

ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS: VALORES ACTUALES Y VALOR OBJETIVO DE ENTRADAS EN MÓDULOS DE EL DISTRITO DE RIEGO NO. 041, RÍO YAQUI (SONORA, MÉXICO)



VICTOR MANUEL OLMEDO VAZQUEZ

Emilio Camacho Poyato, Juan Antonio Rodríguez Díaz,
Ma. Leticia Hernández Hernández, Waldo Ojeda Bustamante.

30/11/2017

1. Antecedentes del Análisis Envolverte de Datos (DEA).
2. Situación del agua de riego en el DRRY 041.
3. Propósito de la investigación.
4. Análisis Envolverte de Datos (DEA-BCC), orientación a entradas.
5. Rendimientos a escala (constantes, crecientes o decrecientes).
6. Objetivo de la investigación.
7. Estimación del valor objetivo de las variables.
8. Resultados.
9. Conclusiones.

ANTECEDENTES DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

1. DEA ha sido aplicado a temas de eficiencia; por ejemplo, **Guang et al. (2013)** estudiaron la eficiencia en explotaciones mineras, eligiendo ocho empresas de carbón diferentes en China como unidades de toma de decisiones.
2. **Rodríguez (2003)**, toma como salida el valor total de la producción agrícola (€) y como entradas, tres factores como son la superficie puesta en riego (ha), la mano de obra empleada (UTA) y el volumen total de agua aplicada en el área de riego (hm³), concluyendo que DEA es una herramienta de gran utilidad para la detección de ineficiencias locales, así como de posibilidades de mejora para las zonas con mayor potencial de crecimiento.
3. **Ntontos y Karpouzou (2010)**, analizaron en, la llanura Tesalónica de Grecia, un marco de referencia para la evaluación de desempeño de sistemas de riegos.
4. **Banaeian et al. (2010)**, usaron DEA para clasificar a los agricultores de nuez eficientes e ineficientes en la provincia de Hamadan, Irán, en base al uso de fertilización.
5. **Mahdhi et al. (2013)**; utiliza para evaluar la eficiencia de las Asociaciones de Usuarios de Agua (AUA) y para evaluar las eficiencias de gestión e ingeniería.
6. Para el caso de México y más cercano al tema agrícola podemos citar el estudio sobre la Eficiencia técnica del sector agropecuario realizado por **Becerril et al. (2011)**, quienes aplican la metodología del DEA, e incluyen actividades de agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza.
7. Otro estudio también en México basado en el Análisis Envolvente de Datos, fue el desarrollado por **Celso y Cortés (2010)**, el cual ofrece una primera aproximación a las condiciones de Eficiencia Técnica Relativa (ETR) que prevalecen en 57 ingenios azucareros del país, con el apoyo de una función de producción empírica.
8. **Ayvar Campos et al. (2015)** estudiaron la eficiencia en la generación de bienestar social de 38 economías latinoamericanas durante el período 1990-2014. Usando el Análisis Envolvente de Datos (DEA), tomando como referencia los indicadores socioeconómicos del desarrollo humano.
9. **Navarro Chávez et al. (2016)**, utilizaron Análisis Envolvente de Datos (DEA) con badoutputs; donde el objetivo fue determinar el nivel de eficiencia de 24 países latinoamericanos en la generación de desarrollo económico y en la disminución del volumen internacional de migrantes entre 1980 y 2013.

SITUACIÓN DEL AGUA DE RIEGO

Distrito de Riego No. 041, Río Yaqui

- 220 mil hectáreas en producción.
- 6,617 Mm³ capacidad de embalse en el Sistema de presas.
- Sequías prolongadas.
- Pérdidas por conducción.

Uso eficiente del agua de riego

Eficiencia de Conducción (0.68%) por Eficiencia Parcelaria (0.57%)

34.1% Eficiencia global a nivel Distritos de Riego.

38.76% Eficiencia global del DRRY 041.

PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN

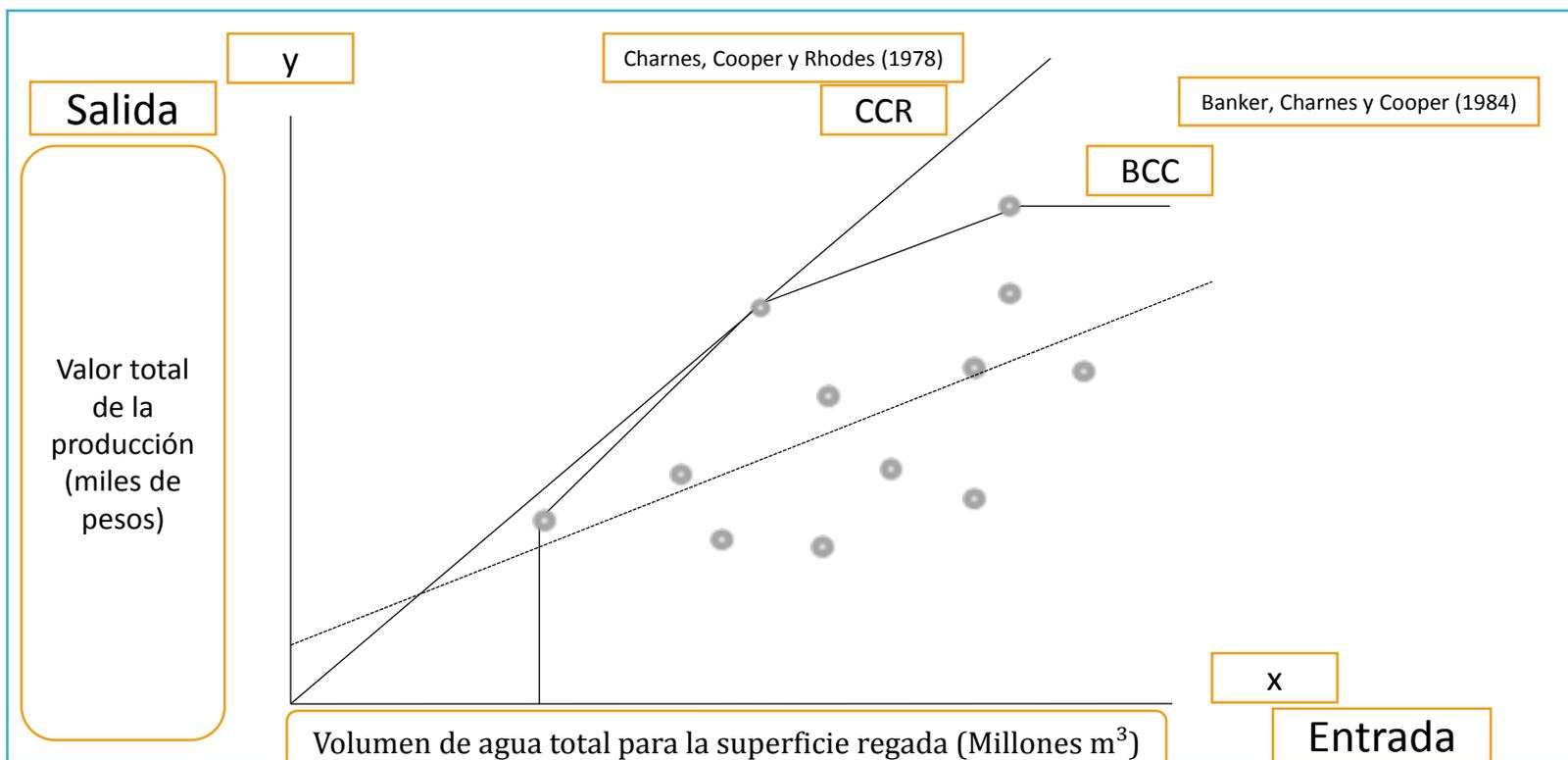
Conocer la eficiencia del Distrito de Riego 041, Río Yaqui, a través de valores actuales y valores objetivos con tres entradas (**Superficie regada (ha)**, **Volumen de agua total para la superficie regada (millones m³)** y **Costos de producción (millones de pesos)**).



Planteando el **Análisis Envolvente de Datos (DEA)**, el cual es una metodología utilizada para la evaluación de la eficiencia relativa de un conjunto de unidades de toma de decisiones, en este caso módulos de riego, con el propósito de conocer objetivamente su realidad, y considerar las medidas a tomar para corregir ineficiencias.

