



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

DOCTORADO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

**POLÍTICA AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE RIEGO 023,
SAN JUAN DEL RÍO QUERÉTARO.**

Que como requisito parcial

para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

Presenta:

KAREN LUCERO CRUZ HERRERA

Bajo la supervisión de:

Miguel Ángel Martínez Damián, DIRECTOR



Chapingo, Estado de México, Noviembre de 2024

POLÍTICA AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE RIEGO 023, SAN JUAN DEL RÍO QUERÉTARO tesis realizada por KAREN LUCERO CRUZ HERRERA bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR:



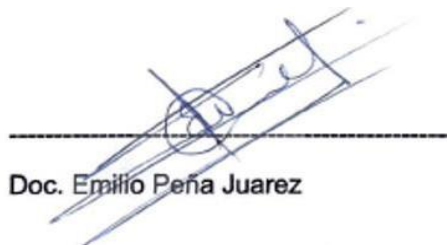
Dr. Miguel Ángel Martínez Damían

ASESOR:



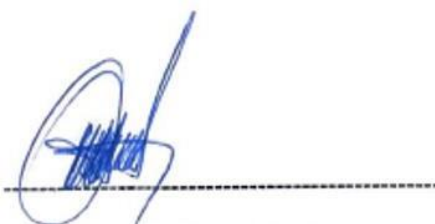
Dr. Ramón Valdivia Alcalá

ASESOR:



Doc. Emilio Peña Juárez

LECTOR EXTERNO:



Dr. Alberto Gallegos David

CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
CAPÍTULO III: IMPACTO DE LA POLÍTICA AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE RIEGO 023 SAN JUAN DEL RÍO QUERÉTARO.....	22
CAPÍTULO IV :POLÍTICA AGRÍCOLA Y USO DE RECURSOS BAJO UN ENFOQUE DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA EN EL DISTRITO 023 SAN JUAN DEL RÍO QUERÉTARO.....	42
CONCLUSIONES GENERALES.....	70
REFERENCIAS.....	72

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1- Patrón de cultivos Distrito de Riego 023.....	28
Cuadro 2- Resumen de resultados escenarios.....	31
Cuadro 3. Cultivos módulo I Distrito de Riego 023	55
Cuadro 4. Comparación de Programas Agrícolas en México.....	57
Cuadro 5. Área cultivada por cultivo... ..	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Distrito de Riego 023	27
Figura 2. Patrón Óptimo vs patrón de cultivo actual.....	31
Figura 3. Superficie Óptima de cultivos bajo el escenario 1	32
Figura 4. Valores Óptimos del escenario 2	34
Figura 5. Gasto público rural en programas sociales.....	58
Figura 6. Variación porcentual de escenarios contra el modelo base...61	
Figura 7. Agua utilizada por cultivo m3	62
Figura 8. Ingresos totales por cada escenario planteado... ..	63

ABREVIATURAS

OCDE- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

FAO- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Por sus siglas en inglés)

SADER- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

SHCP- Secretaría de Hacienda y Crédito Público

PNH- Plan Nacional Hídrico

LAN- Ley de Aguas Nacionales

INFO RURAL- Información del sector rural

ONU- Organización de las Naciones Unidas

MC2E- Mínimos cuadrados en dos etapas

SAS- Statistical Analysis System

CNP- Comité Nacional de Productividad

CEPAL- Comisión Económica para América Latina y el Caribe

EUWI- European Union Water Initiative

PM- Programación Matemática

DEDICATORIAS

A Dani, mi compañero de vida, que me ha acompañado en cada uno de mis logros, y por ser apoyo fundamental en todos los aspectos, por su amor y su paciencia.

A mis padres porque gracias a ellos he logrado muchas cosas en la vida, sin su apoyo y amor no hubiera llegado hasta donde hoy estoy.

A mi hermana, quien es la que me impulsa y me exige todos los días ser mejor, por su apoyo y su comprensión siempre.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías por el apoyo que brindan a los estudiantes de posgrado en el país y por el apoyo económico brindado hacia mi persona para la realización y obtención de este grado.

A la División de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad Autónoma Chapingo por el respaldo brindado hacia mi persona durante el trayecto y desarrollo de mi posgrado en esta institución.

Agradezco al comité evaluador que integra la realización de este trabajo y a los miembros de mi comité, el *Dr. Miguel Ángel Martínez Damián* por las valiosas sugerencias para el rumbo de mi investigación y por su dirección en este proyecto, al *Dr. Ramón Valdivia Alcalá* por su apoyo desde mi ingreso a la universidad y por último al *Dr. Emilio Peña Juárez* por su ayuda en mi trabajo final y por el tiempo dedicado a revisarlo.

Al Dr. Josué Medellín-Azuara por su recibimiento en mi estancia en UC-Merced y su apoyo en mi investigación, no sin menor importancia el financiamiento de UC Alianza MX Strategic Grant IRGUCMX2021-02 (Medellín-Azuara) para la realización del segundo artículo de la tesis.

DATOS BIOGRAFICOS

Datos personales

Nombre: Karen Lucero Cruz Herrera

Fecha de nacimiento: 26 de agosto de 1994

Lugar de nacimiento: Texcoco, Estado de México

CURP: CUHK940826MMCRRR07

Profesión: Licenciada en Política y Gestión Social

Cedula Profesional:11141312

Desarrollo Académico

Licenciatura Política y Gestión Social (UAM-Xochimilco)

Maestría Maestría en Ciencias en Economía Agrícola (UACH)
Maestría en Educación Basada en Competencias (UVM)

RESUMEN GENERAL

POLÍTICA AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE RIEGO 023, SAN JUAN DEL RÍO QUERÉTARO¹

En México la política agrícola representa un escenario para la mejora del campo mexicano, esto quiere decir que las políticas agrícolas implementadas en México son diseñadas con el objetivo de lograr eliminar la desigualdad de oportunidades entre los productores y contribuir al desarrollo del campo mexicano. El presente trabajo tuvo objetivo analizar, desde diferentes metodologías como la programación matemática y la programación matemática positiva, la aplicación de la política agrícola en el distrito de Riego 023 ubicado en San Juan del Río, en Querétaro, México. Los resultados obtenidos en los trabajos realizados en esta investigación fueron que el programa de apoyo a los fertilizantes en el distrito de riego incentiva a los productores a modificar el patrón de cultivos para la obtención de mayores ingresos. Y para el programa de precios de garantía se encuentra que se incentiva a los productores a cambiar el patrón de cultivos con la utilización de este apoyo para la producción de maíz en el distrito de riego analizado. Se concluye que los programas agrícolas en México han buscado, en gran medida, incluir a pequeños productores y comunidades rurales en las políticas públicas. A pesar de los esfuerzos por mejorar la productividad y las condiciones de vida de los agricultores, los programas agrícolas en México siguen estando muy enfocados en subsidios. Esto genera una dependencia de los productores de los apoyos gubernamentales, en lugar de fomentar un modelo más autónomo y orientado a la competitividad del sector.

PALABRAS CLAVE: Programa agrícola, precios de garantía, pequeños productores, programación matemática

¹ Tesis de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Karen Lucero Cruz Herrera

Director de tesis: Dr. Miguel Ángel Martínez Damián

ABSTRACT

AGRICULTURAL POLICY IN IRRIGATION DISTRICT 023, SAN JUAN DEL RÍO QUERETARO²

In Mexico, agricultural policy represents a scenario for the improvement of the Mexican countryside, this means that the agricultural policies implemented in Mexico are designed with the objective of eliminating inequality of opportunities between producers and contributing to the development of the Mexican countryside. The objective of this work was to analyze from different methodologies such as mathematical programming and positive mathematical programming the application of agricultural policy in the Riego 023 district located in San Juan del Rio in Queretaro, Mexico. The results obtained in the work carried out in this research were that the fertilizer support program in the irrigation district encourages producers to modify the crop pattern to obtain greater income. And for the guarantee price program, it is found that producers are encouraged to change the cropping pattern with the use of this support for corn production in the irrigation district analyzed. It is concluded that agricultural programs in Mexico have sought, to a large extent, to include small producers and rural communities in public policies. Despite efforts to improve the productivity and living conditions of farmers, agricultural programs in Mexico continue to be heavily focused on subsidies. This generates a dependence of producers on government support, instead of promoting a more autonomous model oriented towards the competitiveness of the sector.

KEYWORDS: Agricultural policy, guaranteed prices, small producers, mathematical programming.

² PhD Thesis in Agricultural Economics, Chapingo Autonomous University.

Autor: Karen Lucero Cruz Herrera

Director de tesis: Dr. Miguel Ángel Martínez Damián

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

La política agrícola en México representa los esfuerzos de los diferentes actores para contrarrestar los daños con los que cuenta el sector agrícola. Es necesario tomar en cuenta que las políticas públicas en conjunto con los programas gubernamentales buscan satisfacer necesidades que los diferentes sectores tienen y se debe tener claridad que al momento de implementar un programa público sobre todo en el sector agrícola; como parte de la estrategia de política agrícola diseñada en el periodo establecido es necesario evaluar de qué manera se llegarán a los objetivos establecidos previamente, para así poder implementar una política con acciones concretas que ayuden a mejorar la situación en la que da inicio la implementación de la propia política pública.

Las políticas agrícolas son cruciales para garantizar que haya suficiente producción de alimentos para alimentar a la población. Sin una gestión adecuada, podríamos enfrentarnos a escasez de alimentos y alzas de precios, afectando la estabilidad económica y social.

Tal como se hace referencia en el párrafo anterior, se puede entender que existe una necesidad de fortalecer y cuidar los recursos naturales; uno de ellos, si no, es que el más importante es el agua. Existen cambios sociales que día a día dificultan la manera de hacer política, sobre todo en cuestión de gestión y uso del agua; sobre todo por fenómenos como el crecimiento poblacional, que a su vez demandan más alimentos y trae como consecuencia el aumento de la demanda del agua y de los demás recursos naturales involucrados.

Las políticas económicas ayudan a regular los precios de los productos agrícolas, evitando fluctuaciones extremas que pueden perjudicar tanto a los agricultores como a los consumidores. Esto proporciona una mayor predictibilidad y seguridad en el mercado. Las políticas económicas también juegan un papel crucial en la regulación del comercio internacional de productos agrícolas. Esto incluye acuerdos

comerciales, aranceles y barreras no arancelarias que pueden influir en la competitividad de los productos agrícolas nacionales en el mercado global.

PROBLEMA

La política agrícola en el campo mexicano es esencial para garantizar la sostenibilidad y el desarrollo de este sector clave para la economía nacional. México enfrenta retos como el cambio climático, la escasez de recursos hídricos y la desigualdad en el acceso a tecnologías y mercados, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria y el bienestar de los productores rurales. Una política agrícola efectiva debe promover la modernización de las técnicas de cultivo, incentivar el uso responsable de los recursos naturales y mejorar las condiciones de vida de los campesinos, quienes son fundamentales para el abastecimiento interno de alimentos. Además, es necesario un enfoque integral que impulse la infraestructura rural, facilite el acceso al crédito y fomente la capacitación, para que los pequeños y medianos productores puedan competir en mercados globales sin descuidar el respeto al medio ambiente.

