desarrollados en condición salina o bajo sequía ya que el rendimiento de maíz fue igual en los cultivos desarrollados en sequía y en salinidad.

**Gráfico 8.1** Cinéticas de germinación de semilla de maíz obtenida de las mazorcas de plantas seleccionadas indicadas, inducidas a germinar en solución de NaCl 0.5133 M. Los datos mostrados son de hasta 7 días



**Figura 8** Aspecto del tipo de suelo altamente salino en el que ha sido sembrada la semilla seleccionada y aspecto de plantas establecidas en esas condiciones



**Figura 8.1** Aspecto de plantas de maíz Zacatecas 58 sembradas en condición de temporal con carencia de agua. Algunas plantas muestran mayor tolerancia a la falta de agua al presentar sus hojas menor grado de marchitez





**Tabla 8.1** Peso de 100 semillas (g) de maíz Zacatecas 58 y germinación por caja (25 semillas/caja) en solución de NaCl 0.5133 M, registrados a los días indicados. La germinación total es expresada en por ciento (%) registrada a los 12 días, de grano amarillo (A) y de grano blanco (B). Los cultivos de donde fueron obtenidas las semillas fueron cultivados todos sin problema de salinidad en el año 2015

| A                 |                          |                               |      |      |      |                       |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------|------|------|------|-----------------------|
| Maíz amarillo     | Peso de 100 semillas (g) | Tiempo de germinación en días |      |      |      | Germinación total (%) |
| Número de Mazorca |                          | 3                             | 4    | 5    | 6    |                       |
| 1                 | 39.4g                    | 0                             | 0    | 12   | 5    | 68                    |
| 2                 | 50.0                     | 0                             | 0    | 2    | 0    | 8                     |
| 3                 | 33.9                     | 0                             | 0    | 0    | 0    | 0                     |
| 4                 | 29.0                     | 0                             | 1    | 0    | 2    | 12                    |
| 5                 | 36.0                     | 2                             | 4    | 15   | 3    | 24                    |
| 6                 | 40.0                     | 0                             | 2    | 0    | 0    | 2                     |
| 7                 | 24.2                     | 12                            | 11   | 1    | 0    | 96                    |
| 8                 | 45.1                     | 0                             | 0    | 0    | 1    | 4                     |
| 9                 | 45.3                     | 0                             | 0    | 0    | 3    | 12                    |
| 10                | 42.4                     | 0                             | 0    | 0    | 0    | 0                     |
| 11                | 29.8                     | 0                             | 16   | 4    | 2    | 88                    |
| 12                | 30.1                     | 0                             | 0    | 12   | 8    | 80                    |
| 13                | 20.1                     | 15                            | 8    | 2    | 0    | 100                   |
| 14                | 26.0                     | 0                             | 2    | 10   | 7    | 76                    |
| 15                | 52.8                     | 0                             | 0    | 0    | 0    | 0                     |
| 16                | 31.7                     | 4                             | 3    | 8    | 5    | 80                    |
| 17                | 21.3                     | 0                             | 7    | 6    | 2    | 60                    |
| 18                | 27.4                     | 0                             | 0    | 0    | 0    | 0                     |
| 19                | 23.8                     | 0                             | 0    | 8    | 4    | 48                    |
| 20                | 21.5                     | 1                             | 11   | 4    | 3    | 76                    |
| 21                | 45.8                     | 0                             | 3    | 2    | 0    | 20                    |
| 22                | 25.6                     | 11                            | 8    | 1    | 0    | 80                    |
| 23                | 34.1                     | 0                             | 0    | 0    | 0    | 0                     |
| 24                | 17.8                     | 1                             | 13   | 7    | 2    | 92                    |
| 25                | 43.9                     | 0                             | 0    | 0    | 0    | 0                     |
| 26                | 27.0                     | 0                             | 4    | 8    | 2    | 56                    |
| 27                | 36.2                     | 0                             | 0    | 0    | 3    | 12                    |
| 28                | 26.8                     | 2                             | 11   | 4    | 0    | 68                    |
| 29                | 25.5                     | 0                             | 0    | 0    | 0    | 0                     |
| 30                | 20.0                     | 0                             | 2    | 1    | 0    | 12                    |
| 31                | 26.8                     | 0                             | 0    | 0    | 3    | 12                    |
| 32                | 31.0                     | 0                             | 1    | 15   | 1    | 68                    |
| 33                | 27.4                     | 0                             | 6    | 10   | 3    | 76                    |
| 34                | 28.2                     | 5                             | 8    | 8    | 1    | 88                    |
| 35                | 43.1                     | 0                             | 0    | 0    | 0    | 0                     |
| 36                | 15.8                     | 0                             | 6    | 6    | 4    | 64                    |
| 37                | 28.6                     | 0                             | 1    | 1    | 0    | 8                     |
| 38                | 30.8                     | 0                             | 0    | 0    | 0    | 0                     |
| 39                | 34.6                     | 0                             | 2    | 2    | 1    | 20                    |
| 40                | 24.2                     | 0                             | 4    | 4    | 3    | 44                    |
| Promedios         | 30.25 g                  | 1.32                          | 3.35 | 3.82 | 1.70 | 40.80 %               |
| B                 |                          |                               |      |      |      |                       |
| Maíz blanco       | Peso de 100 semillas (g) | Tiempo de germinación en días |      |      |      | Germinación total (%) |
| Número de Mazorca |                          | 3                             | 4    | 5    | 6    |                       |
| 1                 |                          |                               |      |      |      |                       |
| 2                 | 46.6                     | 0                             | 0    | 0    | 0    | 0                     |
| 3                 | 47.4                     | 0                             | 0    | 3    | 0    | 12                    |

|           |         |      |      |      |      |         |
|-----------|---------|------|------|------|------|---------|
| 4         | 29.7    | 0    | 2    | 3    | 3    | 32      |
| 5         | 39.6    | 0    | 0    | 0    | 19   | 76      |
| 6         | 39.7    | 0    | 0    | 7    | 15   | 88      |
| 7         | 39.5    | 1    | 0    | 6    | 2    | 32      |
| 8         | 44.8    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       |
| 9         | 21.6    | 4    | 15   | 2    | 0    | 84      |
| 10        | 42.1    | 0    | 1    | 0    | 0    | 4       |
| 11        |         |      |      |      |      |         |
| 12        | 31.4    | 0    | 1    | 16   | 3    | 80      |
| 13        | 35.0    | 0    | 0    | 0    | 17   | 68      |
| 14        | 23.4    | 0    | 0    | 5    | 0    | 20      |
| 15        | 34.2    | 0    | 0    | 1    | 1    | 8       |
| 16        | 33.3    | 0    | 0    | 3    | 9    | 48      |
| 17        | 33.7    | 0    | 1    | 1    | 4    | 24      |
| 18        | 25.4    | 0    | 5    | 7    | 6    | 72      |
| 19        | 35.6    | 0    | 0    | 21   | 0    | 84      |
| 20        | 32.5    | 0    | 0    | 8    | 4    | 48      |
| 21        | 24.6    | 0    | 18   | 1    | 0    | 76      |
| 22        | 28.5    | 0    | 0    | 16   | 5    | 84      |
| 23        | 29.6    | 0    | 19   | 3    | 2    | 96      |
| 24        | 40.9    | 0    | 0    | 1    | 0    | 4       |
| 25        | 20.8    | 3    | 17   | 1    | 0    | 84      |
| 26        | 31.8    | 0    | 6    | 17   | 0    | 92      |
| 27        | 27.3    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       |
| 28        | 34.2    | 1    | 0    | 9    | 2    | 48      |
| 29        | 26.5    | 0    | 1    | 2    | 10   | 52      |
| 30        | 32.4    | 11   | 10   | 1    | 0    | 88      |
| 31        | 33.9    | 0    | 8    | 6    | 5    | 76      |
| 32        | 35.0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       |
| 33        | 33.2    | 0    | 16   | 6    | 2    | 96      |
| 34        | 31.6    | 2    | 4    | 5    | 3    | 56      |
| 35        | 27.3    | 4    | 14   | 3    | 1    | 22      |
| 36        | 33.0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       |
| 37        | 37.8    | 2    | 0    | 2    | 3    | 28      |
| 38        | 28.2    | 0    | 6    | 15   | 2    | 92      |
| 39        | 34.9    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0       |
| 40        | 34.0    | 0    | 13   | 9    | 1    | 92      |
| Promedios | 33.18 g | 0.74 | 4.13 | 4.47 | 3.13 | 50.84 % |

En la Tabla 8.1, la información se presenta ya por separado, según el color de grano de maíz, pues ya que en esta parte del trabajo se cuenta con semilla seleccionada de los dos tipos de maíz: de grano amarillo y de grano blanco.

Los resultados mostrados en la tabla 2 de este trabajo, que son preliminares, muestran que ya existen diferencias de las características importantes estudiadas encontradas entre el maíz cv Zacatecas 58 de grano amarillo en relación con el maíz de grano blanco. La germinación promedio del maíz amarillo fue de 40.8 % y la del maíz blanco de 50.84 %.

El peso promedio de 100 semillas de maíz amarillo fue de 30.25 g y el del maíz blanco de 33.18 g.

Estos resultados también muestran la eficiencia de la técnica, lo que permite calcular tanto los tiempos para llevar a cabo este proceso así como las cantidades de semillas que deben considerarse para obtener resultados, de acuerdo a lo que se muestra en la Tabla 8.1.

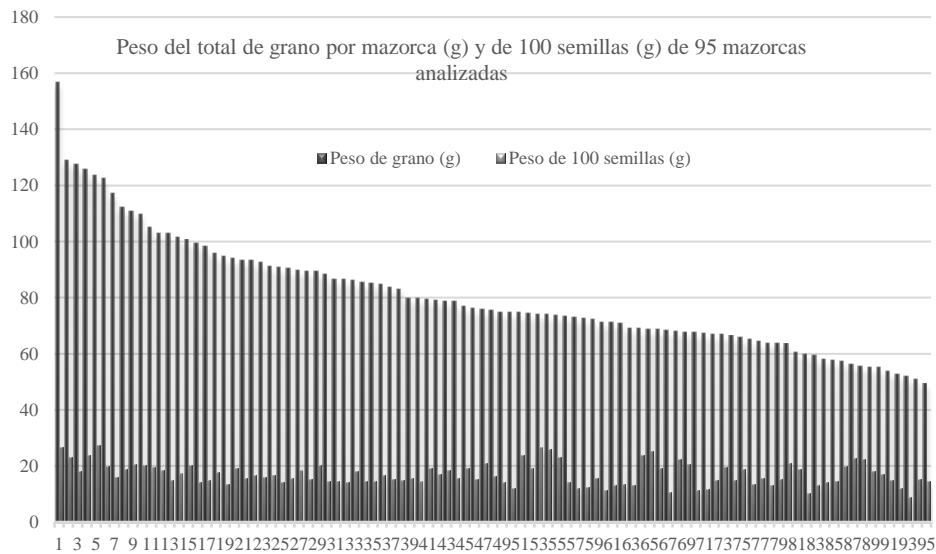
El peso promedio de 100 granos (g), como ya se ha indicado, es una de las variables importantes que hemos considerado en nuestro proceso de selección pues, ha sido un requisito, seleccionar semilla capaz de germinar en solución salina pero de grano de maíz que tenga el mayor peso.

En el Gráfico 8.2 se muestra la diversidad de producción de grano por mazorca y su relación con el peso de 100 semillas en gramos.

Este proceso de mejoramiento genético permite seleccionar en relativamente poco tiempo el material valioso que puede resistir tanto la sequía como la salinidad.

En la actualidad, el maíz está siendo germinado directamente en agua de mar, siendo la germinación en algunos casos superior a 85 %.

**Gráfico 8.2** Diversidad de producción de grano por mazorca y su relación con el peso de 100 semillas en gramos, detectadas al analizar 95 mazorcas en total



En la Figura 8.2 se muestra el aspecto de algunas de las mazorcas de grano amarillo y las de grano blanco. También se ha buscado que la semilla de los materiales seleccionados tenga por lo general cierta uniformidad en tamaño, de granos romos, sin aristas puntiagudas y de aspecto hasta agradable.

**Figura 8.2** Aspecto de las mazorcas de maíz cv Zacatecas 58 de grano amarillo (parte superior) y de grano blanco (parte inferior)



### 8.3 Conclusiones

Con la metodología desarrollada, de selección en el laboratorio, ha sido posible en poco tiempo, en relación con los métodos convencionales de mejoramiento genético, seleccionar cultivares de semilla de maíz de grano amarillo y de grano blanco, de peso superior a los 30 g (peso de 100 semillas) y con alta capacidad de germinar en solución salina como base para generar cultivares potencialmente útiles para ser cultivados rentablemente en suelos con problemas de salinidad. El análisis de esta semilla indica que el maíz de grano blanco que pesa (peso de 100 semillas) por arriba 30 g tolera y germina en mayor porcentaje en la solución salina que el maíz de grano amarillo.

### 8.4 Referencias

- Akhtar P. y Hussain, F. (2008). Salinity tolerance of three range grasses at germination and early growth stages. *Pakistany Journal of Botany*. 40(6), 2437-2441.
- Ashraf, M. y Foolad, M. R. (2005). Pre-Sowing Seed Treatment—A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88, 223-271.
- Bewley, J. D. y Black, M. (1994). Seeds. Physiology of development and germination. pp. 1-33. New York, Plenum Press.
- Bradford, K. J., Chen, F. M. B., Cooley, P., Dahal, B., Downie, K. K., Fukunaga, O. H., Gee, S., Gurusinge, R. A. y Nonogaki, H. M. (2000). Gene expression prior to radicle emergence in imbibed tomato seeds. In M Black, KJ Bradford, J Vázquez-Ramos, eds, *Seed Biology: Advances and Applications*. (pp 231–251). UK. Wallingford: CABI International.