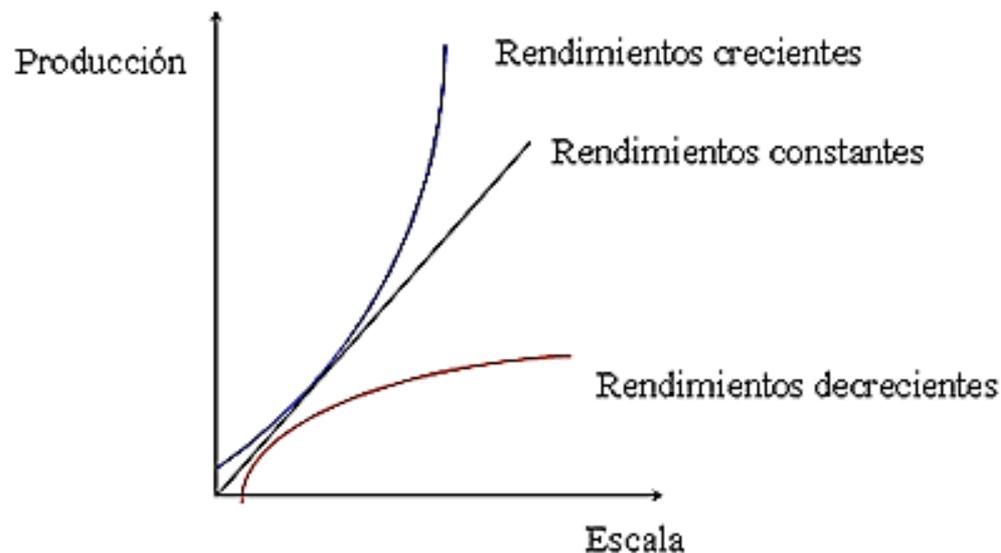
ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA-BCC), ORIENTACIÓN A ENTRADAS.

El Análisis Envoltente de Datos (DEA), es una **técnica No paramétrica** que permite a partir de un conjunto de Unidades de toma de decisiones (DMUs, en este caso Módulos de Riego) estimar la frontera de la tecnología de producción de referencia, así como el grado de ineficiencia técnica de cada uno de los Módulos de Riego evaluados.



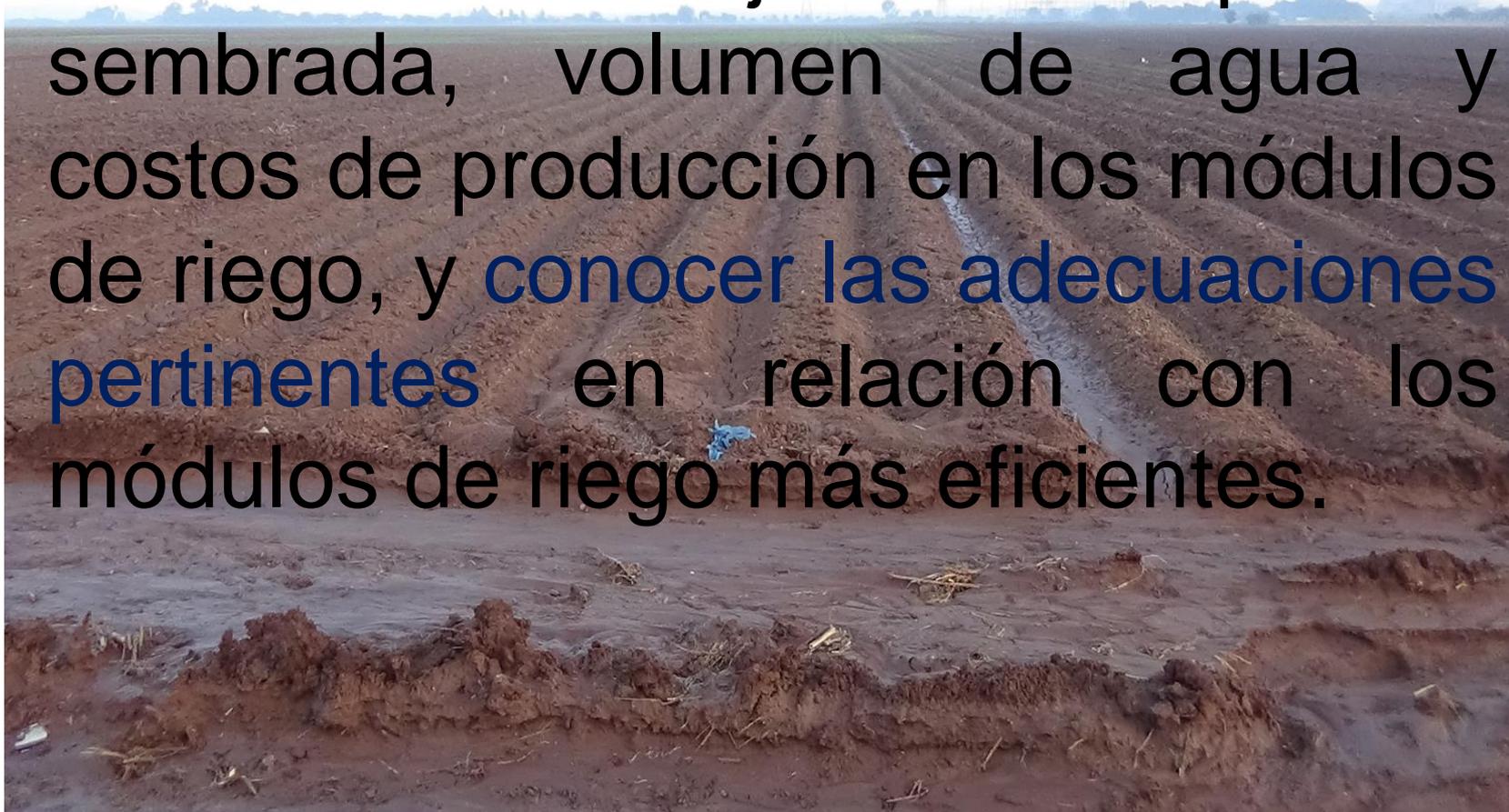
RENDIMIENTOS A ESCALA (CONSTANTES, CRECIENTES O DECRECIENTES)