Los distritos agrícolas de México ha sido una herramienta clave para el incremento de la productividad agrícola; sin embargo, en muchos casos, la gestión de los recursos hídricos y la implementación de políticas agrícolas adecuadas han enfrentado serias dificultades que afectan la eficiencia del riego y la sostenibilidad de la producción aunado a esto la presencia de problemas económicos para los productores. En el Distrito de Riego 023 ubicado en el estado de Querétaro, se observa un uso subóptimo del agua debido a la falta de infraestructura adecuada, la descoordinación entre los actores gubernamentales y los productores, así como la escasa coordinación gubernamental la aplicación de programas agrícolas. Este contexto pone en riesgo tanto la seguridad alimentaria regional como la viabilidad económica de los productores.

Este estudio busca identificar las principales barreras en la implementación de políticas agrícolas en el contexto de la gestión de riego, así como proponer

soluciones basadas en el análisis de las necesidades y prácticas de los productores del distrito.

De acuerdo con proyecciones (ONU,2017) la población mundial aumentará de 7 550 millones en 2017 a 8500 millones en 2030 y a 9 700 millones en 2050. El crecimiento poblacional se estima que se verá registrado en los países con menos desarrollo en el mundo y en consecuencia directa a este aumento, la demanda por alimentación y agua aumentará en una proporción muy alta.

En los últimos años, el gobierno mexicano aplicó una política agrícola con varios componentes, entre los que destaca el Programa de Fertilizantes para el Bienestar y Precios de garantía. Cada uno de estos tiene particularidades específicas, por lo que resulta importante conocer sus alcances en un área agrícola determinada.

De igual forma, se sabe que el desafío no radica únicamente en garantizar el abastecimiento de agua para el crecimiento a corto plazo, sino en lograrlo de manera sostenible, es decir disponer de cantidades de agua con la calidad necesaria, de manera confiable en corto, mediano y largo plazo; sin embargo, esto se dificulta debido a que la agricultura por lo menos en México usa el 76% del agua lo que convierte a este sector en el mayor consumidor del agua en México, de ahí la necesidad de poder observar la manera en como este recurso vital se reparte entre los agricultores mexicanos.

Objetivos

El objetivo principal de esta investigación es realizar un análisis sobre los efectos de la política agrícola en el uso de los recursos disponibles del distrito de riego 023, San Juan del Río en Querétaro.

Analizar las relaciones existentes en la política agrícola en México y a su vez el desarrollo económico del distrito de riego 023.

Con el fin de apoyar el objetivo principal, se presentan a continuación los objetivos específicos:

Identificar los efectos de la política agrícola en el mejoramiento de asignación de los recursos disponibles para su uso en la agricultura para el distrito de riego 023, San Juan del Río Querétaro.

- Evaluar los efectos de la política de precios de garantía, producción para el bienestar y fertilizantes en la distribución de los recursos hídricos del distrito de riego 023.

Hipótesis

La hipótesis de que se parte en esta investigación es la siguiente:

La política agrícola cumple los objetivos de diseño aumentando la producción de los cultivos básicos del distrito de riego 023, en conjunto con una asignación eficiente de los recursos hídricos.

Las hipótesis particulares son:

- La política agrícola que tiene como objetivo incentivar la producción de los cultivos básicos en México, tiene un impacto positivo en la reasignación de los recursos hídricos del distrito de riego.
- La asignación eficiente del agua contribuye al cumplimiento del objetivo central de la administración federal de lograr la autosuficiencia alimentaria.

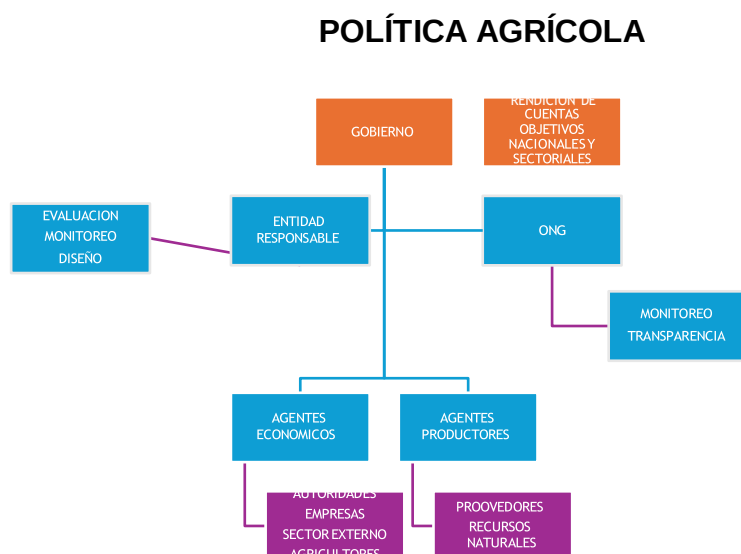
Justificación

Se considera que el presente tema de investigación está relacionado con un tema de gran importancia que es el uso y gestión del agua en la agricultura lo que puede contribuir a brindar seguridad alimentaria a quienes más lo necesitan además de brindar apoyo a los productores que son el sustento de la agricultura en nuestro país, si bien es cierto que desde hace ya muchos años en México existen esfuerzos por gestionar el uso del agua mediante aplicación de tarifas y precios para hacer más eficiente su uso y como consecuencia contribuir a alcanzar la autosuficiencia alimentaria.

Además, es difícil encontrar información concreta que ayude a este tipo de estudios, ya que muchos con ayuda estadística y económica pueden reflejar resultados esperados más no deseados o verídicos; debido a que en muchas ocasiones el establecer tarifas en los usuarios de agua crea inconformidades en los grupos sociales y sobre todo en los agricultores, pues muchas veces las ganancias se verían afectadas.

El aporte que tendría este trabajo de investigación sería muy importante para todos aquellos que estén interesados en conocer cuál es el camino que sigue actualmente la política agrícola en cuestión del mejoramiento de la asignación del agua, desde un punto de vista igualitario y sobre todo saber si la población está consciente del costo de oportunidad que esto significa.

Para tener claridad con el objetivo de la investigación, se diseñó el siguiente diagrama que ayuda a comprender la relación que guardan los agentes involucrados en el diseño, implementación y evaluación de las políticas agrícolas:



Estructura del documento. Aquí se debe poner como esta integrado el dcto de graduación.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

Para este capítulo se realiza una revisión de literatura general y después la que ayudo a la realización de los artículos científicos que se obtuvieron como resultado de la presente investigación doctoral.

La política agrícola en México juega un papel fundamental en el desarrollo económico, social y ambiental del país. En una nación donde la agricultura sigue siendo un sector clave para el bienestar de millones de personas, la creación y aplicación de políticas públicas eficaces es esencial para garantizar la seguridad alimentaria, la equidad social y la sostenibilidad de los recursos naturales. México enfrenta desafíos complejos en su campo agrícola, tales como la pobreza rural, el cambio climático, la escasez de agua, la falta de infraestructura adecuada y la desigualdad en el acceso a los mercados y tecnologías. Es en este contexto que una política agrícola sólida y bien diseñada resulta crucial no solo para el presente, sino también para el futuro de las generaciones venideras.

México es un país cuya economía sigue dependiendo en gran medida de la agricultura. Aunque el sector agrícola ha sufrido una disminución relativa en su aporte al Producto Interno Bruto (PIB) debido al crecimiento de otros sectores como la industria y los servicios, sigue siendo una fuente vital de empleo, especialmente en las zonas rurales. Aproximadamente el 13% de la población mexicana depende directamente de actividades agrícolas, y en muchos estados, la agricultura es el motor que impulsa la economía local. De igual manera, este sector abastece de alimentos tanto al mercado interno como a la exportación, siendo México uno de los principales productores y exportadores de productos como el maíz, el aguacate, los tomates y el tequila, entre otros.

Sin embargo, a pesar de su importancia, muchos campesinos enfrentan condiciones de pobreza extrema. La falta de acceso a financiamiento, tecnología, capacitación y mercados justos sigue siendo un obstáculo importante para el desarrollo de la

agricultura en el país. Una política agrícola eficaz debe atacar estas desigualdades, ofreciendo incentivos a los pequeños y medianos productores para que puedan mejorar sus rendimientos, incrementar sus ingresos y, a su vez, contribuir a la seguridad alimentaria de la nación.

La agricultura mexicana enfrenta una serie de retos estructurales y coyunturales que amenazan su sostenibilidad y competitividad. Estos desafíos no solo impactan a los productores, sino que también tienen implicaciones para la seguridad alimentaria, el desarrollo rural y el bienestar de la población.

México es uno de los países más afectados por la escasez de agua en el mundo, y la agricultura es el mayor consumidor de este recurso. La sobreexplotación de acuíferos, la falta de infraestructura de riego eficiente y la contaminación de fuentes de agua son problemas recurrentes. La gestión inadecuada del agua en muchas regiones del país ha dado lugar a un uso irracional del recurso, lo que no solo pone en riesgo la producción agrícola, sino también la disponibilidad de agua para otros sectores y las futuras generaciones.

La identificación de las ventajas comparativas del sector es un paso esencial hacia la definición explícita de los objetivos nacionales del sector. De una forma u otra, en el ámbito más general los objetivos deben incluir al incremento de la productividad, principal requisito previo para que crezca el ingreso, y la reducción de la pobreza.

Estas son las metas económicas clásicas de eficiencia y equidad. Se pueden también escoger otros objetivos globales, como la reducción de la desigualdad de género. El objetivo de productividad comprende tanto los adelantos tecnológicos (aumentos de rendimientos) como el desplazamiento de los patrones de producción hacia cultivos de más alto valor u otros productos. (FAO,2009).

Los precios de los productos agrícolas en México son altamente volátiles y dependen de factores tanto internos como externos, como las políticas agrícolas internacionales, los acuerdos comerciales, las fluctuaciones en la demanda global y las políticas gubernamentales internas. La falta de mecanismos de apoyo para estabilizar los precios de los productos agrícolas genera incertidumbre y pone en

riesgo la rentabilidad de los agricultores, especialmente de los más pequeños, quienes no tienen la capacidad de hacer frente a crisis de precios bajos.

Uno de los problemas más graves para la agricultura mexicana es la inconsistencia y debilidad de las políticas públicas a largo plazo. A menudo, las políticas agrícolas son fragmentadas, reactiva y dependen del ciclo político, lo que dificulta una visión integral y estratégica para el desarrollo del sector agrícola. Además, la falta de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) y los actores involucrados en la cadena de valor agrícola genera un entorno poco favorable para los productores.