- De Castro, R. D., van Lammeren, A. A. M., Groot, S. P. C., Bino, R. J. y Hilhorst, H. W. M. (2000). Cell division and subsequent radicle protrusion in tomato seeds are inhibited by osmotic stress but, endosperm weakening by hydrolase activities DNA synthesis and formation of microtubular cytoskeleton are not. *Plant Physiology*, 122, 327–335.
- Flowers, T. J. y Yeo, A. R. (1995). Breeding for Salinity Resistance in Crop Plants: Where Next? *Australian Journal of Plant Physiology*, 22(6), 875-884.
- Grasselly, D., Navez, B., Cottet, V., Rosso, L. y Jost, M. (2009). Tomate sous serre: l'effet de la salinité sur la qualité. *Infos / Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes*, 251, 37-41.
- Groot S. P. C., Kieliszewska-Rokicha, B., Vermeer, E. y Karssen, C. M. (1988). Gibberellin-induced hydrolysis of endosperm cell walls in gibberellin-deficient tomato seeds prior to radicle protrusion. *Planta*, 174, 500–504.
- Heenan, D. P., Lewin, L. G., McCaffery, D. W. (1988). Salinity tolerance in rice varieties at different growth stages. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 28(3), 343-349.
- Jing, J., Tian-lai, L., Shao-wei, L. y Shuang, L. (2007). The relationship between the added NaCl of different concentration and the development of tomato fruits under the soilless culture. *Northern Horticulture*, 7, 49-51.
- Katerji, N., van Hoorn, J. W., Hamdy, A. y Mastrorilli, M. (2004). Comparison of corn yield response to plant water stress caused by salinity and by drought. *Agricultural Water Management*, 65 (2), 95-101.
- Koornneef, M, Bentsink, L. y Hilhorst, H. (2002). Seed dormancy and germination. *Current Opinion Plant Biology*, 5, 33–36.
- Mansuri, S. M., Babaeian, N. J. y Bagheri, N. (2012). Evaluation of rice genotypes to salt stress in different growth stages via phenotypic and random amplified polymorphic DNA (RAPD) marker assisted selection. *African Journal of Biotechnology*, 11(39), 9362-9372.
- Ñopo, J. D. y Carrillo-Castañeda, G. (1977). Determinación de la vitalidad del polen de maíz. *Agrociencia*, 28, 101-102.
- Rajjou, L., Belghazi, M., Huguet, R., Robin, C., Moreau, A., Job, C. y Job, D. (2006). Proteomic investigation of the effect of salicylic acid on Arabidopsis seed germination and establishment of early defense mechanisms. *Plant Physiology*, 141, 910–923.
- Rozema J. y Flowers, T. (2008). Crops for a Salinized World. *Science*, 322, 146-148.
- Safarzadeh Shirazi S., Ronaghi, A. M., Gholami, A. S. y Zahedifar, M. (2010). The Influence of salinity and nitrogen on tomato fruit quality and micronutrients concentration in hydroponic culture. *Journal of Science Technology Greenhouse Culture -Isfahan University of Technology*, 1 (3), 11-22.
- Sgherri, C., Kadlecová, Z., Pardossi, A., Navari-Izzo, F. y Izzo, R. (2008). Irrigation with diluted seawater improves the nutritional value of cherry tomatoes. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 56, 3391-3397.

- Shao-wei, L., Tian-lai, L. y Jing, J. (2010). Effects of tomato fruit under Na<sup>+</sup> -salt and Cl<sup>-</sup> -salt stresses on sucrose metabolism. *African Journal of Agriculture Research*, 5(16), 2227-2231.
- Sosa L., Llanes, A., Reinoso, H., Reginato, M. y Luna, V. (2005). Osmotic and specific ion effect on the germination of *Prosopis strombulifera*. *Annals of Botany*, 96, 261-267.
- Wilson, C., Scott, M. L. y Grieve, C. M. (2000). Growth Stage Modulates Salinity Tolerance of New Zealand Spinach (*Tetragonia tetragonioides*, Pall.) and Red Orach (*Atriplex hortensis* L.). *Annals of Botany*, 85, 501- 509.

## **Detección de fallas en el proceso de rolado de perfil C destinado a invernaderos**

GÓMEZ-ÁGUILA, María Victoria

M. Gómez

Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5, Carretera México-Texcoco. Chapingo. CP 56 230 Tel (01)595-9521500  
mvaguila@hotmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.-  
©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

It has been demonstrated that greenhouse cultivation increases the yield of agricultural products, the rolling machines facilitate manufacturing of these structural elements. In this paper the analysis of 8 sets of sheets is performed, detecting more problems on the set number five. With reference of the results of finite element analysis, a horizontal alignment of the rollers is recommended, a greater number of rolling passes for this profile should be worked to a strain rate of 20 to 30 m / min. The pressure rollers exert on the sheet must be greater than 240 MPa to prevent deflection. Also, the hardness of the roller of the rolling machine was studied and identified the steel is tool grade with a possible heat treatment of quenching in water to facilitate the choice of the profiles to roll

## 9 Introducción

Se ha demostrado que el cultivo en invernaderos incrementa el rendimiento de los productos agrícolas. Las máquinas roladoras de tubos, perfiles y láminas de dos o tres rodillos motrices, son ideales para fabricar todo tipo de escaleras de caracol, espirales en tubo, bridas para tubería, invernaderos, barandas, mesas, sillas, puertas e incluso ventanas.

En aras de optimizar los elementos estructurales que se diseñan para la construcción de los invernaderos se manufacturan perfiles con diferentes geometrías garantizando así la rigidez y resistencia necesarias para el trabajo confiable sin peligro de falla de dichas instalaciones (invernaderos).

Un cilindro perfecto cada vez, en diámetros que varían desde los de brazaletes de cobre hasta los de tubos galvanizados hechos a la medida - eso es lo que le proporciona la moldeadora de rodillos deslizantes - constituye un excelente trabajo para el diseño y construcción de elementos estructurales y/o máquinas, y aparentemente muy fáciles de operar, empleando para ello un mínimo de equipos puede ser utilizadas para lámina de hierro de calibre 20 con un ancho igual a la capacidad máxima de 12" de sus rodillos, y aún láminas más gruesas con anchos menores, o láminas de cobre, aluminio y latón, son totalmente ajustable para permitir formar tubos con juntas de cierres o juntas remachadas o soldadas con cualquier diámetro desde 1 5/8" en adelante, y también permite efectuar con rapidez trabajos tales de lámina metálica como la hechura de linternas de jardín y canalones de medio bocel, sin embargo en la actualidad se ha detectado un problema en la manufactura de determinados perfiles, y dentro de ellos el perfil con mayor afectación es el perfil en C.

Se idéntica como problema principal que la máquina roladora de perfil C de 8 sets de laminación presenta problemas en el set número 5, provoca que la lámina se deforme en el centro del perfil dejando incompleto el proceso de rolado. En el presente proyecto se realiza el estudio de las estaciones de la máquina, la detección de las fallas, se realiza el análisis por elementos finitos (Hall *et al.*, 2011; Hibbeler, 2010; Hibbeler, 2012; Mott, 2011; Shigley, 2011; Faires, 1999), análisis de dureza y se proponen las recomendaciones para el perfeccionamiento de la máquina.

### 9.1 Metodología

La metodología del diseño que se utilizó es la que se emplea en el diseño mecánico de máquinas y sus partes, realizar la lluvia de ideas, se analizan las estaciones de trabajo, y se identifica los problemas en su funcionamiento, se realizan las recomendaciones pertinentes para solucionar la problemática



## 9.2 Desarrollo

La roladora de perfil C de 8 sets de laminación (figura 9), presenta problemas en el set número 5, provoca que la lámina se deforme en el centro del perfil dejando incompleto el proceso de rolado. Al analizar el funcionamiento de la roladora, (set 5) (figura 9) y escuchar los criterios del operador, se identifican los siguientes problemas:

- El ángulo al que se dobla la lámina en el Set 5 es demasiado grande.
- La velocidad de deformación de la lámina es demasiado grande.
- La presión de los rodillos no es correcta.
- La alineación de los rodillos a lo largo de la roladora no es correcta.
- Deficiente lubricación afectando el correcto funcionamiento y formado de la lámina.

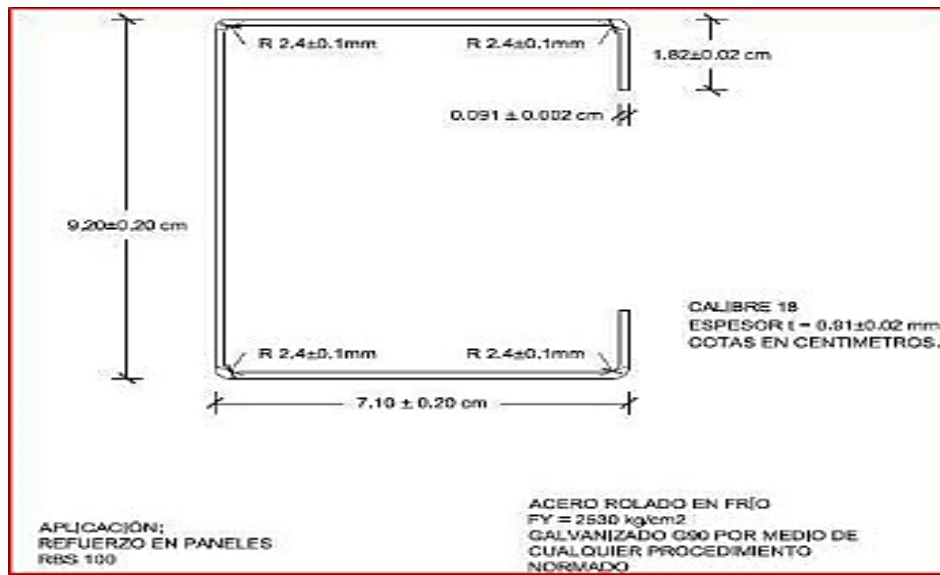
**Figura 9** Roladora, falla set 5



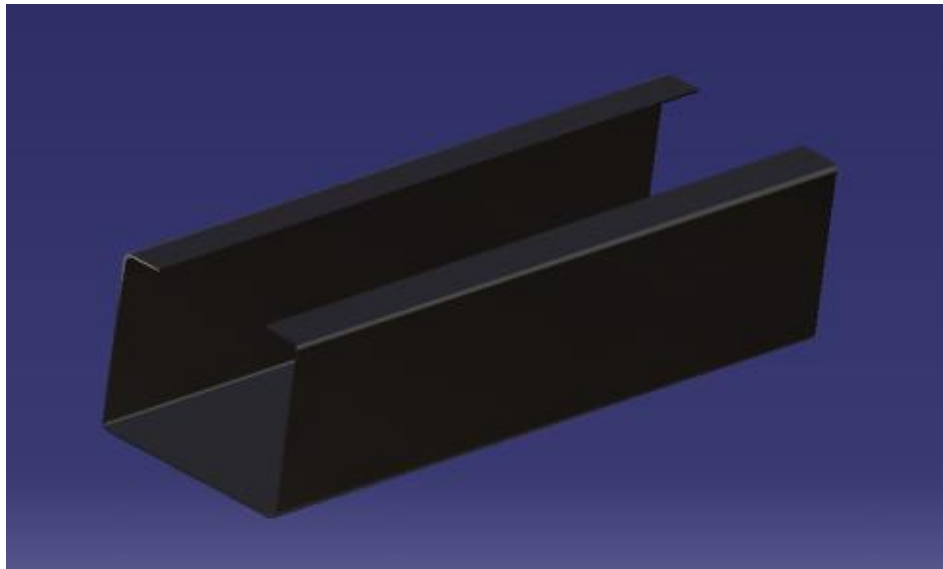
Al analizar el funcionamiento de la roladora, (set 5) (figura 9) y escuchar los criterios del operador, se identifican los siguientes problemas:

- El ángulo al que se dobla la lámina en el Set 5 es demasiado grande.
- La velocidad de deformación de la lámina es demasiado grande.
- La presión de los rodillos no es correcta.
- La alineación de los rodillos a lo largo de la roladora no es correcta.
- La falta de lubricación afecta el correcto funcionamiento y formado de la lámina.
- Acorde a las dimensiones de la roladora, se definen las medidas (figura 9.1) que deberá tener el perfil C (figura 9.2).