Chediak y Valencia (2008), señalan que cuando el *aumento del 1% en los insumos genera un aumento del 1% en los productos*, los rendimientos son constantes. Cuando el aumento del 1% en los insumos genera un aumento mayor al 1% en los productos los rendimientos son crecientes y serán decrecientes en el caso en que el aumento sea inferior al 1%.



OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Identificar las mejoras en superficie sembrada, volumen de agua y costos de producción en los módulos de riego, y **conocer las adecuaciones pertinentes** en relación con los módulos de riego más eficientes.



ESTIMACIÓN DEL VALOR OBJETIVO DE LAS VARIABLES

- Los valores Actual y Objetivo, son consecuencia de la reducción radial (proporcional) y/o movimiento holgura, para cada variable. Reflejando la cantidad en que deberán reducirse las entradas.
- Cuando el Modelo DEA es orientado a las Entradas (Superficie regada (ha), Volumen de agua total para la superficie regada (millones m³) y Costos de producción (millones de pesos). Un Módulo de Riego, no será eficiente si es posible disminuir cualquier entrada sin alterar su salida (Valor total de la producción (millones de \$)).

Tabla 1. Determinación de los valores objetivos para los 42 módulos de riego 2010-2011

Módulo de Riego	Actual Superficie regada (ha)	Objetivo Superficie Regada (ha)	Actual Costos de producción (Millones de pesos)	Objetivo Costos de producción (Millones de pesos)	Actual Volumen de agua total para la superficie regada (Millones m ³)	Objetivo Volumen de agua total para la superficie regada (Millones m ³)
K-73.5	827	827	13,9	13,9	4.301	4.301
K-63	1.011	1.011	18,2	18,2	5.937	5.937
4-P-8	7.360	7.360	267,3	267,3	48.816	48.816
P10-SUR	1.382	1.261	30,3	27,9	10.013	7.626
4-P-10	1.896	1.390	38,4	33,0	12.543	8.495
K-95	2.580	1.494	43,6	37,1	21.051	9.199
K-105	3.644	2.014	67,7	57,5	28.464	12.710
K-70	1.813	1.142	27,6	23,3	14.393	6.819
SANTINI II	2.636	1.439	41,7	34,9	17.220	8.824
VEINTE	4.571	2.352	85,5	70,7	24.944	14.993
K-68	4.160	2.315	84,6	69,3	26.386	14.742
K-64	2.723	1.625	51,9	42,2	16.999	10.081
K-73.8	4.203	2.135	77,3	62,3	25.612	13.529
K-79	7.685	3.858	161,5	129,8	57.747	25.161
VEINTIDÓS	4.319	1.998	71,8	56,9	34.701	12.605
K-66	3.168	1.641	54,4	42,8	22.298	10.191
CATORCE	7.376	3.352	140,0	110,0	47.420	21.747
K-91 SUR	7.115	2.951	121,0	94,2	39.808	19.037
K-88.5	5.641	2.509	98,8	76,9	35.891	16.056
NÁINARI	1.408	1.046	25,1	19,5	8.302	6.173
C.M.D.	4.157	2.023	74,5	57,9	28.584	12.773
SEIS	7.984	3.474	149,2	114,8	53.850	22.573
DICESÉIS	8.461	3.505	151,0	116,0	52.453	22.782
K-91 NORTE	4.695	2.127	81,5	61,9	30.017	13.473
BACAME	4.038	1.767	63,2	47,8	24.269	11.039
MÓDULO 02	7.460	3.070	130,9	98,9	43.171	19.841
DIECINUEVE	3.873	1.718	60,8	45,9	20.958	10.713
4-P-4	5.271	2.309	91,6	69,1	44.095	14.704
DIEZ	8.008	3.172	138,1	102,9	45.993	20.532