La agricultura mexicana enfrenta una serie de retos complejos y multidimensionales que requieren un enfoque integral y una acción decidida por parte del gobierno, los productores y la sociedad en general. Solo a través de políticas públicas sostenibles, innovación tecnológica, inversión en infraestructura y una mayor inclusión social en el campo será posible transformar estos desafíos en oportunidades, garantizando un sector agrícola más competitivo, justo y resiliente.

Para el caso de los artículos que derivaron de esta investigación se encontró la siguiente literatura:

(Hernandez Ortiz & Martinez Damian, 2009), analizan el impacto del cambio en la política de apoyos a la agricultura, pasando de precios de garantía a apoyos directos al productor, sobre el costo de una canasta compuesta por maíz, frijol, arroz, trigo y sorgo, al eliminar el efecto depresivo que las importaciones tienen sobre los precios, utilizando cuatro índices de precios diferentes. Los resultados indican que los modelos de importación aplicados en el análisis mostraron coeficientes pequeños respecto al efecto de las importaciones en los precios. Este efecto resultó ser negativo para todos los productos, lo que sugiere que a medida que aumentan las importaciones, el precio real de los productos disminuye. En conclusión, la política de pagos directos demostró ser beneficiosa para los compradores de estos productos, con un posible impacto positivo en el consumo.

El propósito es exponer los procedimientos utilizados para fijar los precios de garantía, especialmente en los años 90, a través de la metodología de la SHCP. Esta metodología se basó en información sobre costos de producción, indicadores inflacionarios, efectos en los precios finales y subsidios, precios internacionales, recuperación de créditos del Banrural y sus posibles consecuencias en la producción, la estructura de los cultivos y los ingresos de los productores (Martínez, 1990).

Se estudia la relación entre los precios de garantía y la política agraria a largo plazo (Rosales, 1990), con el objetivo de evaluar los cambios ocurridos en los precios de garantía desde su implementación en 1953 hasta el presente, especialmente en relación con sus posibles efectos en la producción y las importaciones. Los resultados indican que el mantenimiento del sistema de precios de garantía, particularmente para productos como el maíz y el frijol, refleja una voluntad política de proteger estos sectores. Sin embargo, se plantea que es necesario implementar programas de desarrollo específicos, tanto a nivel regional como según el tipo de productor. Se concluye que una política de precios de garantía que sea remunerativa es factible y recomendable si se busca lograr y mantener la autosuficiencia en estos productos básicos para la alimentación nacional.

Se analizan los determinantes actuales de la política agrícola: la nueva inserción internacional el marco macroeconómico la transformación de la agricultura regional las relaciones entre las políticas macroeconómicas y la actividad agropecuaria el cambio en el papel del Estado en el desarrollo y las nuevas orientaciones de la política sectorial, es decir, el acompañamiento activo del mercado, la modernización estructural de la agricultura y la revalorización del medio rural (Gómez, 2009). La segunda parte presenta en forma didáctica los principales elementos metodológicos de la política agrícola, sus actividades, modalidades y organización operativa, los mecanismos para la descentralización y los instrumentos para el desarrollo de los temas más relevantes: la elaboración del diagnóstico sectorial en el contexto de la economía nacional el análisis de la producción, del comercio exterior y de la seguridad alimentaria el diseño y ejecución de políticas diferenciales de los

programas para atenuar la pobreza rural y las condiciones para la sustentabilidad ambiental del desarrollo.

En el estudio de Jiménez García, Martínez Damián y Kido Cruz (2008), se analizan los precios de garantía frente a los apoyos directos al productor, mediante un enfoque sobre el bienestar del productor. Este análisis examina el impacto de ambos tipos de políticas sobre el bienestar del productor, entendido como la cantidad de dinero que una política económica le genera por encima de sus costos de producción. Los resultados muestran que, aunque el cambio en la política económica resultó en una reducción del excedente del productor agrícola debido a la caída de los precios de los granos básicos, los apoyos del PROCAMPO compensaron esta pérdida de ingreso. Al considerar una canasta de cultivos básicos, como maíz, frijol, trigo, arroz y sorgo, y asumir que el excedente del productor es un buen indicador de su bienestar, se concluye que dicho excedente no disminuyó durante el periodo analizado, ya que el PROCAMPO logró compensar tres veces la pérdida de ingreso causada por la reducción de los precios.

Sánchez (2014) sobre la Política Agrícola en México, se evalúa el sector agropecuario mexicano a lo largo de sus distintas etapas, las cuales han sido influenciadas por reformas estructurales impulsadas por la estabilización y la liberalización, más que por las necesidades reales del sector. Esto ha llevado a México a convertirse en un país importador neto de alimentos, incapaz de satisfacer su demanda interna, con mercados poco desarrollados, baja productividad y niveles de ingresos reducidos para la mayoría de los productores.

En (Pearson,2004) se puede analizar el uso de la matriz de análisis de política para las políticas agrícolas en indonesia; el cual se analizan como el papel de las políticas agrícolas implementadas en ese país tienen efectos tanto positivos como negativos, además de que hace una presentación conceptual para los tomadores de decisiones para tomar en cuenta en el diseño e implementación de políticas públicas.

En (Melendez,1989) analizan cómo en el Salvador la deficiencia de la producción de los granos, maíz y frijol, ha forzado al gobierno a importar anualmente cantidades

crecientes de estos productos para satisfacer la demanda interna. Sin embargo, esta importación se ve severamente limitada por la escasez de divisas. Como consecuencia, el consumo interno de maíz y frijol se ha disminuido; estos granos constituyen la dieta básica de la población de El Salvador. La deficiencia en la producción de maíz y frijol puede deberse entre otros factores, a la ineficiencia en el uso de recursos económicos y políticas de gobierno (intervención y subsidios) hacia la producción de estos dos productos. Por esta razón, los objetivos de este estudio son dos: 1) estudiar la eficiencia económica en la producción del sistema de relevo maíz/frijol en el área de Opico-Quezaltepeque, y 2) determinar el impacto de las políticas de gobierno sobre la ventaja comparativa en la producción de estos dos granos. La metodología usada para alcanzar estos objetivos es dividida en dos partes. La primera parte busca determinar ambas rentabilidades, la social y la privada de cuatro productos agrícolas (caña de azúcar, café, maíz y frijol) que compiten por el uso de la tierra en el área de estudio. La segunda parte trata de medir la eficiencia económica y el impacto de las políticas de gobierno a través del Coeficiente Nominal de Protección (CNP), el Coeficiente Efectivo de Protección (CEP) y el Costo de los recursos Domésticos (CRD). En general, los resultados indican que el gobierno de El Salvador sigue una política de precios a la producción doméstica del sistema maíz/frijol (CNO mayor que uno); mientras que al mismo tiempo, les asigna tasas impositivas a la exportación de café y azúcar (CNP es menor que uno). Estos resultados son consistentes con otras estimaciones empíricas y apoya la política de gobierno de autosuficiencia en la producción de alimentos en El Salvador. Con respecto a la ventaja comparativa como se midió por el CRD, el análisis indica que existe eficiencia en la producción del sistema maíz/frijol en el área de estudio.

Navarro (1997), analiza los efectos de la política agrícola común (PAC) en la agricultura de la provincia de Cádiz desde su implementación en 1986. El autor realiza un análisis exhaustivo del sector agrario gaditano, evaluando sus características, ventajas y deficiencias, y estudia la evolución y las normas de la PAC aplicadas a los principales subsectores agrícolas. Los efectos de la política se abordan en tres áreas clave: primero, se examina si se han cumplido los objetivos

de productividad y renta establecidos por el Tratado de Roma para la PAC; segundo, se analizan sus impactos sobre las decisiones de oferta de los productores gaditanos, en particular en cultivos como trigo, remolacha, girasol, olivar, viñedo, frutas, hortalizas y flor cortada; y, tercero, se evalúan los efectos de la PAC sobre los precios de la tierra en secano y regadío en diferentes comarcas agrícolas de la provincia.

Por último, en (Valdivia Alcala, Matus G., Martinez Damian, & Santiago C., 2000) se lleva a cabo un análisis comparativo de la distribución de la tierra y los apoyos directos al productor en México, utilizando el índice de Theil para medir la desigualdad en la distribución de los beneficios de las políticas de precios de garantía y de apoyos directos, así como en la distribución de la tierra entre los beneficiarios de estas políticas. Los resultados muestran que los tres distritos analizados (Sinaloa, Guanajuato y México) presentan una mayor desigualdad en los ciclos de cultivo primavera-verano en comparación con los de otoño-invierno. Además, la política de apoyos directos resulta ser más equitativa que la distribución de la tierra en los ciclos de cultivo primavera-verano en todos los distritos, mientras que en otoño-invierno esta equidad solo se observa en Sinaloa y Guanajuato.

Para el caso de análisis de la política de agua podemos encontrar lo siguiente:

En (Pombo,2012) se analiza como las estructuras de gobierno son importantes pues determinan quien toma las decisiones sobre la adopción, construcción y operación de las plantas de desalinización como alternativa para mejorar la distribución de agua y evaluar la distribución final con costos y beneficios en Baja California, donde se encontró que la tecnología del manejo de agua en el sector agrícola es la clave para el desarrollo de todo el estado de Baja California, donde hay opciones como la instalación de grandes unidades tecnológicas que permitan aprovechar economías a escala, y sobre todo en ausencia de políticas específicas dirigidas a los pequeños productores agrícolas, la adopción de tecnologías orientadas por las fuerzas de mercado tiende a favorecer a los medianos y grandes productores.

Se analiza también el efecto de la incertidumbre sobre las decisiones de compraventa en dos mercados de agua en la Cuenca de Limarí: un mercado spot, donde se transan volúmenes de agua por una temporada y un mercado de derechos de aprovechamiento de agua. Los resultados demuestran que aquellos agricultores que enfrentan mayor riesgo de un déficit de agua, tales como los productores de cultivos permanentes, no participarán en mercados spot sino en mercados de derechos de aprovechamiento de agua. Además, las transacciones de agua se generarán tanto por diferencias en eficiencia de riego y tolerancias al riesgo como por diferencias en el valor del producto marginal de agua. La implicancia principal para la política es que el acaparamiento de derechos de aprovechamiento de agua podría ser eficiente en un mercado de agua cuando conduzca a una repartición eficiente de riesgo entre agricultores. (Hadgeorgalis, 2004).

En el estudio de Vázquez (2003), se investiga cómo la tecnología de ahorro de agua es considerada externa al modelo. Es decir, la tecnología ya existe y se adopta cuando resulta beneficiosa, sin cuestionar su origen ni su relación con las condiciones del sector. En este trabajo, se avanza para que la tecnología de ahorro de agua sea explicada mediante un proceso relacionado con la decisión sobre cultivos y el uso del agua. Específicamente, se examina la disposición de los agricultores a pagar por tecnologías de ahorro de agua como una función del precio del agua.