**Figura 9.1** Medidas del perfil C



**Figura 9.2** Perfil C



### 9.2.1 Análisis de la geometría del perfil

El ancho de la lámina requerido para producir algún tipo de forma, se determina haciendo un plano a gran escala, dividiéndolo en componentes rectos y curvados. Los lados externos y el eje neutral de las caras de cada segmento curvado, pueden ser tratados como arcos circulares. Para dobleces que tengan un radio interior mayores de dos veces el ancho del acero como se presenta en nuestro caso, el eje neutral es localizado en aproximadamente la mitad de la distancia entre la superficie interna hacia la superficie externa del doblez. Cuando el segmento curvado sea de hasta dos veces el ancho, el ancho de la lámina  $w$  se determina según la ecuación 9:

$$w = 0.01745\alpha \left( r + \frac{t}{2} \right) \quad (9)$$

Donde:

$w$  = ancho de lámina necesaria para formar el perfil

$\alpha$  = ángulo de doblado

$r$  = el radio interior del doblado

$t$  = calibre del material

0.01745 = factor de conversión de grados a radianes

El ancho total necesario para desarrollar el perfil, sería la suma de todas las partes externas del perfil. En nuestro caso el ancho necesario de lámina *considerando medidas óptimas*; 4 ángulos de  $90^\circ$  es de  $w = 0.01745 \times 90 \times \left(2.4mm + \frac{1mm}{2}\right) \times 4 = 18.22mm$

*Para el ancho total, las medidas en las secciones rectas deben ser medidas internas*

$$w_{total} = (92 - 2) + 2(71 - 2) + 2(18.2 - 1) + 18.22mm = 280.62mm$$

*Considerando tolerancias positivas; 4 ángulos de  $90^\circ$*

$$w = 0.01745 \times 90 \times \left(2.5mm \times \frac{1mm}{2}\right) \times 4 = 18.85mm$$

$$w_{total} = (94 - 2) + 2(73 - 2) + 2(18.4 - 1) + 18.85mm = 287.65mm$$

Velocidad de trabajo. La velocidad usada en este tipo de trabajos, varía entre 0.46 hasta 244 metros por minuto. Las velocidades comúnmente usadas en este tipo de deformación son entre 20 y 30 metros por minuto. Lo que influye directamente para establecer la velocidad óptima de trabajo depende de: composición del material de trabajo, esfuerzo de cedencia del material y dureza del material, espesor, severidad en la deformación del material, corte a longitud deseada, número de estaciones, uso de operaciones auxiliares, uso de lubricantes

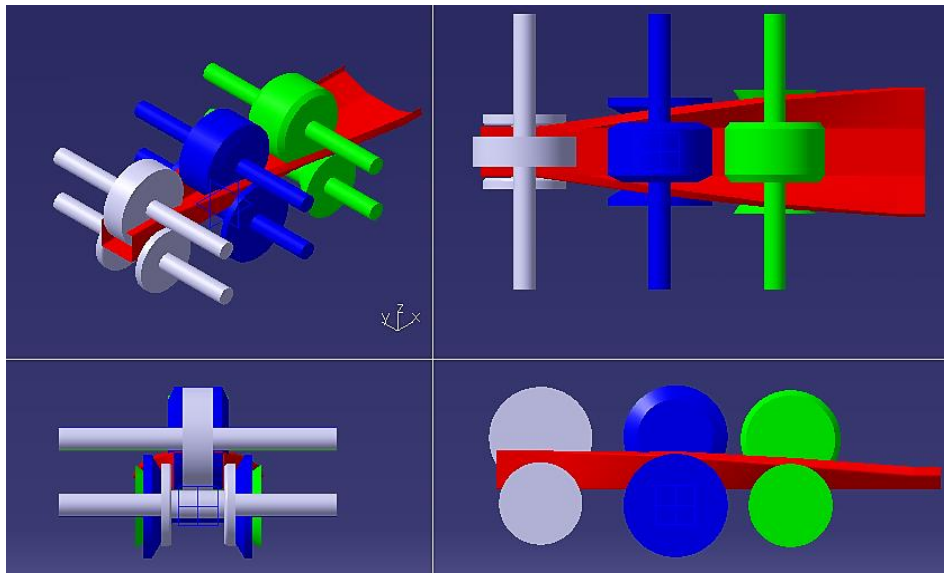
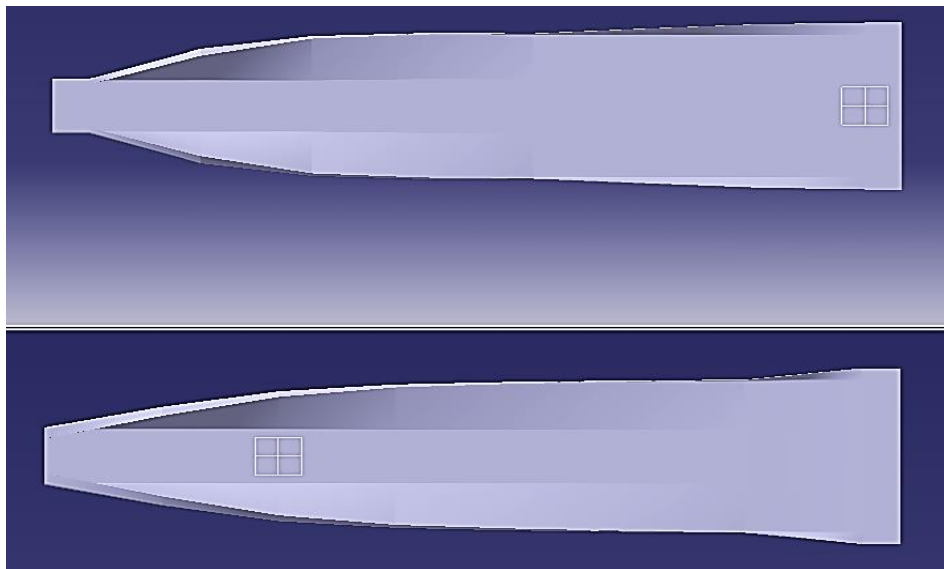
Análisis por elementos finitos.

Para el desarrollo del análisis se emplea la herramienta CAD – CAE para el diseño de dos pases de laminación (figura 9.3 a y figura 9.4 b), así como; para el análisis de elemento finito de la lámina galvanizada de calibre 18.

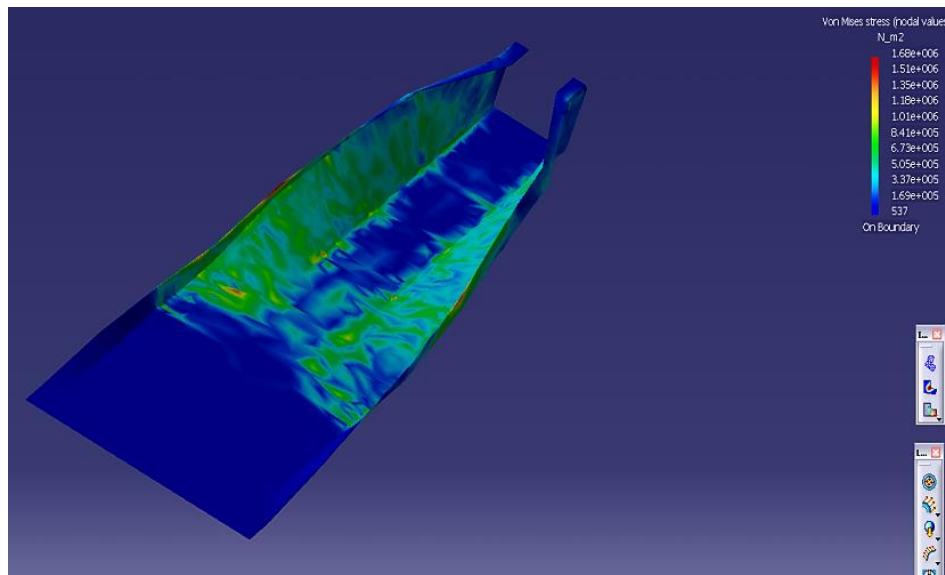
Para ello se realiza la simulación del comportamiento de los perfiles rolados sin modificar la máquina (cambio de rodillos) (figura 9.5) y con el cambio de rodillos (propuestos) (figura 9.6) y se observa una disminución de los esfuerzos y deformaciones en los perfiles.

Se observa que la lámina 1 (figura 9.5), presenta deformaciones indeseables en el pase de laminación 5, por lo que con el análisis de elemento finito se identifica la zona media con magnitudes mayores de los esfuerzos normales y las deformaciones, que al inicio del doblado es más largo en la segunda imagen (Figura 9.4), siendo menos abrupta el proceso de doblado.

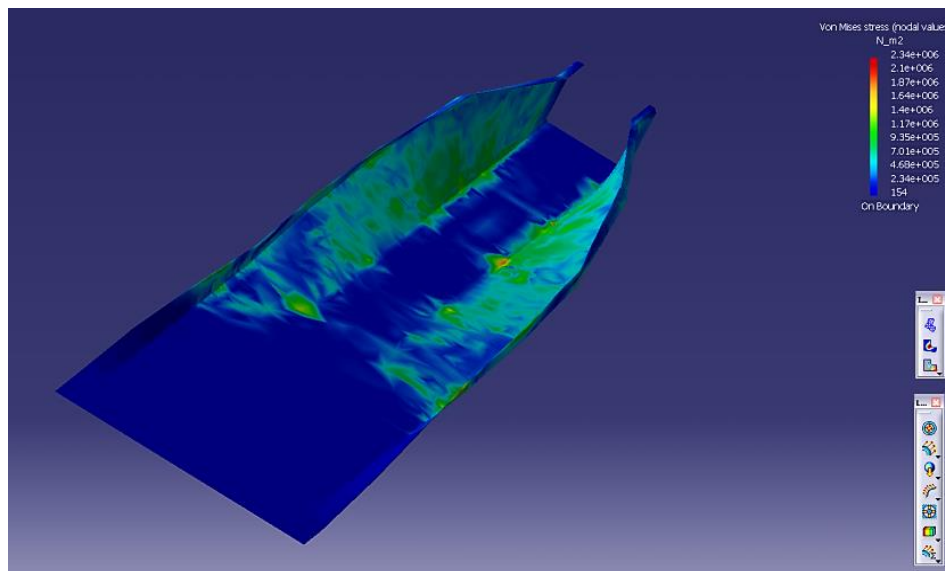
Las zonas coloreadas con mayor intensidad representan puntos críticos en donde el stress es mayor, es decir son puntos donde la pieza muy probablemente fallara al someterse a las fuerzas de los rodillos (figura 9.5 y 9.6)

**Figura 9.3** Proceso de formado del perfil**Figura 9.4** Proceso de rolado en dos pasos

**Figura 9.5** Simulación con configuración y rodillos anteriores



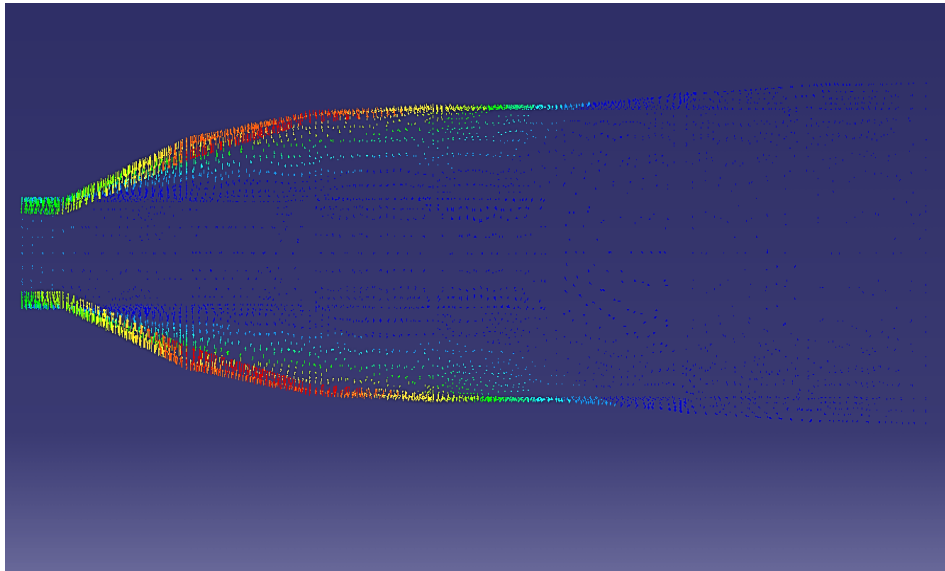
**Figura 9.6** Simulación con configuración y rodillos propuestos



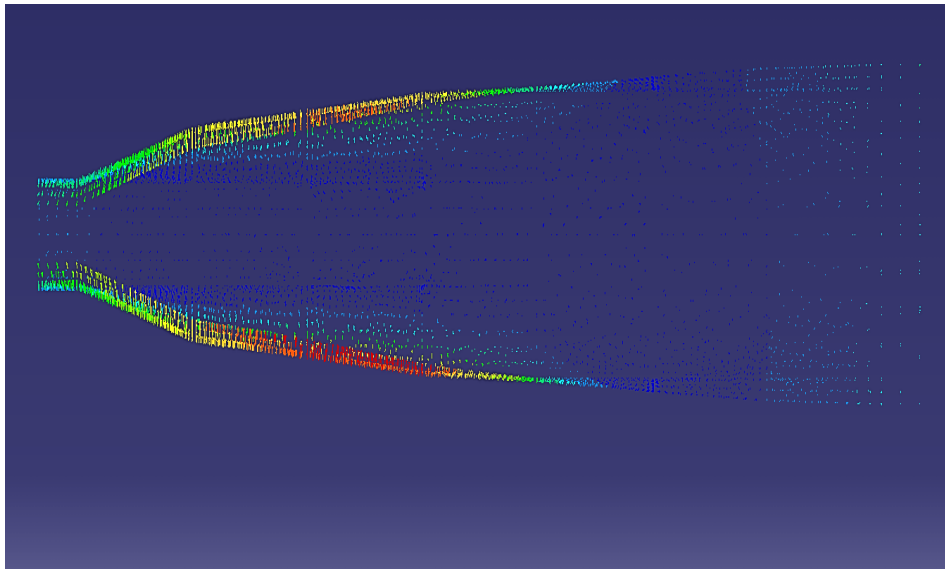
El análisis de los desplazamientos de las láminas (figura 9.7 y 9.8), muestran que la configuración y rodillos propuestos el mayor desplazamiento se presenta en los Sets 7 y 8 que es donde el material ya sobrepasa los esfuerzos mayores, sin embargo en la simulación de la configuración y rodillos anteriores nos podemos dar cuenta que el mayor desplazamiento se presenta justo en el Set 5 y 6, que son los sets que causan problema.