DIECIOCHO	2.219	1.219	35,3	26,3	12.548	7.342
DOCE	7.035	3.117	135,3	100,8	48.581	20.162
4-P-6	4.949	2.169	85,5	63,6	34.425	13.756
4-P-12	4.420	2.121	83,0	61,7	25.087	13.431
DOS-B	5.196	2.281	91,8	67,9	29.828	14.512
DOS	6.141	2.572	107,3	79,4	41.430	16.482
SANTINI I	5.256	2.103	82,5	61,0	30.352	13.311
MÓDULO 11	8.375	3.404	157,2	112,0	50.730	22.096
OCHO	7.634	2.921	130,6	93,1	52.388	18.834
MÓDULO 10	9.699	3.544	167,9	117,6	62.174	23.046
CUATRO	9.767	3.742	180,1	125,3	58.045	24.382
MÓDULO 06	10.216	3.551	169,9	117,8	78.834	23.094
MÓDULO 01	7.139	2.701	135,8	84,4	30.173	17.351

Tabla 2. Determinación de los valores objetivos para los 42 módulos de riego 2011-2012.

Módulo de Riego	Actual Superficie regada (ha)	Objetivo Superficie Regada (ha)	Actual Costos de producción (Millones de pesos)	Objetivo Costos de producción (Millones de pesos)	Actual Volumen de agua total para la superficie regada (Millones m ³)	Objetivo Volumen de agua total para la superficie regada (Millones m ³)
K-73.5	802	802	16,3	16,3	4.484	4.484
K-63	967	967	21,2	21,2	5.187	5.187
MÓDULO 06	10.365	10.365	210,5	210,5	21.651	21.651
MÓDULO 02	9.773	9.773	211,5	211,5	36.025	36.025
K-73.8	4.138	4.138	93,0	93,0	22.652	22.652
K-68	4.404	4.404	109,9	109,9	23.104	23.104
CATORCE	7.531	7.531	167,6	167,6	41.248	41.248
MÓDULO 10	9.621	9.621	179,1	179,1	56.324	56.324
DIEZ	7.860	7.522	157,0	155,1	43.054	42.539
K-91 SUR	7.562	6.397	138,7	136,4	38.130	35.795
VEINTIDÓS	3.975	3.353	76,6	75,3	32.970	18.328
4-P-6	4.680	4.245	101,7	99,8	32.342	22.833
K-64	2.466	2.222	50,7	49,6	15.220	12.098
K-79	8.130	7.946	203,5	175,8	47.996	40.282
VEINTE	4.513	4.158	96,7	94,3	24.735	22.686
K-105	3.468	3.213	73,9	72,1	22.785	17.558
K-66	3.388	3.301	77,8	75,8	19.784	17.882
SEIS	7.911	7.419	181,2	165,6	46.302	40.600
SANTINI I	4.930	3.574	85,7	80,3	28.880	19.547
K-95	2.565	2.109	50,4	47,1	19.666	11.477
K-88.5	5.411	4.186	103,1	96,1	31.766	22.733
CUATRO	9.234	8.411	213,9	184,9	60.042	39.199
C.M.D.	4.584	3.922	97,1	88,2	27.640	21.462
P10-SUR	1.290	1.171	29,7	26,5	7.711	6.251
SANTINI II	2.555	1.722	42,3	38,3	15.804	9.342
DIECINUEVE	3.656	2.675	66,4	59,9	18.989	14.592
K-70	1.809	1.429	35,3	31,7	10.546	7.731
4-P-8	5.484	4.101	103,6	92,2	43.129	22.448
4-P-10	1.731	1.487	37,5	33,0	11.904	8.051
DICESÉIS	8.749	7.560	195,6	168,5	45.335	39.176
BACAME	4.289	2.917	75,7	65,4	22.778	15.929
4-P-4	5.226	4.120	107,4	92,6	39.246	22.553
DIECIOCHO	2.203	1.600	41,7	35,5	11.452	8.675
DOCE	6.613	5.610	154,7	131,2	42.486	30.210
NÁINARI	1.077	863	21,6	18,1	8.063	4.743
OCHO	7.327	5.787	154,2	128,3	50.759	31.911
DOS	6.236	4.393	131,5	109,3	41.053	23.086
K-91 NORTE	4.683	2.982	83,2	66,9	28.108	16.284
DOS-B	5.409	3.686	104,4	82,8	28.871	20.160
MÓDULO 11	9.663	7.214	192,8	152,5	51.112	40.424
4-P-12	4.520	3.316	99,6	76,6	23.289	17.919
Modulo 01	7.559	4.974	163,8	117,4	30146,33	21598,98