Se analizan las formas de incorporar el uso de señales del mercado, como los precios, en la gestión de los recursos hídricos para mejorar la eficiencia en la asignación del agua. Se revisa una amplia gama de literatura reciente sobre los derechos de uso de recursos comerciables y las experiencias prácticas con la implementación de programas de derechos de agua comerciables en América Latina y en otras partes del mundo. Los temas abordados incluyen las condiciones necesarias para el funcionamiento eficiente del mercado del agua, las fortalezas y debilidades potenciales de los mercados como mecanismos de asignación del agua, las características operativas de un mercado del agua, los tipos de transacciones,

la asignación inicial de derechos de agua, aspectos de diseño como los derechos de agua permanentes y temporales, la seguridad hidrológica y las normas de asignación, las limitaciones de los mercados y los factores que pueden afectar su rendimiento, incluyendo las externalidades (como el flujo de retorno y los efectos sobre el flujo y la zona de origen), el poder de mercado, los costos de transacción y transporte, y las medidas para mitigarlos, así como las oportunidades para expandir el rol y el alcance de los mercados del agua.(CEPAL,1998).

En un mercado del agua, ésta se asigna a un precio determinado mediante el libre intercambio de algún tipo de derecho de propiedad para usarla, ya sea por un período limitado de tiempo (arriendo) o a perpetuidad (venta). Son las interacciones entre los compradores y vendedores de derechos las que constituyen el mercado del agua. Este mercado es la institución, formal o informal, que facilita el intercambio de derechos de agua entre compradores y vendedores (Cummings y Nercissiantz, 1992). Los mercados del agua se distinguen de otros procesos de asignación por las características siguientes (Colby, 1988):

- La transferencia del agua es la finalidad real de la transacción y el valor del recurso es distinto del valor de otros bienes y servicios involucrados en la transacción. El mercado del agua existe cuando los derechos de agua son bienes con una identidad distinta de otra propiedad real. Hay muchos ejemplos de lo que se ha denominado mercados del agua “implícitos”, en que el agua se vende como una parte de la transferencia de tierras, aunque la finalidad de la transacción sea obtener agua (Colby, Crandall y Bush, 1993). Tales transacciones no pueden considerarse como “mercados del agua”, sino más bien como ejemplos de un medio de evadir restricciones burocráticas o legislativas ineficientes.
- La fuerza motivadora es la percepción mutua por los compradores y vendedores potenciales de que la transacción es la que más los beneficia dadas las oportunidades alternativas que se les ofrecen; en consecuencia, la reasignación es totalmente voluntaria.
- Ninguna autoridad central determina la transferencia, aunque puede condicionar o regular el precio y otras condiciones; se generan en transacciones voluntarias negociadas entre compradores y vendedores dispuestos.

En un mercado del agua, el recurso se asigna a un precio específico mediante el intercambio libre de algún tipo de derecho de propiedad para su uso, ya sea temporalmente (arrendamiento) o de forma permanente (venta). Las interacciones entre compradores y vendedores de estos derechos constituyen el mercado del agua, que es la institución, formal o informal, que facilita el intercambio de derechos de agua (Cummings y Nercissiantz, 1992). Estos mercados se diferencian de otros métodos de asignación por ciertas características (Colby, 1988):

- La transferencia de agua es el objetivo principal de la transacción, y el valor del recurso es distinto del de otros bienes y servicios involucrados. Un mercado del agua existe cuando los derechos de agua son bienes con una identidad separada de otras propiedades reales. Existen muchos ejemplos de mercados del agua "implícitos", donde el agua se vende como parte de la transferencia de tierras, aunque el objetivo de la transacción sea obtener agua (Colby, Crandall y Bush, 1993). Estas transacciones no se consideran mercados del agua, sino medios para evadir restricciones burocráticas o legislativas ineficientes.
- La motivación principal es la percepción mutua de compradores y vendedores potenciales de que la transacción es la más beneficiosa dadas las oportunidades alternativas disponibles; por lo tanto, la reasignación es completamente voluntaria.
- Ninguna autoridad central determina la transferencia, aunque puede influir o regular el precio y otras condiciones; las transacciones son negociadas voluntariamente entre compradores y vendedores dispuestos.

Igual se habla sobre la importancia de imponer y calcular tarifas al agua, ante una creciente demanda poblacional y sobre todo tomando en cuenta que existe la necesidad de observar el comportamiento de los usuarios del agua y como estarían dispuestos a reaccionar ante la imposición de una tarifa al agua; este documento busca fomentar el debate entre los responsables de formular políticas hídricas y los gestores del agua en los países en desarrollo, así como entre los funcionarios de las diversas agencias de cooperación para el desarrollo, sobre las posibilidades de

utilizar la tarificación del agua para contribuir de manera más significativa al financiamiento sostenible de las funciones de gestión de los recursos hídricos. (EUWI,2012).

El sector del agua posee unas características intrínsecas que lo hacen altamente sensible y dependiente de la gobernanza multinivel.

1. Complejidad de la Gestión del Agua:

El agua es un recurso vital para múltiples usos, incluidos el consumo humano, la agricultura, la industria y la conservación ambiental. Esta diversidad de usos requiere una coordinación efectiva entre distintos niveles de gobierno (local, regional, nacional) para asegurar una gestión equitativa y sostenible.

2. Variabilidad de los Recursos Hídricos:

Las fuentes de agua y su disponibilidad pueden variar significativamente entre regiones y estaciones del año. La gobernanza multinivel permite la implementación de políticas adaptadas a las necesidades y condiciones locales, mientras se asegura una estrategia coherente a nivel nacional y, en algunos casos, internacional.

3. Infraestructura y Financiamiento:

La construcción y mantenimiento de infraestructuras hídricas (presas, canales, sistemas de riego, plantas de tratamiento) a menudo requieren inversiones significativas que pueden ser más viables cuando se comparten entre diferentes niveles de gobierno. La cooperación multinivel también puede atraer financiamiento internacional y la participación de organizaciones no gubernamentales.

4. Armonización de Políticas:

Dado que el agua es un recurso transversal que afecta a múltiples sectores, la gobernanza multinivel facilita la armonización de políticas sectoriales (agrícolas, industriales, urbanísticas) con las estrategias de gestión de recursos hídricos, promoviendo un enfoque más integrado y coherente.

Desarrollar estos argumentos puede ayudar a resaltar la importancia de una gobernanza eficaz y coordinada en el sector del agua, subrayando cómo esta puede contribuir a una gestión más sostenible y equitativa del recurso.

Para la valoración de los recursos hídricos en la agricultura, se utilizan para ello distintos métodos. Con el propósito de presentar una idea clara del tema que se aborda en el tercer capítulo del presente documento, a continuación, se expone el desarrollo del estado del conocimiento, respecto a la valoración económica con programación matemática (PM). El desarrollo de la programación matemática desde sus orígenes a principios del siglo XVII, XVIII y XIX (Camero et al., 2016), en su relación con la investigación de operaciones, su aparición a través de las diferentes formas (Programación lineal, no lineal, dinámica, entera) en el siglo pasado (Chakraborty et al., 2020) y hasta como la se conoce hoy en día, con el apoyo de los softwares actuales, es muy basta, a fin de acotar la profundización del tema, se abordará principalmente el uso de la PM, especialmente el tipo de programación lineal, como herramienta para la valoración económica.

La programación matemática en la agricultura tuvo su origen en los intentos de modelar la economía de la producción agrícola, incluyendo su dimensión espacial. El formato de programación matemática, a veces conocido como análisis de procesos o análisis de actividades, es particularmente adecuado para la agricultura. Agricultores, agrónomos y otros especialistas agrícolas que comparten una forma común de pensar acerca de los insumos y productos agrícolas en términos del ciclo de cultivo anual y los coeficientes de insumo-producto por cualquier unidad de tierra encontraron en esta herramienta un auxiliar muy potente (Norton y Hazell, 1986).

En economía del agua, los modelos de PM frecuentemente se utilizan para cuantificar los beneficios de los cambios en la asignación o calidad del agua para la producción agrícola (Florencio et al., 2002; Rubiños et al., 2007; Ren et al., 2017) o industrial (Wong et al., 2020; Kung y Wu, 2021), considerando objetivos administrativos, económicos y ecológicos., con el fin de maximizar ingresos netos, sujetos a la restricción de la disponibilidad de recursos o acuerdos institucionales

(Ramírez et al, 2019) tuvo como objetivo determinar el precio sombra del agua utilizada en la agricultura en la Región Lagunera (Coahuila y Durango), tanto para riego por gravedad como por bombeo, con el fin de calcular tarifas eficientes que promuevan un uso económico óptimo del recurso. Para ello, se utilizó un modelo de programación lineal que incluía restricciones relacionadas con la disponibilidad de mano de obra, tierra y agua. Se analizaron varios escenarios de disminución de la disponibilidad de agua para observar cómo cambiaba su precio sombra ante estas variaciones. Los resultados mostraron que el precio sombra del agua era de \$1.56 por metro cúbico para el bombeo y de \$0.91 por metro cúbico para la gravedad. La conclusión fue que las tarifas actuales para el agua de riego en la región son considerablemente más bajas que el costo de oportunidad o precio sombra del agua.

REFERENCIAS

- Bazdresch Parada, Miguel, “La transición en el orden de gobierno municipal”, en Aziz Nassif, Alberto y Jorge Alonso Sánchez, *Globalización, poderes y seguridad nacional*, México, Miguel Ángel Porrúa/CIESAS, 2005, pp. 257-285.
- CE-FAO, 2011, La Seguridad Alimentaria: Información para la toma de decisiones. Guía Práctica, Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria.
- FAO- Pobreza rural y políticas públicas en América Latina y el Caribe Fao – Santiago, Chile, FAO, 2013
- MAG/Banco Mundial, Manual Operativo del Programa de Desarrollo Rural Sostenible (Programa PRODERS). Marzo 2006.
- Rita Schwentesius Rindermann y Alma Velia Ayala Garay. Seguridad y soberanía alimentaria en México, análisis y propuestas de políticas / compilado. 2016
- Santiago Jimenes Maria Evelinda, Estrategias de combate a la pobreza: entre la definición, le metodología y la alternativa,compilado UPAPEP,2016.
- Chacón Francisco (2005), “Introducción a la Macroeconomía”. Tercera edición.
- Say Jean Baptiste (1803), Tratado de Economía Política.
- Barro, Robert J. y Ramón Vittorio, (1997). Macroeconomía, España - Madrid: McGraw-Hill
- Coremberg, Ariel (2008). “La Medición de la Productividad y los Factores Productivos”. Disertación Doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas
- GÓMEZ O., L. 1994. La Política Agrícola en el Nuevo Estilo de Desarrollo Latinoamericano. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago, Chile. 675 p.
- Charpantier, F., & Mora, E. (2009). Aplicacion de la metodologia de matriz de analisis de politica (MAP): El caso de la cebolla amarilla en Costa Rica. Política Agrícola, 52-72.
- Delgado, D. C., Rodriguez, J. A., & Altamirano, J. R. (2013). México: factores explicativos de la produccion de frutas y hortalizas ante la apertura comercial. Revista Chapingo. Serie horticulturaqq.