Con la simulación por computadora se comprueba que los rodillos propuestos son correctos y provocan deformaciones dentro del rango permisible y la deformación progresiva según la figura 9.9.

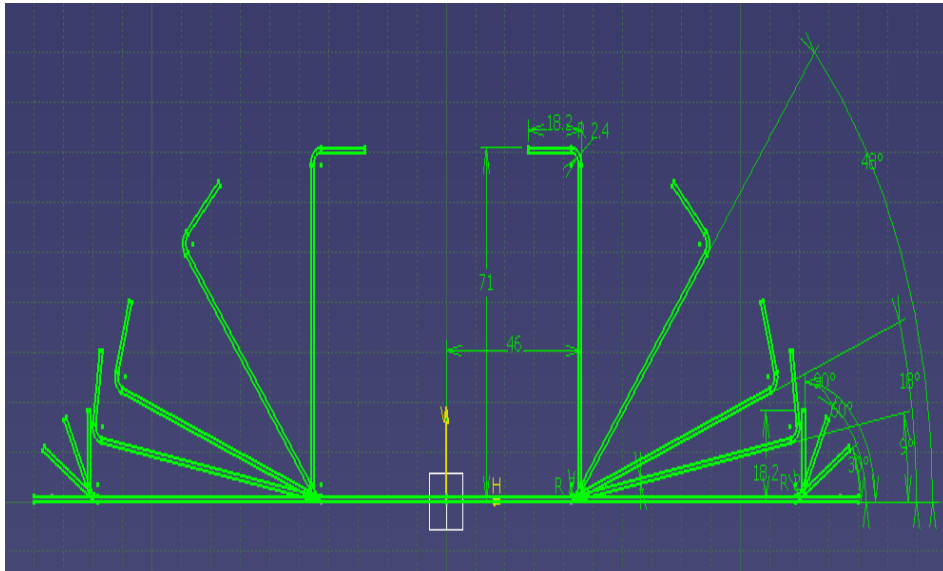
**Figura 9.7** Simulación de desplazamientos con configuración y rodillos propuestos



**Figura 9.8** Simulación de desplazamientos con configuración y rodillos anteriores

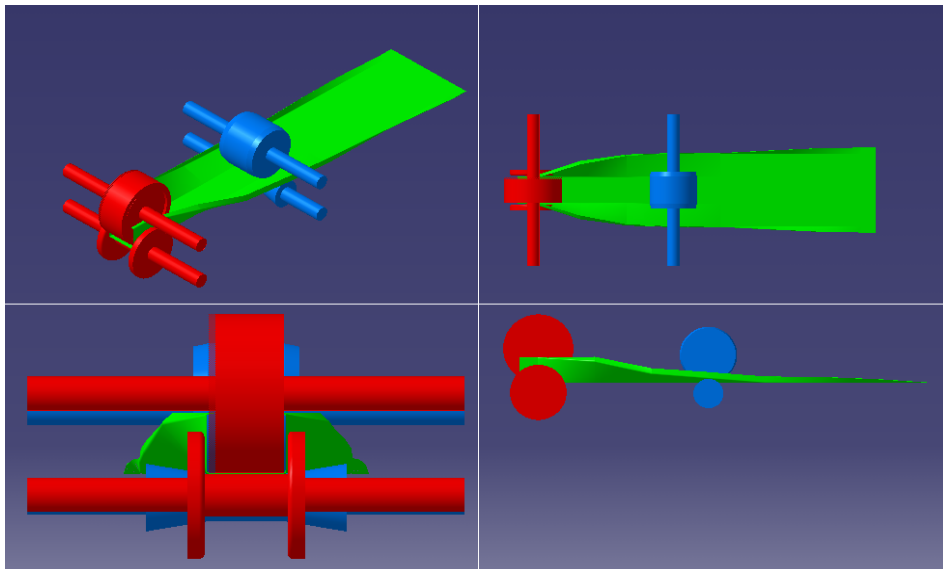


**Figura 9.9** Vista sección transversal del perfil

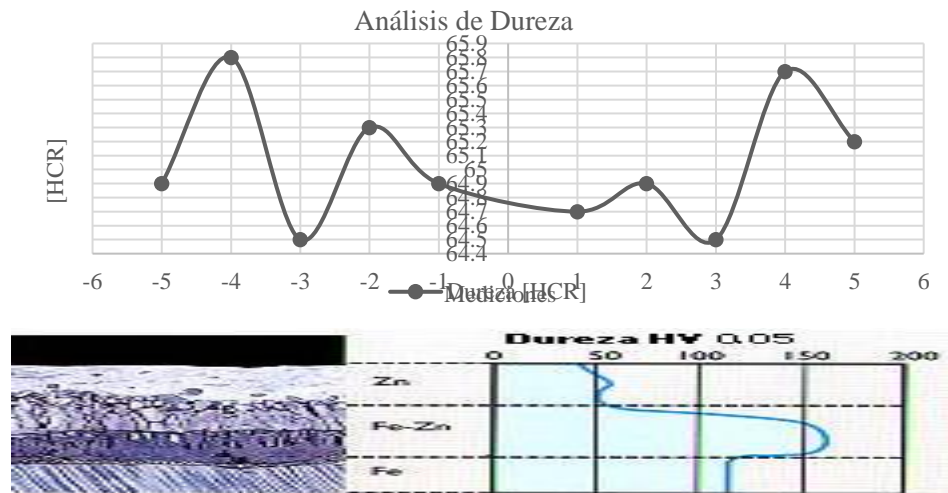


En la figura 9.10 se observa el ensamble de los sets 5 y 8 los cuales estamos proponiendo y cuyas medidas aparecen en los planos y que pueden ser tomados como base para la fabricación.

**Figura 9.10** Ensamble sets 5 y 8



Material de los rodillos. El material que se utiliza en esta roladora es acero grado herramienta con un posible tratamiento térmico de temple en agua. En el Gráfico 9 se representa la dureza Rocwell C del material en cuestión. La grafica muestra la dureza que posee el material partiendo de su eje de simetría hacia la derecha e izquierda respectivamente, confirmandonos que fue un templado en agua de forma homogénea en toda la pieza. El rodillo posee una dureza elevada.

**Gráfico 9** Diagrama de dureza de recubrimientos galvanizados

### 9.3 Conclusiones

Después de realizar la propuesta de modificación de las medidas de los rodillos, tratamiento superficial y simular el proceso de laminado, se puede concluir que la propuesta de modificación es confiable, no presenta errores, por lo que es factible realizar su fabricación. En cuanto al diseño del set número 5 y 8, determinamos con el apoyo de cálculos teóricos, así como herramientas de ingeniería y diseño por computadora, que nuestras propuestas de los rodillos son permisibles y tienen gran confiabilidad en cumplir su función en la vida real

### 9.4 Recomendaciones

Para lograr el buen funcionamiento del proceso de rolado recomendamos: realizar mayor número de pases de laminación para este perfil, lograr un acabado superficial de los rodillos uniforme, desbastado y escrupulosamente pulidos, velocidad de deformación entre 20 y 30 metros por minuto, separación entre sets de laminación la menor posible, presión de los rodillos mayor al esfuerzo de cedencia, alineación horizontal de los rodillos, los sets de laminación deberán mantenerse paralelos el uno al otro y que la lubricación se realiza de forma continua para evitar sobrecalentamiento y deformaciones indeseadas.

### 9.5 Referencias

Budynas, Richard G.; Nisbett J.Keith. Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley. Novena Edición. ISBN 978-970-10-6404-7. 2012. ISBN 978-607-15-0771-6. Mc Graw Hill.

Mott R. (2011). Machine Elements in Mechanical Design, EUA. Prentice Hall. Cuarta edición.

Shigley. (2012). Mechanical Engineering Design. México, DF, McGraw-Hill. Décima edición.

William F. Hosford, "Metal Forming", Prentice Hall, Primera Edición Estados Unidos de América 1983, pp. 250-254. Noviembre 18 de 2009.

W. A. Stadtler, "Metals Handbook", Vol.4, Editorial American Society for Metals, 8va edición, Estados Unidos de América 1979, pp. 224-231. Octubre 3 de 2009.



## **Predicción de la temperatura y humedad absoluta en una granja de pollos**

SALAZAR-MORENO, Raquel, ROJANO-AGUILAR, Fernando, FITZ-RODRÍGUEZ, Efrén y LÓPEZ-CRUZ, Irineo L.

R. Salazar, F. Rojano, E. Fitz y I. López

Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carr. México-Texcoco Chapingo, Edo. México, C.P 56230. México

University of Arizona.  
raquels60@hotmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-II.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

The wind direction may influence weather conditions in chicken farms and therefore it can affect the broilers development and productivity. In order to study these effects, information of a cycle of organic production (84 days) in a broiler house at the experimental station “Le Magneraud” located in western France (46.15 N, -0.69 W) was used. Data was divided according to different intervals of wind direction. Artificial Neural Network (ANN) models were trained validated and tested at each location, using a wind direction rank between  $36.5^{\circ}$  - $100.5^{\circ}$ , for prediction of temperature and absolute humidity within the farm. Using the models developed, a simulation was performed for four different ranges of wind direction, the results show that ANN predict very well even for wind direction ranges far away from the values used in training. Using this outcomes, the locations more sensitive to wind direction can be identified.

## 10 Introducción

Aunque la idea de las redes neuronales fue propuesta hace más de 50 años por McCulloch y Pittis, el desarrollo de las técnicas de las redes neuronales experimentó un renacimiento hasta 1982, gracias a los esfuerzos de Hopfield en las redes autoasociativas (Govindaraju, 2000). El enfoque de la red neuronal artificial juega un papel importante en construir modelos cuantitativos así como la predicción de variables y es importante para la toma de decisiones (Yildirim, et al., 2011; Veselý, 2011).

El aprendizaje de la red se define como el proceso en el cual se ajustan los parámetros, entre los que se destacan los pesos y los sesgos. Este proceso de ajuste se realiza con el objetivo de minimizar la diferencias entre la variable real y la simulada con la red. Los cuatro tipos de aprendizajes más empleados son: el supervisado, el no supervisado o autoorganizativo, el híbrido y finalmente, el aprendizaje reforzado (Brío y Sanz 2007).

Las redes neuronales artificiales se han utilizado en la modelación de sistemas agrícolas, particularmente en la modelación de la eficiencia económica de la producción de pollos, donde las variables de entrada fueron la cantidad de insumos de la producción y como salida el desempeño económico de las unidades de producción, los autores mostraron que una red neuronal con dos capas ocultas con 4 y 17 neuronas en cada capa oculta respectivamente, provee los mejores resultados con un coeficiente de correlación  $R^2=0.96$  and MSE 0.00024 (Sefat et al. 2014).

Otra aplicación importante de las redes neuronales es en la detección de lecturas erróneas en los sensores, Kulacov y Davcev (2005) aplicaron los modelos de redes neuronales para detectar sensores erróneos y encontraron que el modelo es robusto a pequeñas variaciones de las entradas.

En este trabajo, se evalúa la confiabilidad y precisión de un modelo de redes neuronales para predecir el clima interior (temperatura y humedad absoluta) en diferentes zonas de una granja de pollos gobernado mayormente por las condiciones climáticas externas.

### 10.1 Objetivos

1. Construir una red neuronal para predecir el clima dentro de una granja de pollos en 15 diferentes ubicaciones, utilizando datos experimentales del interior y exterior pero fijando la dirección del viento en un rango de  $36.56^{\circ}$  a  $100.5^{\circ}$  en dirección de la veleta.

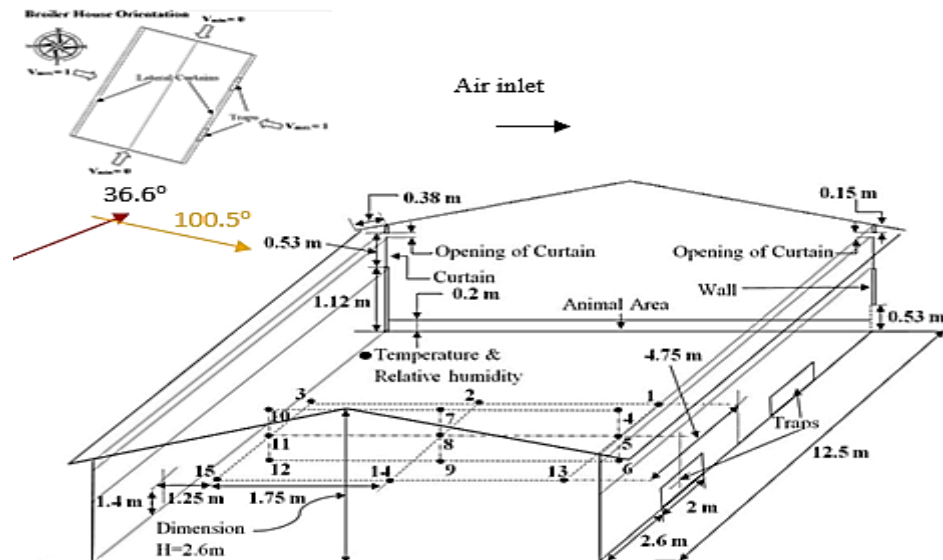
2. Utilizar la red neuronal entrenada y validada para predecir la temperatura y humedad absoluta interior en las 15 diferentes ubicaciones (donde se localizan los sensores), para 4 periodos de tiempo en donde se tienen diferentes direcciones del viento. Lo anterior es para evaluar que tan efectiva es la red neuronal en la predicción de la temperatura y humedad absoluta, para rangos de dirección del viento fuera de su rango de entrenamiento.