Tabla 3. Determinación de los valores objetivos para los 42 módulos de riego 2012-2013

Módulo de Riego	Actual Superficie regada (ha)	Objetivo Superficie Regada (ha)	Actual Costos de producción (Millones de pesos)	Objetivo Costos de producción (Millones de pesos)	Actual Volumen de agua total para la superficie regada (Millones m ³)	Objetivo Volumen de agua total para la superficie regada (Millones m ³)
K-73.5	882	882	15,9	15,9	4.034	4.034
K-63	1.029	1.029	24,2	24,2	5.118	5.118
K-66	3.225	3.225	79,5	79,5	18.743	18.743
MÓDULO 01	7.934	7.934	150,5	150,5	28.497	28.497
MÓDULO 02	9.072	9.072	180,9	180,9	36.659	36.659
MÓDULO 11	11.752	11.752	220,6	220,6	50.457	50.457
K-73.8	4.310	4.310	103,3	103,3	23.939	23.939
CATORCE	7.347	7.347	176,7	176,7	39.462	39.462
DOS-B	4.224	4.224	91,2	91,2	33.755	33.755
CUATRO	8.543	8.543	215,5	215,5	54.236	54.236
MÓDULO 10	9.483	9.483	167,7	167,7	54.205	54.205
DIEZ	7.908	7.908	182,6	182,6	42.732	42.732
K-64	2.615	2.605	65,4	62,2	13.864	13.809
P10-SUR	1.196	1.187	30,7	28,2	7.100	6.096
K-79	7.677	7.609	197,3	189,4	47.402	46.982
VEINTE	4.618	4.238	98,4	96,8	22.476	22.122
K-91 SUR	7.048	5.783	133,4	130,6	37.000	36.237
SANTINI II	2.403	1.826	42,0	40,9	15.945	12.262
4-P-4	4.669	4.542	112,2	109,2	39.668	25.876
DICESÉIS	8.442	7.974	174,7	169,1	46.512	45.031
K-70	1.869	1.582	37,1	35,8	10.576	10.077
4-P-10	1.951	1.814	43,6	41,4	11.422	10.841
DIECIOCHO	2.085	1.671	39,8	37,6	12.268	10.872
SEIS	7.385	6.979	172,3	162,8	51.423	42.388
K-68	4.038	3.814	99,9	91,3	22.191	20.959
DIECINUEVE	3.576	2.647	63,1	59,5	18.418	17.354
MÓDULO 06	10.061	9.411	179,5	167,9	71.267	53.746
K-95	2.631	2.133	50,7	47,3	20.530	15.010
OCHO	7.691	6.445	142,7	133,2	43.925	41.013
DOS	7.193	5.321	126,3	117,8	39.157	36.514
SANTINI I	5.011	3.553	82,9	77,1	29.984	27.737
K-88.5	5.722	4.510	109,9	100,6	33.372	30.537
BACAME	3.937	2.885	69,3	63,1	25.430	21.749
4-P-8	6.930	6.124	130,8	118,8	46.094	41.143
C.M.D.	4.393	3.431	84,5	76,5	25.693	23.263
NÁINARI	1.283	961	22,6	20,4	8.696	4.620
4-P-6	4.444	4.010	104,9	94,6	32.001	24.590
K-105	3.374	2.204	54,4	48,8	23.778	15.651
K-91 NORTE	4.218	3.377	84,1	74,7	27.021	23.991
DOCE	6.409	5.324	134,6	118,6	41.108	36.210
4-P-12	4.770	3.694	94,7	83,4	26.474	23.310
VEINTIDÓS	4.152	3.269	88,7	71,3	31.090	24.971