- Enríquez Chimal, A. R., Montesillo Cedillo, J. L., & Juan Pérez, J. I. Agricultura y gestión integrada del agua. Reconversión agrícola en el Altiplano Mexicano.
- FAO. (2004). Política de Desarrollo Agrícola. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- INFO RURAL. (12 de NOVIEMBRE de 2019). Obtenido de <https://www.inforural.com.mx>
- Peinado Guevara, Víctor Manuel, Peinado Guevara, Héctor José, Campista León, Samuel, & Delgado Rodríguez, Omar. (2015). Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México. Estudios sociales (Hermosillo, Son.), 23(46), 114-136.
- Robert S. Pindyck, D. L. (2009). Microeconomía. Madrid, España: Pearson
- Rubiños, P. et al. (2007) "Valor económico del agua y análisis de las transmisiones de derechos de agua en distritos de riego de México". TERRA Latinoamericana 25 (1): 43-49.
- Rolland, L., & Vega Cárdenas, Y. (2010). La gestión del agua en México. Polis, 6(2), 155-188.

CAPÍTULO 3

EFFECTOS DE LA POLÍTICA AGRÍOLA EN EL INGRESO DE LOS PRODUCTORES EN EL DISTRITO DE RIEGO 023 SAN JUAN DEL RÍO QUERÉTARO

EFFECTS OF AGRICULTURAL POLICY ON THE INCOME OF PRODUCERS IN IRRIGATION DISTRICT 023 SAN JUAN DEL RIO QUERETARO

RESUMEN

La política agrícola tiene un papel importante para desarrollo de actividades agrícolas, comerciales y en el bienestar de la población en el país. La utilización de una política agrícola apropiada garantiza que el funcionamiento de programas y proyectos marchen adecuadamente. Entre los objetivos de esta investigación se encuentra el de evaluar los efectos que provoca la implementación de la política agrícola en el ingreso, las actividades agrícolas y el uso de los recursos de los productores del Distrito de Riego San Juan del Río (DDR 023), San Juan del Río, Querétaro. La metodología que se utilizó fue la programación matemática, a nivel región, modelando las implicaciones de la política de precios de garantía, precios de los fertilizantes y la de acceso al agua de riego. Se construyeron dos distintos modelos de programación: el primero fue a nivel distrito, y el segundo a nivel parcelas tipo, para observar el efecto que tuvo la aplicación de política agrícola en el distrito, aplicando los precios de garantía y el apoyo a los fertilizantes en el estado de Querétaro. Los resultados que se obtuvieron reflejan que los valores óptimos en el modelo base demuestran que actualmente en la práctica no se opera en un óptimo, el modelo planteado y procesado arroja resultados que permiten reasignar los recursos disponibles, incrementar el ingreso neto total y por consecuencia el ingreso per cápita de los productores del distrito de Riego.

Palabras clave *Política hídrica, programación positiva, riego, acuífero, recursos disponibles:*

ABSTRACT

Agricultural policy plays a key role in the development of agricultural and commercial activities and in the welfare of the population in the country. The use of an agricultural policy guarantees that programs and projects function properly. The objective of this research was to evaluate the effects of the implementation of the agricultural policy on the income and availability of resources of the producers of the Irrigation District (DDR 023), San Juan del Río, Querétaro. The methodology used was mathematical programming, at a regional level modeling the implications of the guarantee price policy, fertilizer prices and access to irrigation water. Two scenarios were constructed, the first was at the irrigation district level including the 3 modules of the district and the other to observe the effect of the application of agricultural policy in the district by applying the guarantee prices and fertilizer support in the state of Querétaro. The results obtained reflect that the optimal values obtained in the base model show that currently in practice it does not operate in a desired optimum, the model proposed and processed yields results that allow reallocating the available resources, increasing the total net income and consequently the per capita income of the producers of the irrigation district.

Keywords: *Water policy, positive programming, irrigation, aquifer, available resources*

Introducción

De acuerdo con FAO (2004) el objetivo de la política agrícola es mejorar los ingresos de los agricultores y con ello mantener la mano de obra en estas actividades. Va dirigida a fortalecer la producción de alimentos para la población nacional en conjunto con la exportación, el sector agrícola es probablemente el sector más interconectado de la economía además tiene a su cargo el mayor uso de los recursos naturales degradables como la tierra, el suelo y recursos agotables el agua (FAO,2009).

En México, la política agrícola actual incluye la aplicación de precios de garantía a productos que se producen en el distrito, como el maíz y el otorgamiento de fertilizantes en algunas regiones del país para apoyar a los pequeños productores. Este tipo de programas se implementan con el objetivo de alcanzar la autosuficiencia alimentaria, el cual ha sido uno de los ejes de acción de los últimos

periodos gubernamentales. Debido a lo anteriormente planteado el uso y el aprovechamiento del recurso hídrico sigue siendo un tema central en el desarrollo y aplicación de este tipo de programas de gobierno.

El objetivo general del Programa Precios de Garantía es asegurar un precio que permita complementar el ingreso de los pequeños y medianos productores agropecuarios de granos básicos y leche (SADER,2022).

En las políticas públicas en las cuales el objetivo principal es el otorgamiento de fondos y productos en especie como los fertilizantes impactan en los costos, de una manera en donde el productor no se hace cargo de ciertos insumos para la producción lo que en primera instancia reflejaría un incentivo a la producción de esos cultivos y sobre todo un incremento en los ingresos de los mismos.

En México, los principales usos del agua son: agrícola (76%), industrial (5%) y doméstico urbano (14%) y las termoeléctricas (5%) (INEGI,2018). Esto significa que el agua de uso agrícola requiere de especial atención ya que distribuir los recursos disponibles como el agua impactan en el ingreso y en la conservación del recurso.

La política hídrica está contenida en la Ley de Aguas Nacionales y el Plan Nacional Hídrico (PND,2019); de acuerdo con esta normatividad la necesidad de aplicar este tipo de políticas se deriva de objetivos centrales como la preservación de la calidad y cantidad del recurso para un desarrollo sostenible integral.

Para asegurar la seguridad alimentaria y una gestión sostenible del agua en la agricultura, es urgente aumentar la producción de cultivos por cada gota de agua utilizada. Esto debe lograrse sin afectar negativamente la cantidad y la calidad del agua en la cuenca inferior, según la (FAO, 2021).

La eficiencia en el uso del agua puede medirse en términos diferentes una donde los agentes emprendedores como agricultores o empresas son tratados normalmente en economía como agentes buscando decisiones que maximizan las ganancias. Las decisiones eficientes de estos agentes son las que maximizan las ganancias.

Tanto la maximización de beneficios por parte de las empresas como la maximización de la utilidad por parte de las personas generan funciones de demanda de agua sensibles al valor que los analistas pueden utilizar para medir los beneficios totales del consumo de agua. Tales medidas resultan ser cruciales para la práctica de la economía de los recursos hídricos.

En (Griffin,2005) el valor del agua es una consecuencia de la escasez de agua. La escasez de agua solo se puede medir comparando los deseos (demandas) de agua con su disponibilidad. Como primer paso al evaluar la escasez, las diversas demandas de agua deben agregarse en una demanda total.

Una visión principal de la eficiencia socioeconómica en el uso del agua es la de eficiencia económica: maximizar el valor total del agua (antes del procesamiento) en todos los usuarios, o de manera equivalente, maximizar los beneficios netos totales (después del procesamiento) en todos los usuarios.

Una visión principal de la eficiencia socioeconómica en el uso del agua es la de eficiencia económica: maximizar el valor total del agua (antes del procesamiento) en todos usuarios, o de manera equivalente, maximizar los beneficios netos totales (después del procesamiento) en todos los usuarios.

Para el análisis de este tipo de temáticas existen diversos documentos que explican y estudian el efecto de este tipo de programas y políticas desde diferentes enfoques, en donde el común denominador es la aplicación de programación matemática la cual permite asignar recursos escasos a nivel de fincas y regional, teniendo en cuenta una amplia gama de situaciones, tales como variaciones de precios y disponibilidad de recursos, actividades de producción nuevas y más rentables, y limitaciones de mercado o institucionales, entre otras (Hazell y Norton, 1986; Kaiser, y Messer, 2011).

En un modelo de programación matemática, los criterios subyacentes a la reasignación de agua a los cultivos cumplen con la equivalencia entre el ingreso y el costo marginales (Hazell y Norton, 1986, p.41 Beattie y Taylor, 1985, p.191).

En otros estudios se utiliza la programación matemática para calcular los precios sombra y la productividad marginal del agua, para poder ofrecer políticas económicas de aumento de precio (Florencio-Cruz et al., 2002 y Godinez et al,2007), y en otros casos se hace el cálculo de los precios sombra junto con el cálculo de tarifas eficientes para casos específicos en distintos cultivos tomando en cuenta el papel que juegan las políticas hídricas actuales aplicadas a los distritos de riego, con el objetivo de establecer patrones claros para mejorar el ingreso de los productores (Ramírez et al., 2019).

La metodología se ha utilizado para analizar los efectos de la eliminación del apoyo a la comercialización que el gobierno otorgaba en años anteriores, y lo que acontece con el uso de insumos como agua, mano de obra y tierra en esas condiciones, este tipo de trabajos son útiles para poder conocer los probables efectos de este tipo de eventos en patrones de cultivos para algún distrito de riego en específico (Pineda,2019), este tipo de enfoque se puede comparar con los mencionados con anterioridad los cuales permiten optimizar el uso del recurso hídrico tomando en cuenta cálculos de precios sombra y productividad (Florencio-Cruz et al., 2002).

(Trujillo-Murillo,2022) utilizan la programación para determinar los precios sombra del agua ante diferentes escenarios de escasez de este recurso, en el distrito de riego 011 lo que ayuda a comparar el beneficio neto de los productores dentro y fuera del mercado de transferencia de derechos de agua.