## 10.2 Metodología

### 10.2.1 Granja experimental

La información utilizada corresponde a un ciclo de producción (84 días) de la estación experimental en Francia “Le Magneraud” localizada en el Oeste (46.15 N, -0.69 W). La granja de pollos tiene un volumen de  $158.4 \text{ m}^3$  con ventilación natural a través de ventanas laterales con una apertura máxima de 0.53 m. En la Figura 10 se muestra el esquema de la granja y la ubicación de los sensores. Las paredes y techo están construidas con espuma con un anel de acero en el exterior del techo. Los pollos se mantienen dentro de la granja durante los primeros 35 días, después de ese tiempo se les permite salir a un patio exterior de las 9:00h -17:00h. La estación experimental cuenta con una estación meteorológica localizada a 30 m afuera de la granja, en donde se miden las variables: velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, y radiación solar. Dentro de la granja se trazó un plano vertical y horizontal para monitorear el clima y la calidad del aire. El plano vertical se define por tres ejes (B, C and D) localizados a 0.7 m, 1.4 m y 2 m del piso. En cada eje se midió la temperatura y humedad relativa interna con un data logger (DL-101T USB, Voltcraft, France). En el plano horizontal se consideraron también tres ejes (A, C and E) a 1.4 m del piso y con distancia entre ellos de 4.75 m; se colocaron seis sensores desde el techo al piso. Los datos exteriores e interiores tienen frecuencia de 10 min durante todo el ciclo de producción.

**Figura 10** Esquema de la granja y localización de sensores



Debido a que la dirección del viento puede influir en las condiciones internas de la granja y en el desarrollo de los pollos, los datos disponibles se dividieron en seis periodos de acuerdo a la dirección del viento descritos en la Tabla 10 y Figura 10.1.

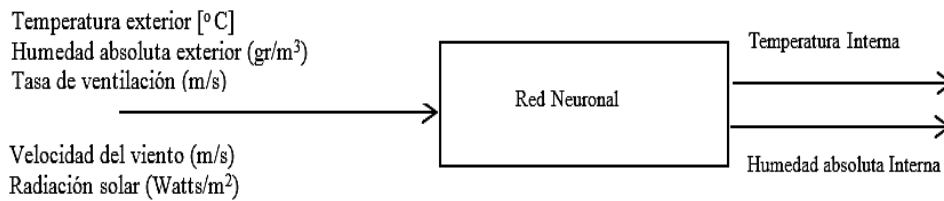
**Tabla 10** Dirección del viento en diferentes periodos

| Periodo                                                 | Dirección del viento                             | Periodo                                                 | Dirección del viento                               |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1: (11 junio 2014, 7 am -13 junio 2014, 2 pm)           | (36.56° -100.5°)<br>Rango=11.8<br>Desv Est=63.64 | 4: (21 junio 2014, 16:29 hrs -23 junio 2014, 18:10 hrs) | 39.25° -282°<br>Rango =242.75<br>Desv Est =40.81   |
| 2: (16 junio 2014, 0.40 hrs-18 junio 2014, 1:10 hrs)    | 40.76° -86.3°<br>Rango =45.54<br>Desv Est =7.75  | 5: (23 junio 2014, 18:20 hrs -25 junio 2014, 20:20 hrs) | 39.74° -294.9°<br>Rango =255.16<br>Desv Est =58.98 |
| 3: (19 junio 2014, 23:30 hrs -21 junio 2014, 15.40 hrs) | 40.57° -105.8°<br>Rango =65.23<br>Desv Est =10.8 | 6: (25 junio 2014, 20:30 -27 junio 2014, 22:10 hrs)     | 149° -275.5°<br>Rango =126.5<br>Desv Est =22.16    |

**10.2.2 Descripción de la red neuronal**

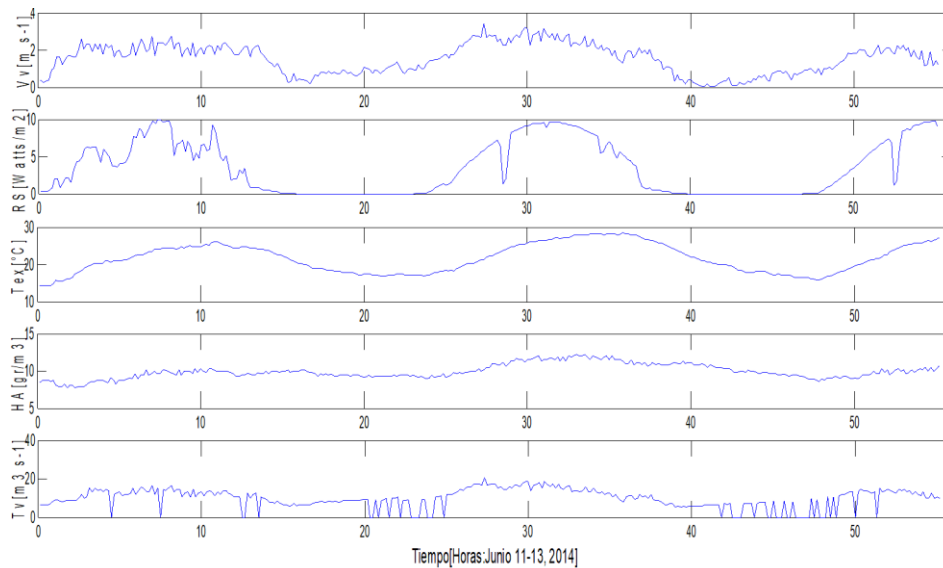
Los datos de los periodos 1 y 2 en los que la dirección del viento se encuentra entre 36.56 ° -100.5°, se utilizaron para entrenar, validar y probar las redes neuronales para las 15 localizaciones descritas en la Figura 10. En la Figura 10.1 se presenta las variables de entrada y salida de las redes neuronales.

**Figura 10.1** Esquema general de la red neuronal utilizada para entrenamiento validación y prueba para las 15 ubicaciones en los periodos 1 y 2 WV'; SR'; Tout'; Ahout'; Ventrat'



El comportamiento de las variables utilizadas como entradas en la red neuronal se despliega en los Gráficos 10 y 10.1 para los periodos 1 y 2.

**Gráfico 10** Comportamiento de las variables externas: flujo de aire, humedad absoluta, temperatura, radiación solar y velocidad del viento para el periodo 1

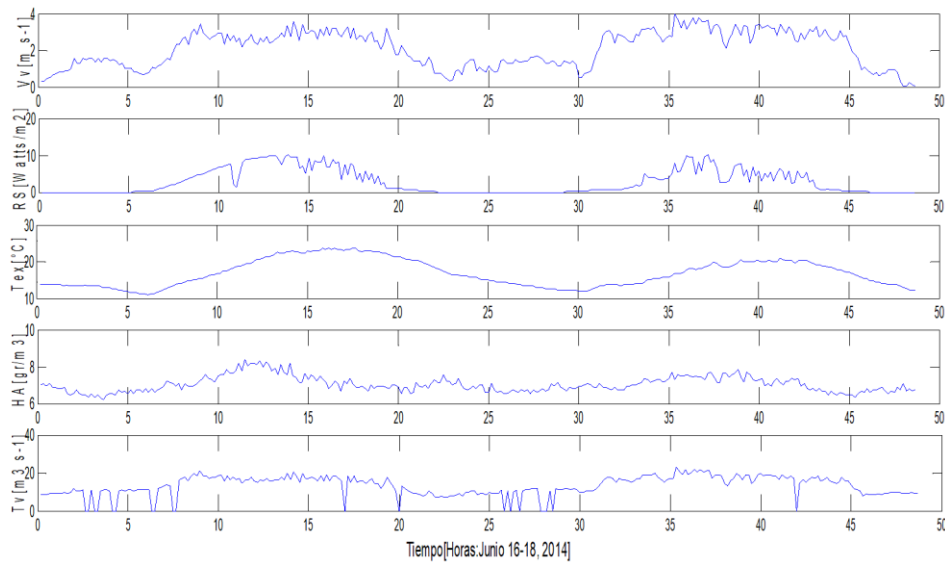


Las redes neuronales construidas, tienen una sola capa oculta y el número máximo de neuronas en la capa oculta se determinó utilizando los siguientes criterios

$$h = \sqrt{mn}; \quad h = n; \quad h = 2n + 1$$

El criterio  $h=2n+1$  propuesto por Hecht-Nielsen (1987), citado por Palazón, y García, (2004). el segundo criterio  $h=\sqrt{mn}$ ; propuesto por Masters, (1993). Finalmente, se probó un criterio adicional intermedio el cual es  $h=n$ ; Dónde:  $h$  es el número máximo de neuronas;  $n$  es el número de variables de entrada y  $m$  es el número de salidas.

**Gráfico 10.1** Comportamiento de las variables externas: flujo de aire, humedad absoluta, temperatura, radiación solar y velocidad del viento para el periodo 2



La función transferencia utilizada fue la Tangente Hiperbólica, la función de entrenamiento fue Levenberg-Marquardt backpropagation y la función de aprendizaje fue la del gradiente descendente por impulso, posteriormente, la información se dividió en tres partes: entrenamiento (60%), validación (20%) y prueba (20%).

### 10.2.3 Medidas de ajuste

Para medir el ajuste del modelo a los datos medidos se calculó el error cuadrado medio, la raíz del error cuadrado medio, el error absoluto y la eficiencia (Wallach et al., 2013).

a) Error cuadrado medio (MSE).

El error cuadrado medio (MSE) es la medida más utilizada, y se define a continuación

$$\text{MSE} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (10)$$

Donde  $y_i$  es el valor medido,  $\hat{y}_i$  el valor simulado y  $n$  el número de mediciones. Debido a que MSE es un promedio de las diferencias al cuadrado, grandes diferencias son muy ponderadas. Es importante verificar si MSE no se debe esencialmente a uno o dos grandes diferencias.

b) Raíz del error cuadrado medio (RMSE).

En ocasiones es más conveniente trabajar con la raíz del error cuadrado medio (RMSE), que tiene las mismas unidades:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{MSE}} \quad (10.1)$$

c) Error absoluto medio.

Una alternativa resumida de la medida del error del modelo, que al igual que MSE evita la compensación entre la sub predicción y sobre predicción, es el error absoluto medio (MAE):

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (10.2)$$

Las unidades de MAE son las mismas que para MSE; no existe sobre ponderación de las grandes diferencias. Así MAE tiene ventajas sobre MSE o RMSE, si el objetivo es simplemente para examinar el error global del modelo (Willmott y Matsuura, 2005).

Una ventaja del MSE es que se puede descomponer en contribuciones separadas. La mayoría de las veces  $\text{MAE} \leq \text{RMSE}$ , y la igualdad sólo se produce si todos los errores que se promediaron son iguales.

d) Eficiencia.

La medida más utilizada y con mayor credibilidad probablemente es el que determina la eficiencia del modelo definido como (Wallach et al., 2013).

$$EF = 1 - \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (10.3)$$

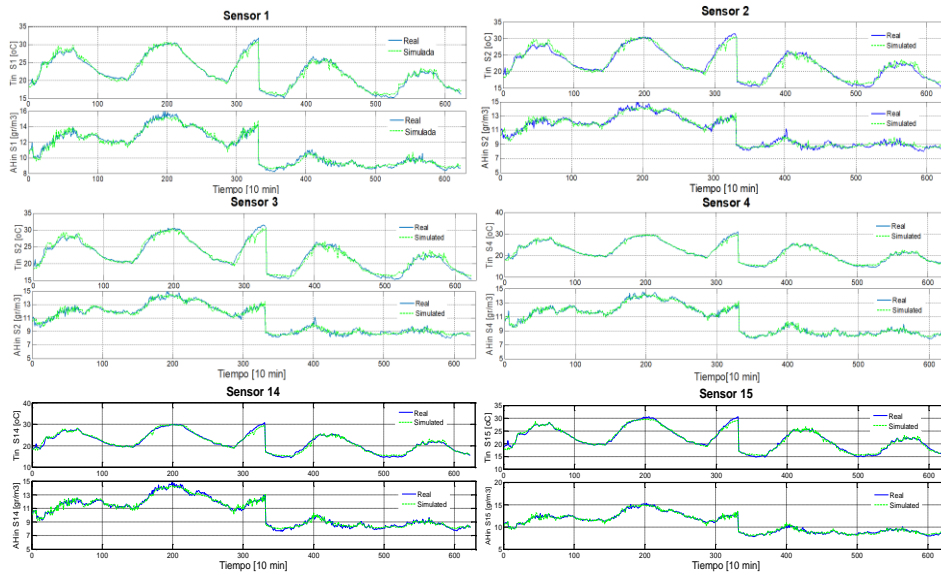
El mismo autor menciona que, si el modelo es perfecto los valores predichos serán igual a los valores observados o medidos ( $Y_i = \hat{Y}_i$ ), por lo tanto, la eficiencia del modelo será  $EF = 1$ . Por otro lado, un modelo con  $EF = 0$  significa que el predictor no es mejor que la esperanza matemática ( $\bar{Y}_i = \hat{Y}_i$ ), por ende, no será un buen modelo, además si  $EF < 0$ , quiere decir que el predictor es peor estimador que la esperanza matemática.