- **Módulos K-73.5 y K-63.** Estos módulos de riego, fueron los únicos que presentaron **eficiencia al 100%** durante los tres años agrícolas, y sirvieron de referencia para el resto de los módulos al aprovechar adecuadamente sus recursos, para las diversas variables.
- En cuanto a los valores observados y los valores objetivos fueron **idénticos en las diferentes variables y análisis realizado por el modelo DEA**, situándose siempre en la frontera eficiente.
- Es importante indicar, que estos módulos cuentan con **superficies agrícolas pequeñas**, lo que permite el aprovechamiento de sus recursos adecuadamente.
- **Módulo 4-P-8.** Este módulo, a pesar de haber sido eficiente en el año agrícola 2010-2011, por haber sembrado 66.4% de su superficie con **cultivos más rentables (hortalizas)**, fue ineficiente para el resto de los demás años, debido a que cambió su patrón de cultivo; además de utilizar inadecuadamente sus entradas, y presentar en algunas parcelas suelos arenosos que utilizan mayor cantidad de agua.

- **Módulo 02.** El módulo pasa de ineficiente en el año agrícola 2010-2011 a eficiente en los dos siguientes ciclos agrícolas; esto debido al buen manejo de sus entradas, situándose sobre la frontera eficiente. Una ventaja de este módulo es que cuenta con una superficie sembrada con **cultivos más rentables**, además de contar con tomas directas en una gran parte del área agrícola sembrada.
- **Módulo 11.** Este módulo presenta eficiencia únicamente en el año agrícola 2012-2013. Este módulo de riego fue ineficiente en los otros dos ciclos agrícolas analizados.
- Presenta ineficiencia, principalmente porque se encuentra al margen del Rio Yaqui; contando con aproximadamente 3,000 ha de **terrenos arenosos**, lo cual ocasiona un mayor consumo de agua.
- Además, de necesitar en algunas otras parcelas **nivelación** para un mayor aprovechamiento del recurso agua.

CONCLUSIONES

- La metodología Análisis Envolvente de Datos (DEA), permitió conocer las ineficiencias en cada uno de los módulos de riego; así como la posibilidad de incrementar su eficiencia, **reduciendo las entradas** según sea el caso.
- El estudio determinó las tendencias y variaciones anuales e interanuales de eficiencias; como un aporte a los productores para la toma de decisiones que les permita **minimizar las ineficiencias** presentadas.
- El DEA mostró el **margen de mejora** para cada módulo de riego ineficiente para lograr la frontera de eficiencia, y por lo tanto lograr contar con módulos de riego eficientes.
- Existe en cada año agrícola una variabilidad de mejora diferente en las entradas, lo que permite diseñar estrategias para cada variable analizada con el propósito de alcanzar la frontera de posibilidades en los próximos años, y faculten a los directivos de cada módulo a **tomar las decisiones más correctas**, en función de las mejoras en cuanto a reducir superficie sembrada, disminuir volumen de agua, y/o mejorar los costos de producción.



Gracias

Centro Regional Universitario del Noroeste (CRUNO),
Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Colima 163
Norte, colonia Centro, 85000, Ciudad Obregón, Sonora,
México.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de
Montes. Departamento de Agronomía. De Campus
Rabanales. Edificio Leonardo da Vinci. Universidad de
Córdoba. 14071 Córdoba, España.
olmedovazquez@gmail.com



www.comeii.com/comeii2017

  @CongresoCOMEII

 info@comeii.com