El objetivo principal de este trabajo es analizar los efectos de la aplicación de la política agrícola en el ingreso, las actividades agrícolas del distrito de riego y a nivel productor, así como también en el uso de los recursos disponibles de los productores que son beneficiarios de la política de precios de garantía y fertilizantes alineados a la política hídrica del estado de Querétaro. Se utilizó la programación matemática construyendo un modelo regional y modelos de fincas tipo o parcelas moda del Distrito de Riego 023. La hipótesis planteada consiste en que los productores que reciben el programa de precios de garantía y el apoyo a fertilizantes obtienen un mayor ingreso de la producción de sus cultivos, además de que se

espera que el patrón de cultivos actual es el que genera un mayor ingreso en el distrito en conjunto con la utilización adecuada de los recursos hídricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio tuvo lugar en el distrito de riego 023 San Juan del Rio, el cual se encuentra ubicado en el estado de Querétaro tal como se puede apreciar en la Figura 1, este distrito cuenta con una zona regable la cual tiene una extensión de 11,227-50-00 hectáreas, que se localizan dentro de un perímetro que comprende 17,116-26-98 hectáreas, así como por las obras que lo integran, con relación al acuerdo mediante el cual se establece el distrito de riego en cuestión, este tiene como objetivo controlar y aprovechar adecuadamente las aguas disponibles, mediante obras de almacenamiento, derivación, conducción, distribución, drenaje y demás obras complementarias, para aumentar la productividad agropecuaria de las tierras(DOF,1999).

Tiene como fuentes de abastecimiento las aguas de las presas San Ildefonso, Constitución de 1917, La Llave, y el bordo La Venta, así como de 55 pozos profundos oficiales, y las del subsuelo y residuales que resulten aprovechables (DOF,1999).

En el DDR 023 San Juan del Rio Querétaro las operaciones relacionadas con la administración y suministro del agua que se usa para cuestiones agrícolas regulada por CONAGUA. Lo integran tres módulos de riego que agrupan a 2958 usuarios.

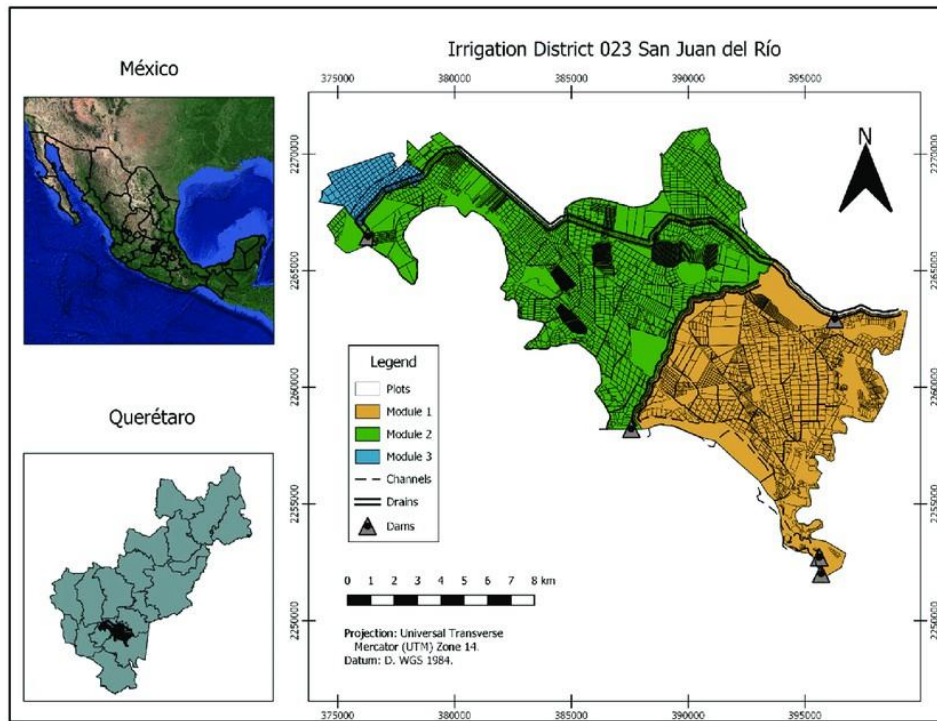


FIGURA 1.

Ubicación del Distrito de Riego 023 FUENTE: CONAGUA

Modelo empírico

En el modelo de programación matemática utilizado en esta investigación, tanto la función objetivo como las restricciones son lineales. La función objetivo se enfoca en la maximización del ingreso obtenido en el proceso de producción de los cultivos en donde son aplicadas las políticas agrícolas, para este caso es utilizado el programa de precios de garantía y el apoyo a fertilizantes.

Los modelos de optimización con programación lineal son recomendados para analizar el uso de insumos agrícolas, considerando una serie de aspectos como las políticas agrícolas, las restricciones institucionales, las funciones de demanda de insumos y oferta de productos, la competitividad de nuevas variedades de semillas y calidades de recursos, productividad de recursos, particularmente el agua (Hazel, y Northon 1986; Young, y Loomis, 2006).

La programación matemática positiva también se ha empleado para analizar los efectos económicos y espaciales provocados por la escasez y el cambio climático

en la agricultura en diversos países (Graveline *et al.*, 2014; Ponce *et al.*, 2014; Torres *et al.*, 2012 Medellín-Azuara, *et al.* 2010, Rodríguez *et al.*, 2019).

Para esta investigación, se tomaron los datos de los tres módulos de producción con los que cuenta el distrito MI, MII y MIII. Estos módulos comparten la misma fuente para el modelo de riego por gravedad. Las variables utilizadas para este estudio fueron: rendimiento (R), precio medio rural (pmr), costos de producción(cp), área sembrada (has) y volumen de agua utilizada (va), así como la inclusión de la política agrícola en el distrito de los cuales fueron ocupados el precio de garantía para el maíz y el apoyo a fertilizantes para los cultivos. Esta información fue proporcionada por funcionarios del Distrito de Riego 023 – San Juan del Rio y los COTAS que pertenecen al área de estudio, así como también de bases de datos virtuales.

Para poder identificar cual es la agricultura que se desarrolla en el distrito de riego en cuestión es importante identificar el tipo de cultivos producidos de ahí la importancia de presentar el patrón de cultivos del DDR 023.

El patrón de cultivos más reciente del DDR 023 es el siguiente:

TABLA 1. PATRÓN DE CULTIVOS 2022

DISTRITO DE RIEGO 023 SAN JUAN DEL RIO QUERETARO	
	SUPERFICIE (ha)
CICLO/CULTIVO	SEMBRADA
Otoño-Invierno	
Avena Forrajera	550
Cebada	650
Otros Cultivos	30
Zanahoria	55
Total Ciclo	1285
Primavera-Verano	
Maíz grano	3000
Jicama (nabo mexicano)	15
Total Ciclo	3015
Perennes	

Alfalfa	975
Otros Frutales	8
Rosal	103
Vid	24
Total Ciclo	1110
Segundos Cultivos	
Maíz grano	600
Otros cultivos	30
Total Ciclo	630
Total Ciclo	6040

FUENTE: Elaboración propia con datos de Conagua.(2022)

Para el inicio del análisis y el desarrollo del programa lineal, se realizó el cálculo de los precios netos de los cultivos pertenecientes al padrón de cultivos del Distrito los cuales fueron calculados mediante la resta de los costos de producción a los ingresos por hectárea de cada cultivo esto sin incluir salarios de los trabajadores y renta de la tierra.

Derivado de la obtención de esta información se desarrolló un modelo de programación lineal con diferentes escenarios el primero a nivel regional, este modelo consideró: a) 7 variables, que corresponden a los diferentes cultivos que se producen en el distrito durante los ciclos otoño-invierno, primavera-verano y perennes, las variables que se utilizaron fueron; la cebada, el maíz, la zanahoria, jícama, frutales, alfalfa y vid; b) 12 restricciones de máximo y mínimo que corresponden a la temporada de producción de acuerdo a los meses del año; y 10 restricciones correspondientes a la tierra y agua disponible, que consisten en el agua disponible por cultivo, por modulo y por distrito de riego.

Se realizaron dos escenarios diferentes, donde se involucran la política agrícola de precios de garantía y apoyo a fertilizantes, para observar la influencia que tiene la política agrícola en el distrito con relación al uso y suministro de agua en los cultivos pertenecientes al programa; la principal función de este modelo es maximizar el Ingreso Neto Total sujeto a la disponibilidad de tierra y agua de riego utilizada en el DR 023.

El planteamiento consiste en maximizar una función objetivo como la siguiente:

$$\text{MAX } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{i=1}^m A_{ij} X_j \leq B_i$$

para todo $i=1, 2, 3, \dots, m$. y $j=1, 2, 3, \dots, n$.

$$\text{Y } X_j \geq 0$$

Donde X_j = actividad del productor (cultivo) y C_j = precio neto de la j -ésima actividad;
 A_{ij} = cantidad del i -ésimo recurso necesario para producir una unidad de la j -ésima actividad; B_i = cantidad disponible del i -ésimo recurso.

Las x utilizadas en el modelo son las siguientes:

x_2 cebada, x_3 zanahoria, x_4 jicama, x_5 Maíz grano, x_6 Alfalfa, x_7 otros frutales y x_8 vid

Y las B fueron: *B_1 tierra, B_2 agua disponible*

En el primer modelo, podemos encontrar que se hizo un cálculo para obtener la maximización del ingreso obtenido por los productores, donde se tomaron en cuenta las x mencionadas en el desarrollo del modelo, sin restricción para que esto nos diera el patrón óptimo de cultivos en donde los productores del módulo maximizaran su ingreso.

Los escenarios siguientes, consistieron en la modificación de los precios en los productos pertenecientes al programa de precios de garantía, donde se hacen cálculos del cambio en el ingreso de los productores en presencia del precio impuesto por la institución gubernamental y eliminando el apoyo de esta política de precios de garantía.

El siguiente es utilizando variaciones como el aumento o descenso del precio de los fertilizantes para poder observar el comportamiento del ingreso de los productores y saber de qué manera este tipo de política impacta en el uso de insumos necesarios para la producción y el rendimiento de los cultivos.

Los cultivos analizados fueron: Cebada (*Hodeum Vulgare*), zanahoria (*Daucus carota*), maíz grano (*Zea mays*), alfalfa (*Medicago Sativa*), Jicama (*Pachyrhizus erosus*) y vid (*vitis*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la construcción del modelo se consideraron los cultivos que se sembraron en el DR 023, es decir, el patrón de cultivos en el año agrícola 2021-2022. Se procesó la información para obtener el modelo base, obteniendo una solución óptima, entendiendo que la situación óptima será la que obtenga un máximo de ingreso neto posible con la disponibilidad actual de tierra y agua y las condiciones de política agrícola mencionadas anteriormente.

De acuerdo con el modelo base se establece que el valor del programa estaría en 708 millones de pesos con los siguientes valores óptimos para el patrón de cultivos óptimo en el modelo base.