### 10.3 Resultados y discusión

Al desarrollar las tres metodologías para establecer el número máximo de neuronas en la capa oculta, el criterio que tuvo mejor desempeño fue el de  $h=2n+1$ . Se obtuvieron buenos resultados con una red estática con 11 nodos en la capa oculta.

En el Gráfico 10.2 se presenta un ejemplo de la comparación entre los resultados reales y predichos de temperatura y humedad absoluta en el entrenamiento, validación y prueba de la red neuronal para los periodos 1 y 2 y seis ubicaciones.

**Gráfico 10.2** Comparación entre la temperatura y humedad absoluta medidos y predichos para seis sensores, en el entrenamiento validación y prueba de la red neuronal (periodos 1 y 2)



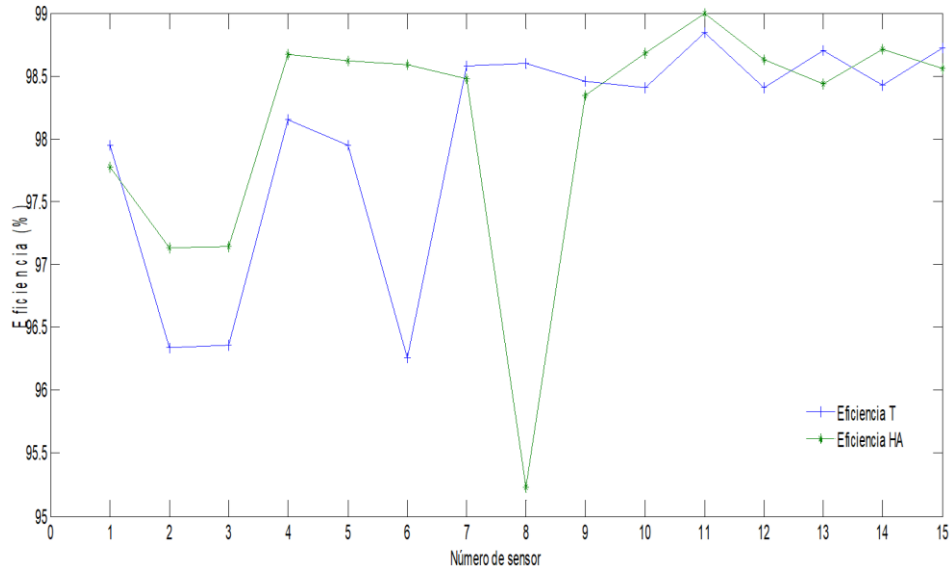
Los resultados de las medidas de ajuste para la temperatura y humedad absoluta dentro de la granja se presentan en la Tabla 10.1.

**Tabla 10.1** Resultados del entrenamiento validación y prueba de la red neuronal para las 15 ubicaciones dentro de la granja

| Sensor | MSET  | RMSET | MAET  | EFT   | MSEAH | RMSEAH | MAEAH | EFAH  | No Iter |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|
| 1      | 0.384 | 0.620 | 0.478 | 0.979 | 0.100 | 0.317  | 0.244 | 0.978 | 54      |
| 2      | 0.677 | 0.823 | 0.609 | 0.963 | 0.112 | 0.335  | 0.257 | 0.971 | 38      |
| 3      | 0.674 | 0.821 | 0.613 | 0.964 | 0.112 | 0.334  | 0.257 | 0.971 | 69      |
| 4      | 0.337 | 0.581 | 0.431 | 0.982 | 0.051 | 0.225  | 0.178 | 0.987 | 99      |
| 5      | 0.387 | 0.622 | 0.441 | 0.979 | 0.060 | 0.245  | 0.185 | 0.986 | 77      |
| 6      | 0.734 | 0.857 | 0.564 | 0.963 | 0.060 | 0.245  | 0.186 | 0.986 | 80      |
| 7      | 0.258 | 0.508 | 0.374 | 0.986 | 0.067 | 0.259  | 0.199 | 0.985 | 76      |
| 8      | 0.261 | 0.511 | 0.376 | 0.986 | 0.186 | 0.431  | 0.341 | 0.952 | 111     |
| 9      | 0.286 | 0.535 | 0.397 | 0.985 | 0.064 | 0.253  | 0.198 | 0.983 | 58      |
| 10     | 0.299 | 0.547 | 0.417 | 0.984 | 0.065 | 0.254  | 0.196 | 0.987 | 73      |
| 11     | 0.219 | 0.468 | 0.359 | 0.988 | 0.046 | 0.215  | 0.167 | 0.990 | 94      |
| 12     | 0.295 | 0.543 | 0.424 | 0.984 | 0.055 | 0.235  | 0.180 | 0.986 | 75      |
| 13     | 0.237 | 0.487 | 0.368 | 0.987 | 0.062 | 0.249  | 0.193 | 0.984 | 85      |
| 14     | 0.292 | 0.540 | 0.405 | 0.984 | 0.050 | 0.225  | 0.176 | 0.987 | 73      |
| 15     | 0.240 | 0.489 | 0.366 | 0.987 | 0.060 | 0.245  | 0.187 | 0.986 | 75      |

La eficiencia del modelo para el periodo 1 y 2, oscila entre 0.971 y 0.99 para el caso de la temperatura y entre 0.952 y 0.99 para humedad absoluta (Gráfico 10.3).

**Gráfico 10.3** Eficiencia del modelo de redes neuronales en la predicción de temperatura y humedad absoluta dentro de la granja, en los periodos 1 y 2



**Tabla 10.2** Medidas de ajuste en la simulación del periodo 3 para los 15 sensores

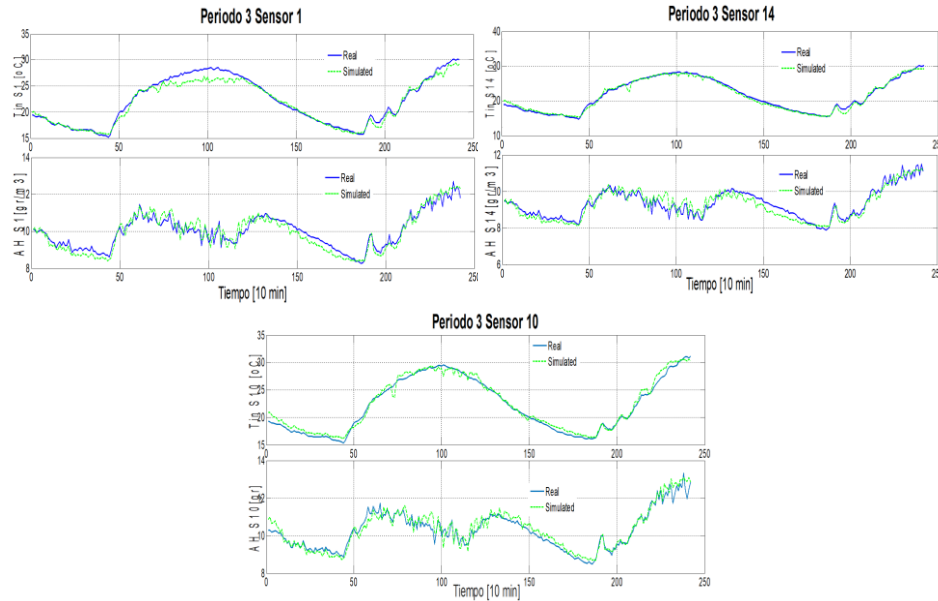
| MEDIDAS DE AJUSTE PREDICCIÓN PERIODO 3 |       |       |       |       |       |        |       |       |
|----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Sensor                                 | MSET  | RMSET | MAET  | EFT   | MSEAH | RMSEAH | MAEAH | EFAH  |
| 1                                      | 1.105 | 1.051 | 0.779 | 0.945 | 0.070 | 0.264  | 0.199 | 0.916 |
| 2                                      | 0.795 | 0.892 | 0.684 | 0.959 | 0.161 | 0.401  | 0.322 | 0.723 |
| 3                                      | 1.100 | 1.049 | 0.774 | 0.948 | 0.058 | 0.240  | 0.184 | 0.913 |
| 4                                      | 0.266 | 0.516 | 0.391 | 0.987 | 0.193 | 0.439  | 0.324 | 0.671 |
| 5                                      | 0.952 | 0.976 | 0.670 | 0.951 | 0.070 | 0.264  | 0.205 | 0.903 |
| 6                                      | 3.137 | 1.771 | 0.969 | 0.860 | 0.141 | 0.376  | 0.264 | 0.832 |
| 7                                      | 0.417 | 0.646 | 0.498 | 0.980 | 0.076 | 0.275  | 0.216 | 0.909 |
| 8                                      | 0.670 | 0.819 | 0.597 | 0.967 | 0.136 | 0.369  | 0.290 | 0.782 |
| 9                                      | 0.788 | 0.888 | 0.672 | 0.961 | 0.065 | 0.254  | 0.194 | 0.891 |
| 10                                     | 0.441 | 0.664 | 0.538 | 0.981 | 0.090 | 0.299  | 0.232 | 0.911 |
| 11                                     | 0.399 | 0.632 | 0.496 | 0.982 | 0.052 | 0.228  | 0.165 | 0.949 |
| 12                                     | 0.729 | 0.854 | 0.730 | 0.965 | 0.182 | 0.426  | 0.330 | 0.739 |
| 13                                     | 0.364 | 0.603 | 0.483 | 0.982 | 0.069 | 0.263  | 0.196 | 0.883 |
| 14                                     | 0.274 | 0.523 | 0.401 | 0.987 | 0.079 | 0.281  | 0.229 | 0.871 |
| 15                                     | 0.563 | 0.750 | 0.640 | 0.974 | 0.050 | 0.223  | 0.169 | 0.926 |

Con el fin de evaluar la utilidad de los modelos de redes neuronales, en la predicción de variables climáticas para periodos de dirección del viento más allá de los valores para los cuales fue entrenada la red, se simuló el comportamiento de la temperatura y humedad absoluta dentro de la granja en los periodos 3-6. El modelo predice bien en la mayoría de los sensores del periodo 3, como se muestra en el Cuadro 3, la eficiencia del modelo en el caso de la simulación de temperatura oscilo entre 0.86 (sensor 6 al este) y 0.987 (sensores 4 al este y 14 en el centro), y para el caso de la humedad absoluta oscilo entre 0.67 (sensor 4 al este) y 0.949 (sensor 11 al oeste), ubicaciones que incluyen los dos extremos y centro de la granja, cabe señalar que el periodo 3 contiene los datos de dirección del viento más cercanos a los valores para los cuales fue entrenada la red.



Un ejemplo del desempeño en la simulación del periodo 3 en el caso de 6 sensores se muestra en el Gráfico 10.4, para casi dos días. Se observa en general un buen desempeño de la red, el modelo concuerda con la tendencia de los datos reales.

**Gráfico 10.4** Desempeño en la simulación de los sensores 1(este), 14(centro) y 10 (oeste) del periodo 3



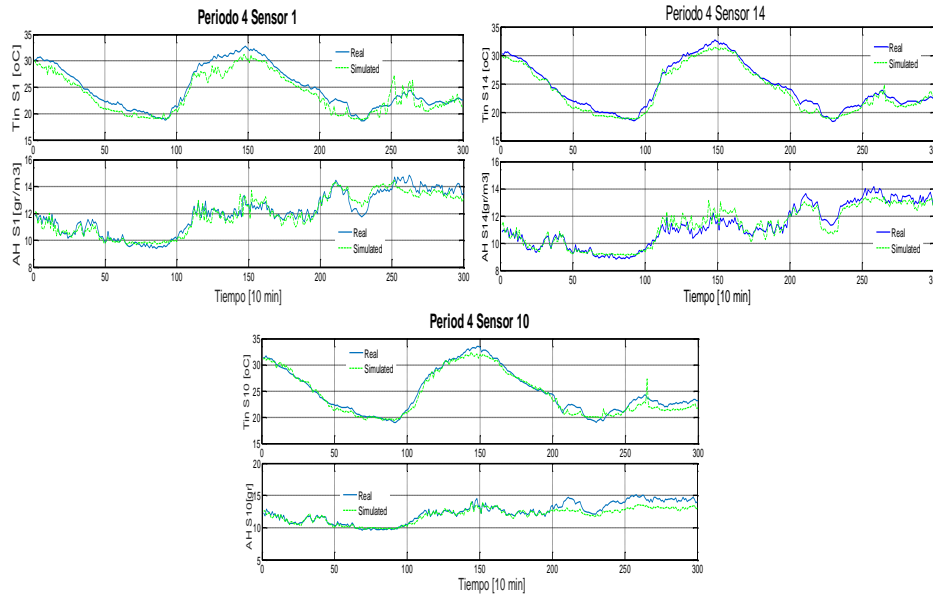
A continuación se presentan los resultados para el periodo 4, que incluye direcciones de viento entre  $39.25^{\circ}$  - $282^{\circ}$ . En el periodo 4, la eficiencia del modelo en el caso de la simulación de temperatura oscila entre 0.43 (sensor 3 al oeste) y 0.99 (sensor 4 al este), y para el caso de la humedad absoluta oscila entre 0.75 (sensor 10 al este) y 0.97 (sensor 5 y 6 al este). A pesar de que la dirección del viento en este periodo se incrementa hasta  $282^{\circ}$ , la eficiencia obtenida en la predicción de las variables fue aceptable.