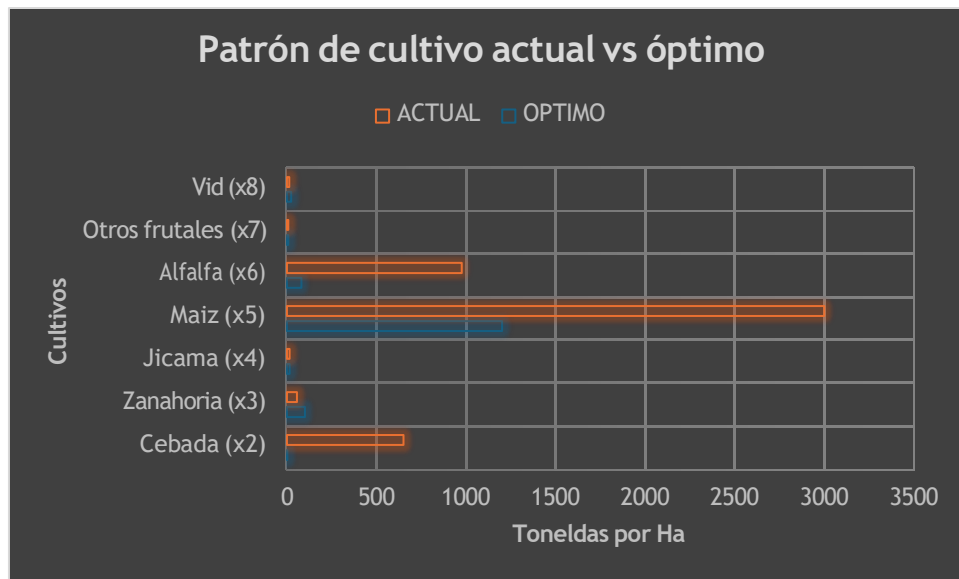


FIGURA 2. Patrón óptimo vs actual

FUENTE: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que, con las condiciones de precios de garantía y apoyo de fertilizantes y disponibilidad de agua y tierra, el valor del programa aumentaría en aproximadamente en 30 millones de pesos con relación a la

distribución actual de los cultivos, sin embargo, esta modificación resultaría de la reconversión del patrón de cultivos donde prácticamente para los ciclos analizados se tendría que eliminar la producción de cebada y vid para sustituirla por producción de zanahoria y maíz. El patrón de cultivos optimo planteado para el primer escenario es el siguiente:

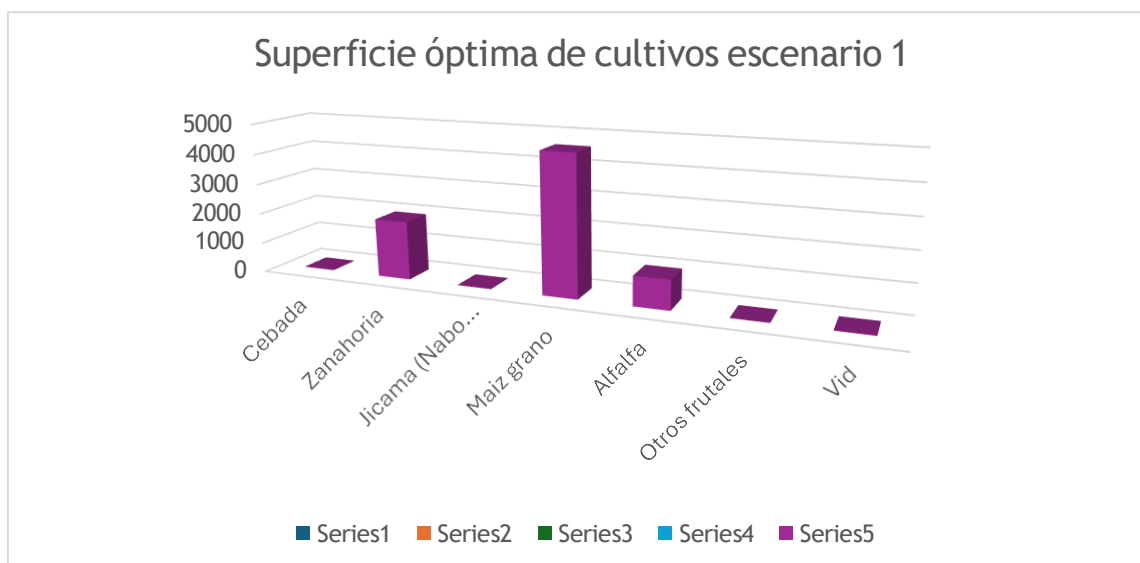


FIGURA 3.

Superficie óptima de cultivos bajo el escenario 1.

Para el siguiente escenario planteado se hicieron modificaciones para el cálculo de los precios netos de los cultivos tomando en cuenta la presencia de política agrícola para la determinación de precios y costos de producción, se tomaron en cuenta las políticas de precios de garantía y la de apoyo a fertilizantes para el campo. Sin embargo se observó que el precio medio rural para el caso del maíz es más alto que el precio de garantía, bajo estas condiciones el modelo con el escenario dos de igual manera plantea la modificación del patrón de cultivos pero se observa que existe una disminución en el valor optimo total del distrito con una diferencia de 149 millones lo que provocaría una disminución en el ingreso de los productores en relación con el modelo base y el escenario anterior además de la eliminación del cultivo de la cebada y la sustitución por zanahoria y maíz

Los valores óptimos en el escenario que nos ocupa son los siguientes:

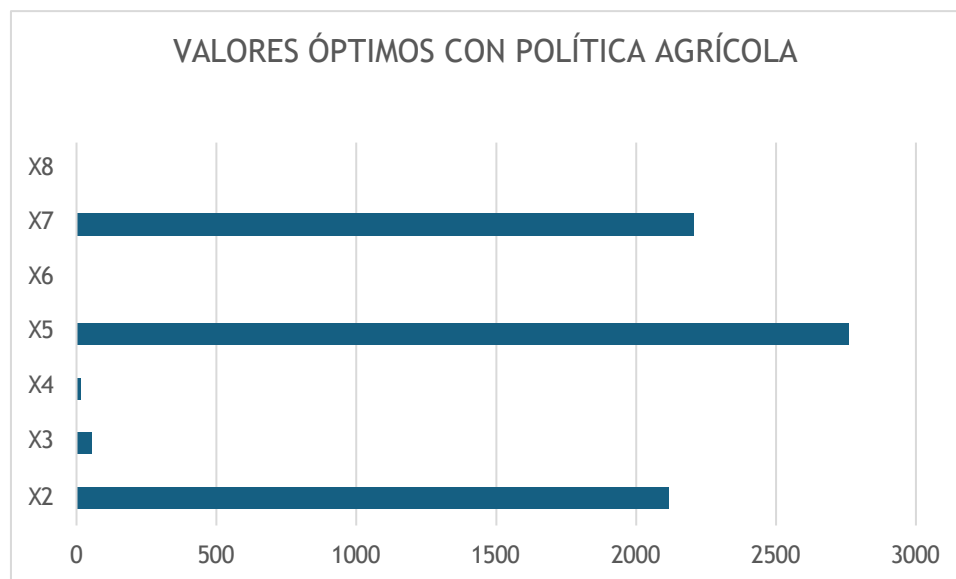


FIGURA 4.

Valores óptimos de cultivos bajo el escenario 2.

Para poder visualizar de mejor manera lo planteado con anterioridad los resultados obtenidos se pueden resumir en la siguiente tabla 2:

TABLA 2. Resultados de los escenarios

		CULTIVO	Producción (ton)	Precio neto	Ingreso neto	Superficie óptima (ha)
ESCENARIO 1	X ₂	Cebada	4,131.83	\$1,381.77	\$898,149.63	649.999373
	X ₃	Zanahoria	3,025.00	\$9,381.82	\$516,000.10	55
	X ₄	Jicama (Nabo mexicano)	900	\$8,000.00	\$120,000.00	15
	X ₅	Maíz grano	42,800.00	\$3,244.06	\$14,914,605.33	4597.51217
	X ₆	Alfalfa	78,780.00	\$194.95	\$0.00	0

	x_7	Otros frutales	121.6	\$5,606.03	\$5,745,046.78	1024.79772
	x_8	Vid	303.6	\$6,234.52	\$149,628.48	24
		CULTIVO	Producción (ton)	Precio neto POLITICA	Ingreso neto POLITICA	Superficie optima (ha)
ESCENARIO 2	x_2	Cebada	4,131.83	\$2,163.02	\$4,575,658.18	2115.40
	x_3	Zanahoria	3,025.00	\$9,472.73	\$521,000.15	55.00
	x_4	Jicama (Nabo mexicano)	900	\$8,083.33	\$121,249.95	15.00
	x_5	Maíz grano	42,800.00	\$1,903.71	\$5,253,733.53	2759.73
	x_6	Alfalfa	78,780.00	\$256.83	\$0.00	0.00
	x_7	Otros frutales	121.6	\$5,934.98	\$13,103,201.36	2207.79
	x_8	Vid	303.6	\$6,629.78	\$0.00	0.00

Los resultados de esta investigación con respecto del precio sombra se reportan por escenario; se obtuvo que para el primer escenario es de \$.10 m⁻³ MN y para el segundo el cual contempla para política agrícola es de \$.43 m⁻³ MN los cuales nos indican que sucedería ante un aumento reflejado por metro cubico en la cantidad actual disponible de agua, la función objetivo aumentaría \$.10 y \$.42 pesos para cada escenario.

El precio sombra se entiende como el dato que refleja la escasez de los recursos tomando en cuenta el equilibrio entre la demanda y la oferta en un mercado, es también conocido como el precio social, precio económico o el precio que refleja el costo de oportunidad (Hurtado,1994).

Otras investigaciones han encontrado valores para el precio sombra para distintos distritos de riego de la república mexicana; para el caso de la comarca lagunera (Ramírez, 2019), encontró que a partir del análisis de los distintos escenarios de disminución de la disponibilidad del agua los resultados muestran que el precio

sombra del agua es de \$1.56 por metro cúbico para el bombeo y de \$0.91 por metro cúbico para el riego por gravedad. Se concluyó que las tarifas pagadas por el agua de riego en la región son significativamente inferiores al costo de oportunidad o precio sombra del agua

En estudios como este se hace el uso de escenarios en donde se disminuye la disponibilidad del recurso hídrico, lo cual sirve para estudiar posibles escenarios futuros de escasez lo cual lleva a obtener resultados donde el valor económico del agua es mayor al vigente en el lugar de estudio; (Ortega, 2019) usa la programación matemática para conocer los probables efectos de eventos como la disminución de la disponibilidad de agua y la aplicación de política agrícola en el distrito. Se construyeron varios escenarios con supuestos de reducción del recurso agua para evaluar su productividad. En el primer escenario, aunque se observa una reducción en la producción de trigo, el uso de semillas mejoradas mitiga el impacto en la superficie sembrada. En el segundo escenario, la eliminación del apoyo a la comercialización disminuye la competitividad por el uso de recursos hídricos en los cultivos básicos.