**Tabla 10.3** Medidas de ajuste en la simulación del periodo 4 para los 15 sensores

| MEDIDAS DE AJUSTE PREDICCIÓN PERIODO 4 |      |       |      |      |       |        |       |      |
|----------------------------------------|------|-------|------|------|-------|--------|-------|------|
| Sensor                                 | MSET | RMSET | MAET | EFT  | MSEAH | RMSEAH | MAEAH | EFAH |
| 1                                      | 2.15 | 1.47  | 1.22 | 0.87 | 0.19  | 0.44   | 0.35  | 0.91 |
| 2                                      | 4.82 | 2.19  | 1.80 | 0.69 | 0.30  | 0.55   | 0.42  | 0.88 |
| 3                                      | 8.17 | 2.86  | 1.90 | 0.49 | 0.10  | 0.32   | 0.24  | 0.96 |
| 4                                      | 0.24 | 0.49  | 0.39 | 0.99 | 0.11  | 0.33   | 0.26  | 0.95 |
| 5                                      | 0.26 | 0.51  | 0.36 | 0.98 | 0.07  | 0.27   | 0.20  | 0.97 |
| 6                                      | 0.31 | 0.56  | 0.41 | 0.98 | 0.07  | 0.26   | 0.20  | 0.97 |
| 7                                      | 1.82 | 1.35  | 1.06 | 0.89 | 0.30  | 0.55   | 0.43  | 0.86 |
| 8                                      | 1.30 | 1.14  | 0.96 | 0.92 | 0.23  | 0.48   | 0.35  | 0.90 |
| 9                                      | 1.19 | 1.09  | 0.81 | 0.92 | 0.26  | 0.51   | 0.39  | 0.90 |
| 10                                     | 0.70 | 0.84  | 0.66 | 0.96 | 0.59  | 0.77   | 0.55  | 0.75 |
| 11                                     | 0.44 | 0.66  | 0.55 | 0.97 | 0.23  | 0.48   | 0.39  | 0.89 |
| 12                                     | 7.06 | 2.66  | 1.77 | 0.56 | 0.18  | 0.42   | 0.32  | 0.92 |
| 13                                     | 2.90 | 1.70  | 1.24 | 0.82 | 0.18  | 0.42   | 0.30  | 0.92 |
| 14                                     | 0.68 | 0.83  | 0.70 | 0.96 | 0.18  | 0.43   | 0.34  | 0.92 |
| 15                                     | 2.60 | 1.61  | 1.08 | 0.84 | 0.17  | 0.41   | 0.30  | 0.93 |

En el Gráfico 10.5 se presenta la comparación entre los valores reales y simulados para 3 sensores.

**Gráfico 10.5** Desempeño en la simulación de los sensores 1 (este), 14 (centro) y 10 (oeste) del periodo 4



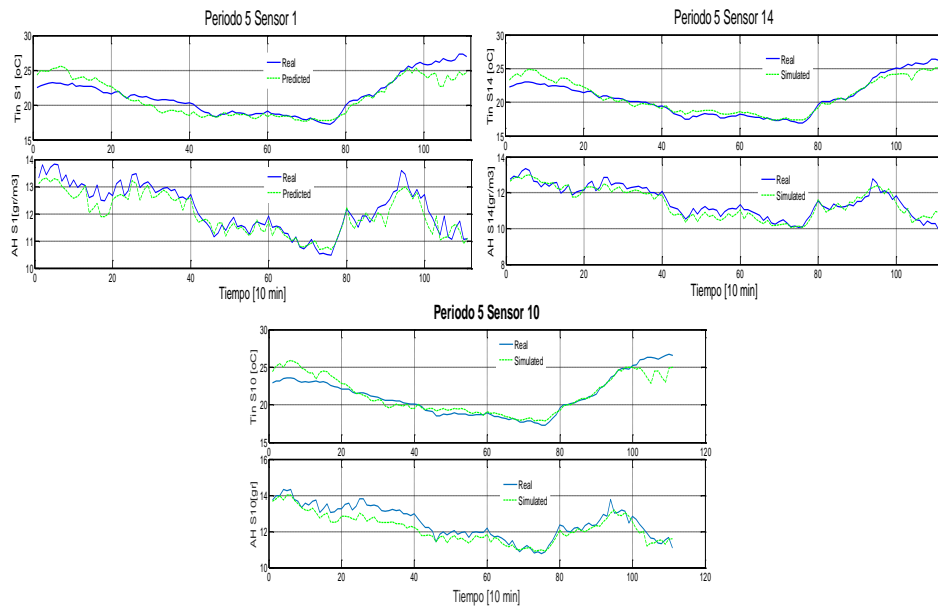
A pesar de que el periodo 4 incluye valores de dirección de viento mucho mas elevados que la dirección del viento utilizada en el desarrollo del modelo, se obtuvieron muy buenos resultados como se muestra en el Gráfico 10.6, donde se seleccionaron 3 ubicaciones representativas del invernadero. Los resultados para el periodo 5, que incluye direcciones de viento entre  $39.74^\circ$  - $294.9^\circ$  se presentan en la Tabla 10.4 y Gráfico 10.6.

**Tabla 10.4** Medidas de ajuste en la simulación del periodo 5 para los 15 sensores

|        | MEDIDAS DE AJUSTE PREDICCIÓN PERIODO 5 |       |      |      |       |        |       |      |
|--------|----------------------------------------|-------|------|------|-------|--------|-------|------|
| Sensor | MSET                                   | RMSET | MAET | EFT  | MSEAH | RMSEAH | MAEAH | EFAH |
| 1      | 1.58                                   | 1.26  | 0.94 | 0.78 | 0.11  | 0.34   | 0.26  | 0.85 |
| 2      | 4.03                                   | 2.01  | 1.60 | 0.47 | 0.22  | 0.46   | 0.40  | 0.74 |
| 3      | 1.20                                   | 1.09  | 0.89 | 0.84 | 0.26  | 0.51   | 0.44  | 0.69 |
| 4      | 0.34                                   | 0.59  | 0.44 | 0.95 | 0.06  | 0.25   | 0.19  | 0.91 |
| 5      | 0.28                                   | 0.53  | 0.41 | 0.96 | 0.07  | 0.26   | 0.20  | 0.91 |
| 6      | 0.61                                   | 0.78  | 0.49 | 0.95 | 0.05  | 0.23   | 0.17  | 0.94 |
| 7      | 1.21                                   | 1.10  | 0.80 | 0.83 | 0.09  | 0.30   | 0.24  | 0.88 |
| 8      | 2.49                                   | 1.58  | 1.26 | 0.67 | 0.09  | 0.29   | 0.25  | 0.89 |
| 9      | 1.65                                   | 1.29  | 1.00 | 0.80 | 0.27  | 0.52   | 0.42  | 0.69 |
| 10     | 1.09                                   | 1.05  | 0.72 | 0.84 | 0.18  | 0.43   | 0.35  | 0.78 |
| 11     | 0.63                                   | 0.80  | 0.61 | 0.91 | 0.13  | 0.36   | 0.30  | 0.85 |
| 12     | 2.21                                   | 1.49  | 1.25 | 0.73 | 0.12  | 0.35   | 0.29  | 0.86 |
| 13     | 1.28                                   | 1.13  | 0.85 | 0.82 | 0.09  | 0.30   | 0.24  | 0.89 |
| 14     | 0.60                                   | 0.78  | 0.60 | 0.92 | 0.08  | 0.29   | 0.24  | 0.89 |
| 15     | 1.73                                   | 1.32  | 1.19 | 0.77 | 0.08  | 0.29   | 0.24  | 0.90 |

En el periodo 5, la eficiencia del modelo en la simulación de temperatura oscila entre 0.47 (sensor 2 centro) y 0.96 (sensor 5 al este), y para el caso de la humedad absoluta oscilo entre 0.69 (sensor 3 al oeste y sensor 9 en el centro) y 0.94 (sensor 6 al este). Aunque la dirección del viento en este periodo se incrementa hasta 294.9°, los resultados de predicción en este periodo fueron buenas para casi todas las posiciones de los sensores.

**Gráfico 10.6** Desempeño en la simulación de los sensores 1(este), 14(centro) y 10 (oeste) del periodo 5

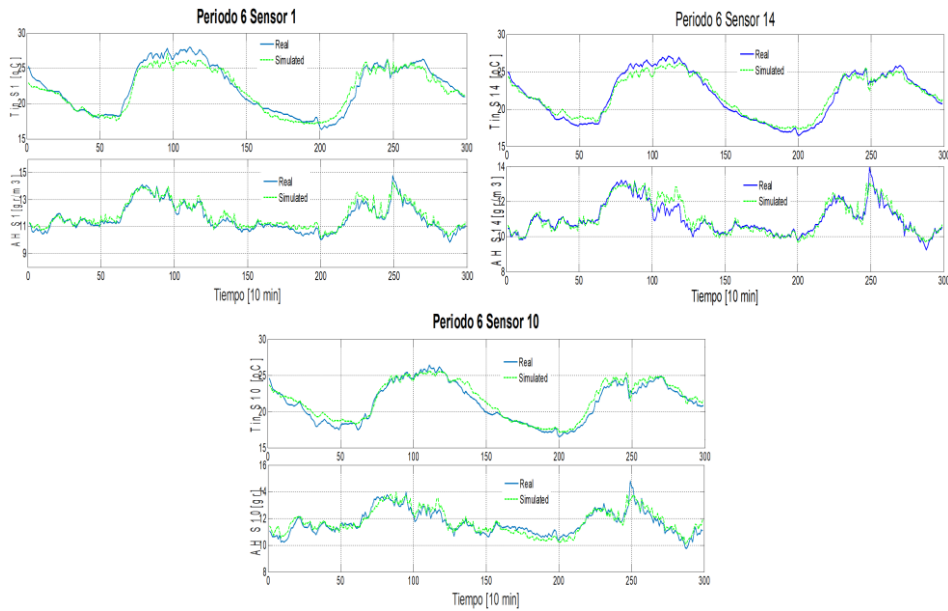


Para el periodo 6, la eficiencia del modelo en la simulación de temperatura oscila entre 0.89 (sensor 5 al este) y 0.98 (sensor 4 y 5 al este), y para el caso de la humedad absoluta oscilo entre 0.55 (sensor 9 en el centro) y 0.95 (sensor 5 y 6 al este). En este periodo la dirección del viento (149° -275.5°) se encuentra fuera de los límites para los cuales fue entrenada la red (Tabla 10.5).

**Tabla 10.5** Medidas de ajuste en la simulación del periodo 6 para los 15 sensores

| MEDIDAS DE AJUSTE PREDICCIÓN PERIODO 6 |      |       |      |      |       |        |       |      |
|----------------------------------------|------|-------|------|------|-------|--------|-------|------|
| Sensor                                 | MSET | RMSET | MAET | EFT  | MSEAH | RMSEAH | MAEAH | EFAH |
| 1                                      | 0.83 | 0.91  | 0.73 | 0.93 | 0.09  | 0.31   | 0.24  | 0.91 |
| 2                                      | 0.89 | 0.94  | 0.75 | 0.90 | 0.25  | 0.50   | 0.40  | 0.69 |
| 3                                      | 0.67 | 0.82  | 0.69 | 0.93 | 0.09  | 0.30   | 0.24  | 0.88 |
| 4                                      | 0.24 | 0.49  | 0.37 | 0.98 | 0.05  | 0.22   | 0.17  | 0.94 |
| 5                                      | 0.24 | 0.49  | 0.38 | 0.98 | 0.05  | 0.22   | 0.17  | 0.95 |
| 6                                      | 0.43 | 0.66  | 0.42 | 0.97 | 0.06  | 0.24   | 0.18  | 0.95 |
| 7                                      | 0.63 | 0.80  | 0.62 | 0.94 | 0.06  | 0.24   | 0.17  | 0.94 |
| 8                                      | 0.58 | 0.76  | 0.61 | 0.94 | 0.20  | 0.45   | 0.37  | 0.74 |
| 9                                      | 0.82 | 0.91  | 0.72 | 0.91 | 0.37  | 0.61   | 0.47  | 0.55 |
| 10                                     | 0.47 | 0.69  | 0.56 | 0.94 | 0.13  | 0.36   | 0.29  | 0.85 |
| 11                                     | 0.48 | 0.69  | 0.57 | 0.95 | 0.08  | 0.28   | 0.23  | 0.92 |
| 12                                     | 0.77 | 0.88  | 0.77 | 0.93 | 0.15  | 0.38   | 0.31  | 0.84 |
| 13                                     | 0.59 | 0.77  | 0.62 | 0.95 | 0.09  | 0.30   | 0.24  | 0.90 |
| 14                                     | 0.42 | 0.65  | 0.54 | 0.96 | 0.10  | 0.32   | 0.22  | 0.87 |
| 15                                     | 1.13 | 1.06  | 0.92 | 0.89 | 0.11  | 0.34   | 0.29  | 0.87 |

**Figura 10.7** Desempeño en la simulación de los sensores 1(este), 14(centro) y 10 (oeste) del periodo 6



La red neuronal construida tuvo un buen desempeño incluso para periodos en los cuales la dirección del viento estuvo muy por encima de la dirección del viento para la que fue entrenada.

**Tabla 10.6** Orden del sensor de temperatura con mayor eficiencia al de menor eficiencia en cada periodo

| ORDEN DEL SENSOR CON BASE EN LA EFICIENCIA |            |           |            |           |            |           |            |
|--------------------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| TEMPERATURA                                |            |           |            |           |            |           |            |
|                                            | P3         |           | P4         |           | P5         |           | P6         |
| No sensor                                  | Eficiencia | No sensor | Eficiencia | No sensor | Eficiencia | No sensor | Eficiencia |
| 14                                         | 0.99       | 4         | 0.99       | 5         | 0.96       | 4         | 0.98       |
| 4                                          | 0.99       | 5         | 0.98       | 4         | 0.95       | 5         | 0.98       |
| 13                                         | 0.98       | 6         | 0.98       | 6         | 0.95       | 6         | 0.97       |
| 11                                         | 0.98       | 11        | 0.97       | 14        | 0.92       | 14        | 0.96       |
| 10                                         | 0.98       | 10        | 0.96       | 11        | 0.91       | 11        | 0.95       |
| 7                                          | 0.98       | 14        | 0.96       | 10        | 0.84       | 13        | 0.95       |
| 15                                         | 0.97       | 9         | 0.92       | 3         | 0.84       | 8         | 0.94       |
| 8                                          | 0.97       | 8         | 0.92       | 7         | 0.83       | 7         | 0.94       |
| 12                                         | 0.97       | 7         | 0.89       | 13        | 0.82       | 10        | 0.94       |
| 9                                          | 0.96       | 1         | 0.87       | 9         | 0.80       | 12        | 0.93       |
| 2                                          | 0.96       | 15        | 0.84       | 1         | 0.78       | 1         | 0.93       |
| 5                                          | 0.95       | 13        | 0.82       | 15        | 0.77       | 3         | 0.93       |
| 3                                          | 0.95       | 2         | 0.69       | 12        | 0.73       | 9         | 0.91       |
| 1                                          | 0.94       | 12        | 0.56       | 8         | 0.67       | 2         | 0.90       |
| 6                                          | 0.86       | 3         | 0.49       | 2         | 0.47       | 15        | 0.89       |

**Tabla 10.7** Orden del sensor de humedad absoluta con mayor eficiencia al de menor eficiencia en cada periodo

| ORDEN DEL SENSOR CON BASE EN LA EFICIENCIA |            |           |            |           |            |           |            |
|--------------------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| HUMEDAD ABSOLUTA                           |            |           |            |           |            |           |            |
| P3                                         |            | P4        |            | P5        |            | P6        |            |
| No sensor                                  | Eficiencia | No sensor | Eficiencia | No sensor | Eficiencia | No sensor | Eficiencia |
| 11                                         | 0.95       | 6         | 0.97       | 6         | 0.94       | 5         | 0.95       |
| 15                                         | 0.93       | 5         | 0.97       | 5         | 0.91       | 6         | 0.95       |
| 1                                          | 0.92       | 3         | 0.96       | 4         | 0.91       | 4         | 0.94       |
| 3                                          | 0.91       | 4         | 0.95       | 15        | 0.90       | 7         | 0.94       |
| 10                                         | 0.91       | 15        | 0.93       | 8         | 0.89       | 11        | 0.92       |
| 7                                          | 0.91       | 13        | 0.92       | 13        | 0.89       | 1         | 0.91       |
| 5                                          | 0.90       | 12        | 0.92       | 14        | 0.89       | 13        | 0.90       |
| 9                                          | 0.89       | 14        | 0.92       | 7         | 0.88       | 3         | 0.88       |
| 13                                         | 0.88       | 1         | 0.91       | 12        | 0.86       | 14        | 0.87       |
| 14                                         | 0.87       | 8         | 0.90       | 1         | 0.85       | 15        | 0.87       |
| 6                                          | 0.83       | 9         | 0.90       | 11        | 0.85       | 10        | 0.85       |
| 8                                          | 0.78       | 11        | 0.89       | 10        | 0.78       | 12        | 0.84       |
| 12                                         | 0.74       | 2         | 0.88       | 2         | 0.74       | 8         | 0.74       |
| 2                                          | 0.72       | 7         | 0.86       | 3         | 0.69       | 2         | 0.69       |
| 4                                          | 0.67       | 10        | 0.75       | 9         | 0.69       | 9         | 0.55       |

#### 10.4 Conclusiones

Se desarrollaron 15 redes neuronales estáticas MLP, con 11 nodos en la capa oculta para predecir el clima dentro de una granja de pollos en 15 diferentes ubicaciones, utilizando datos experimentales del interior y exterior pero fijando la dirección del viento en un rango de  $36.56^\circ$  a  $100.5^\circ$ , las cuales mostraron una eficiencia alta en el entrenamiento, validación y prueba. Las redes fueron capaces de simular los valores de temperatura y humedad absoluta, para periodos en donde la dirección del viento fue diferente de aquellas para las cuales fueron entrenadas.

En el periodo 3 donde la dirección del viento se encuentra entre  $40.57^\circ$  -  $105.8^\circ$ , dentro del periodo de dirección del viento para el cual fue entrenada la red, se observó un buen resultado en la predicción de temperatura, a excepción de la ubicación 6 al este de la granja, en el caso de la humedad absoluta el modelo no simuló muy bien en las ubicaciones 2 y 8 en el centro, 4 en el este, y 12 al oeste, es decir no se encuentra un patrón de comportamiento en donde se pueda sugerir que el modelo no simula bien para una ubicación en particular. Respecto al periodo 4 con direcciones del viento entre  $39.25^\circ$  -  $282^\circ$ , se obtuvieron mejores resultados en la simulación de la humedad absoluta, únicamente la ubicación 10 en el oeste se obtuvo una eficiencia menor a 0.8, en el caso de la temperatura tres ubicaciones tuvieron eficiencias menores a 0.8, la ubicación 2 en el centro, 3 y 12 al oeste.

Como era de esperarse, cuando la dirección del viento se encuentra en valores más alejados para los cuales fue entrenada la red como el periodo 5 con direcciones del viento entre  $39.74^\circ$  -  $294.9^\circ$ , para la simulación de temperatura se obtuvieron eficiencias menores a 0.8, en las ubicaciones 1 al este, 2 y 8 al centro y 12 y 15 al oeste, mientras que en la simulación de la humedad absoluta se tienen eficiencias debajo de 0.8 en las ubicaciones 2, 9 en el centro y 3, 19 en el oeste. Por último, el periodo 6 con direcciones del viento entre  $149^\circ$  -  $275.5^\circ$  que se encuentra totalmente fuera de las direcciones del viento para las cuales fue entrenada la red, la eficiencia fue menor a 0.8 en las ubicaciones 2, 4 y 12 en el caso de la humedad absoluta. Sin embargo, en este periodo las medidas de ajuste entre lo real y predicho por la red fueron muy buenas.

Cuando la red neuronal no tiene buenos resultados en la simulación de algunas ubicaciones, significa que en esas ubicaciones es indispensable contar con el sensor. Del análisis anterior se deduce que los sensores 2 y 12 son indispensables en la medición de la temperatura, mientras que los sensores 2, 10 y 4 son indispensables en la medición de la humedad absoluta. Otra interpretación es que en esas ubicaciones habría que calibrar o ajustar dichos sensores.

### 10.5 Referencias

Govindaraju, R. S. (2000). Artificial neural networks in hydrology. I: Preliminary concepts. *Journal of Hydrologic Engineering*, 5(2), 115-123.

Brío, M. B., Sanz, M. A. (2007). *Redes Neuronales y Sistemas Borrosos*. Alfaomega grupo editor. Tercera edición. México. 404 p.

Kulacov, A., Davcev, D. Intelligent Aggregation in sensor networks using artificial neural networks algorithms. *NSTI-Nanotech 2005*, www.nsti.org, ISBN 0-9767985-2-2 Vol. 3, 2005.

Masters, T. (1993). *Practical neural network recipes in C++*. Morgan KaufmRNA. 490p.

Palazón, G. J., García, G.A. (2004). Modelado de series climatológicas mediante una red neuronal artificial, *Ingeniería del Agua*, 11 (1).

Sefat, M. Y., Borgaee, A. M., Beheshti, B., & Bakhoda, H. (2014). Application of Artificial Neural Network (ANN) for Modelling the Economic Efficiency of Broiler Production Units. *Indian Journal of Science and Technology*, 7(11), 1820-1826.

Veselý, A. (2011). Economic classification and regression problems and neural networks. *Agricultural Economics (Zemědělská Ekonomika)*, 57(3), 150-157.

Wallach, D., Makowski, D., Jones, J. W., & Brun, F. (2013). *Working with Dynamic Crop Models: Methods, Tools and Examples for Agriculture and Environment*. Academic Press. 487 p.

Yildirim, I., Ozsahin, S., & Akyuz, K. C. (2011). Prediction of the Financial Return of the Paper Sector with Artificial Neural Networks. *BioResources*, 6 (4).

## **Apéndice A. Consejo Editor ECORFAN**

ANGELES-CASTRO, Gerardo. PhD  
Instituto Politécnico Nacional, México

MANRIQUEZ-CAMPOS, Irma. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México, México

PERALTA-FERRIZ, Cecilia. PhD  
Washington University, EUA

PALACIO, Juan. PhD  
University of St. Gallen, Suiza

DAVID-FELDMAN, German. PhD  
Johann Wolfgang Goethe Universität, Alemania

GUZMÁN-SALA, Andrés. PhD  
Université de Perpignan, Francia

VARGAS-HERNÁNDEZ, José. PhD  
Keele University, Inglaterra

AZIZ-POSWAL, Bilal. PhD  
University of the Punjab, Pakistan

VILLASANTE, Sebastian. PhD  
Royal Swedish Academy of Sciences, Suecia

PIRES-FERREIRA-MARÃO, José. PhD  
Federal University of Maranhão, Brasil

RAÚL-CHAPARRO, Germán. PhD  
Universidad Central, Colombia

QUINTANILLA-CÓNDOR, Cerapio. PhD  
Universidad Nacional de Huancavelica, Perú

GARCÍA-ESPINOSA, Cecilia. PhD  
Universidad Península de Santa Elena, Ecuador

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco. PhD  
University José Matías Delgado, El Salvador

GUZMÁN-HURTADO, Juan. PhD  
Universidad Real y Pontifica de San Francisco Xavier, Bolivia

NUÑEZ-SELLES, Alberto. PhD  
Universidad Evangelica Nacional, Republica Dominicana

ESCOBEDO-BONILLA, Cesar Marcial. PhD  
Universidad de Gante, Belgica

ARMADO-MATUTE, Arnaldo José. PhD  
Universidad de Carabobo, Venezuela

GALICIA-PALACIOS, Alexander. PhD  
Instituto Politécnico Nacional, México

NAVARRO-FRÓMETA, Enrique. PhD  
Instituto Azerbaidzhan de Petróleo y Química Azizbekov, Rusia

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco. PhD  
University José Matías Delgado, El Salvador

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD  
Universidad de Concepción, Chile, Chile

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín. PhD  
Universidad de la Habana, Cuba.

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD  
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

HIRA, Anil. PhD  
Simon Fraser University, Canada

MIRANDA-GARCÍA, Marta. PhD  
Universidad Complutense de Madrid, España

LUFUNDISU- BADENGO, Patrick. BsC  
Institut Superieur de Techniques Appliquee, Republica Democratica del Congo

DUARTE, Oscar Mauricio  
Higher Institute of Economics "Karl Marx" in Sofia, Bulgaria

OCAÑA, Ely. MsC  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Republica de Guatemala

CANTEROS, Cristina. PhD  
Instituto Nacional de Enfermedades Ifecciosas-ANLIS "Dr. Carlos G. Malbrán", Argentina

NARVÁEZ-SOLÍS, Concepción. MsC  
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Republica de Nicaragua

CANDIDO-GONZALES, Bogarin. BsC  
Universidad Nacional de Asunción, Paraguay



GANDICA-DE ROA, Elizabeth. PhD  
Universidad Católica del Uruguay, Uruguay

BANERJEE, Bidisha. MsC  
Amity University, India

## **Apéndice B. Comité Arbitral ECORFAN**

HERNANDEZ-MARTÍNEZ, Rufina PhD  
University of California, EUA

DE AZEVEDO-JUNIOR, Wladimir Colman. PhD  
Federal University of Mato Grosso, Brasil

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD.  
Universidad Centroamericana, Nicaragua

MARTINEZ-BRAVO, Oscar Mario. PhD  
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica-UNAM

GONZALEZ-TORRIVILLA, Cesar Castor. PhD  
Universidad Central de Venezuela Venezuela

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín. PhD  
Universidad de la Habana

YAN-TSAI, Jeng. PhD  
Tampkang University, Taiwan.

POSADA-GOMEZ, Rubén. PhD  
Institut National Polytechnique de la Lorraine, Francia

SOTERO-SOLIS, Victor Erasmo. PhD  
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Perú

GONZÁLEZ-IBARRA, Miguel Rodrigo. PhD  
Universidad Nacional Autónoma de México, México

MONTERO-PANTOJA, Carlos. PhD  
Universidad de Valladolid, España

RAMIREZ-MARTINEZ, Ivonne. PhD  
Universidad Andina Simón Bolívar, Bolivia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD  
Università Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

ALVAREZ-ECHEVERRÍA, Francisco. PhD  
Universidad José Matías Delgado, El Salvador

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD  
Universidad de Guayaquil, Ecuador