Trujillo-Murillo (2022) mediante programación lineal, desarrolló un primer modelo para determinar precios sombra en tres escenarios de escasez de agua (15, 30 y 50% de reducción de recursos hídricos) y compararlos con las tarifas de riego que se pagan actualmente en la Comunidad de Regantes 011. El segundo modelo estableció un esquema fue utilizando los mismos escenarios de escasez de agua (15, 30 y 50%). Este modelo se desarrolló para comparar el beneficio neto de los productores dentro y fuera del mercado de transferencia de derechos de agua. Los resultados fueron que el precio sombra medio del agua es de MN\$ 3,9 m³; esta cantidad es superior a la cuota de riego (0,15 MN\$ m³). Los porcentajes de transferencia de agua son del 25,8, 29,1 y 36,1%, obteniéndose un 7,6, 7,4 y 11,7% de beneficio neto, respectivamente, para cada escenario de escasez de agua (15, 30 y 50%).

El cálculo de los precios sombra indica que la capacidad de pago de los productores de la región para obtener una unidad adicional de agua es superior a las tarifas que actualmente abonan.

En Martínez-Luna (2021) se implementó un modelo de programación lineal para maximizar el ingreso neto de los agricultores, considerando 17 actividades agrícolas, tanto cíclicas como perennes, y sujetas a 57 restricciones relacionadas con superficie, agua, mano de obra y maquinaria. Los resultados muestran que el ingreso neto del DR 100 aumentaría en 273 millones de pesos si se adoptara el patrón óptimo de cultivos, en comparación con el ciclo agrícola 2015-2016. El precio económico del agua, calculado por el modelo, fue de \$1.44 por metro cúbico, mucho más alto que los \$0.02 por metro cúbico que se pagan actualmente por las cuotas de riego. Esto confirma la existencia de un significativo subsidio al consumo de agua, por lo que se recomienda un aumento en las cuotas pagadas por los agricultores.

En todos los casos donde hay una disminución del recurso agua se registra una reducción en el Ingreso total del distrito, en términos absolutos dicha disminución es mayor en los distritos grandes, en términos porcentuales se registra una disminución del 30% del ingreso total de los productores por no disponer de manera suficiente de agua, así mismo el cálculo del precio sombra refleja el costo de oportunidad del recurso hídrico en los distritos de riego analizados.

CONCLUSIONES

Los valores óptimos del modelo base señalan que actualmente en la práctica no se está operando en un óptimo, el modelo planteado y procesado arroja resultados que permiten reasignar los recursos disponibles, incrementar el ingreso neto total y por consecuencia el ingreso per cápita de los productores del distrito de Riego.

Sin embargo, los escenarios planteados arrojaron resultados que indican la redistribución de los recursos disponibles y sobre todo la modificación del patrón de cultivos eliminando algunos de ellos como lo es la cebada y la avena. Además, se observa que la diferencia de ingreso entre los escenarios indica que la política

agrícola que actualmente opera en los cultivos del distrito de riego no tiene influencia ni mejora en la asignación y sobre todo en el rendimiento de los cultivos por lo que no incrementa el ingreso de productores, ni incentiva a la producción de los cultivos con política agrícola expresada en precios de garantía y el apoyo a los fertilizantes, debido a que aun cuando se reducen los costos, no se ve reflejado en el precio medio rural de los mismos, el que sigue siendo más alto que el precio de garantía y el precio con presencia de apoyo a fertilizantes en el DR023. Para el caso de las tarifas de riego usadas en el modelo, se recomienda un aumento gradual mismo que puede hacerse de manera escalonada, lo que permitiría a las personas encargadas de la administración del DR023 obtener un ingreso extra por cada metro cúbico de agua disponible.

LITERATURA CITADA

Aguilar, A. y R. Canizales. 2008. "La demanda de transmisión de derechos de agua en México: un análisis descriptivo para el periodo 2001-2006", Gaceta de Administración del Agua , II(1) (35-43)

Programa Nacional Hídrico, 2007-2012, México. 2010. Censos de aprovechamientos de los acuíferos del programa piloto para apoyar la estabilización de acuíferos sobreexplotados en México, Subdirección General de Administración del Agua, México. 2011.

Dinar, A. 2000. The political economy of water pricing reforms , World Bank.

(DOF,1999) ACuerdo por el que se establece el Distrito de Riego 023 San Juan del Río, ubicado en el Estado de Querétaro.

Economic Research Service of the US Department of Agriculture. 2004. Decoupled Payments in a Changing Policy Setting, Agricultural .

INEGI (2018) Cuéntame México en cifras
<https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/usos.aspx?tema=T>

FAO 2004. Food and Agricultural Organization. Política y Desarrollo Agrícola. Conceptos y Principios. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y La Alimentación. Roma.

FAO (2009) Food and Agricultural Organization. Políticas Públicas para enfrentar la crisis alimentaria. Roma

FAO (2021) Food and Agricultural Organization Gestion de Aguas Agrícolas. Boletín
<https://www.iaea.org/es/temas/gestion-del-agua-con-fines-agricolas>

Florencio-Cruz, V., Valdivia-Alcalá, R., & A. Scott, C. (2002). Productividad del agua en el distrito de riego 011, Alto Rio Lerma. Agrociencia, 36(4): 483–493.

Godínez-Montoya, Lucila; García-Salazar, José Alberto; Fortis-Hernández, Manuel; Mora-Flores, José Saturnino; Martínez-Damián, Miguel Ángel; Valdivia-Alcalá, Ramón; Hernández-Martínez, Juvencio Valor económico del agua en el sector agrícola de la Comarca Lagunera Terra Latinoamericana, vol. 25, núm. 1, enero-marzo, 2007, pp. 51-59 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México

Griffin, R.C. (2005). Water Resource Economics: The Analysis of Scarcity, Policies, and Projects.

Hazell, P.B.R., & Norton, R.D. (1986). *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*. MacMillan Publishing Company, New York

Kaiser, Harry Mason and Kaiser, Kent D. M. 2011. *Mathematical programming for agricultural, environmental, and resource economics* / Harry M.

Ortega-Gaucin, David, Mejía Sáenz, Enrique, Palacios Vélez, Enrique, Rendón Pimentel, Luis, & Exebio García, Adolfo. (2009). Modelo de optimización de recursos para un distrito de riego. *Terra Latinoamericana*, 27(3), 219-226. Recuperado en 24 de agosto de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000300006&lng=es&tlng=es.

Plan Nacional del Desarrollo, [P.N.D], Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], 12 de julio de 2019, (México).

Martínez-Luna, Domingo, Mora-Flores, José S., Exebio-García, Adolfo A., Arana-Coronado, Oscar A., & Arjona-Suárez, Enrique. (2021). Valor económico del agua en el Distrito de Riego 100, Alfajayucan, Hidalgo. *Terra Latinoamericana*, 39, e544. Epub 05 de abril de 2021. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.544>

Ramirez Barraza, Brenda Aracely et al. Tarifas eficientes para el agua de uso agrícola en la Comarca Lagunera. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* [online]. 2019, vol.10, n.3, pp.539-550. Epub 30-Mar-2020.

Rodriguez F., J. M.; Medellín A., J.; Valdivia A., R.; Arana C., O. A.; & García S., R. C. 2019 Insights from a Calibrated Optimization Model for Irrigated Agriculture under Drought in an Irrigation District on the Central Mexican High Plains. *Journal Water* 2019, 11, 858.

SADER (2022). Todo lo que debes saber del programa de precios de garantía. Blog

Trujillo-Murillo, J., & Perales-Salvador, A. (2022). Precio sombra y costo real del agua para riego en Acámbaro, Guanajuato. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 13(5), 326–364. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-13-05-09>

Young, R. A., & Loomis, J. B. (2014). *Determining the economic value of water: concepts and methods*. Routledge.

Zetina-Espinosa, Ana M., Mora-Flores, José S., Martínez-Damián, Miguel Á., Cruz-Jiménez, Joaquín, & Téllez-Delgado, Ricardo. (2013). Valor económico del agua en el distrito de riego 044, Jilotepec, Estado de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(2), 139-156. Recuperado en 24 de agosto de 2024, de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722013000200001&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722013000200001&lng=es&tlng=es)

CAPITULO 4

POLÍTICA AGRICOLA Y USO DE RECURSOS BAJO UN ENFOQUE DE PROGRAMACIÓN MATEMATICA EN EL DISTRITO 023 SAN JUAN DEL RIO QUERETARO

AGRICULTURAL POLICY AND RESOURCE USE UNDER A MATHEMATICAL PROGRAMMING APPROACH IN DISTRICT 023 SAN JUAN DEL RIO QUERETARO

Cruz Herrera Karen Lucero¹, Medellín-Azuara Josue², Valdivia Alcalá Ramón³,
Martínez Damián Miguel Ángel⁴,

¹Universidad Autónoma Chapingo-División de Ciencias Económico
Administrativas. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México,
México. C.P. 56230. Tel.: (0052) (595) 9521500. <http://orcid.org/0000-0003-1516-844X> E-mail: kacruzhe@gmail.com

² University of California- Merced 5200 Lake Road, Merced, California 95343.
Tel.: (001) (209) 2284400 <https://orcid.org/0000-0003-1379-2257> E-mail:
jmedellin@ucmerced.edu

³Universidad Autónoma Chapingo-División de Ciencias Económico
Administrativas. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México,
México. C.P. 56230. Tel.: (0052) (595) 9521500. <http://orcid.org/0000-0003-0434-3169> E-mail: ramvaldi@gmail.com

⁴Universidad Autónoma Chapingo-División de Ciencias Económico
Administrativas. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México,
México. C.P. 56230. Tel.: (0052) (595) 9521500 <https://orcid.org/0000-0002-1215-7406> E-mail: angel24559@gmail.com

RESUMEN

En México, la política agrícola, que se aplica a los pequeños y medianos productores, está diseñada para apoyar los problemas económicos y ambientales de los cultivos prioritarios en México.

Este trabajo Aquí se trabaja bajo un enfoque de Programación Matemática Positiva para analizar los efectos que tiene la aplicación de las dos principales políticas agrícolas las cuales contemplan el programa de fertilizantes para el bienestar y precios de garantía en la extensión total de un distrito de riego. El distrito de Riego analizado es el Distrito 023, ubicado en San Juan del Río en el estado de Querétaro, México. El modelo planteado en este trabajo tiene restricciones de tierra y agua; fue analizado con datos del ciclo 2021-2022 como año base.

Los resultados que se obtuvieron fue que con el escenario de la política para el bienestar se obtienen los mayores ingresos para los productores con la modificación del patrón de cultivos lo que refleja que las políticas con apoyo a insumos y disminución de costos tienen un impacto positivo en el proceso productivo y una mejora del 12% en la asignación de los recursos hídricos del distrito, caso contrario con las políticas de aumento de precio de los cultivos que tienen como objetivo incentivar la producción y se observa una disminución en la producción y los ingresos de los productores.

Palabras clave

Política Agrícola, programación matemática positiva, recursos hídricos, distrito de riego

Abstract

In Mexico the agricultural policy is applied to small and medium producers, it is designed to support environmental economic problems of priority crops in Mexico.

This paper works under a Positive Mathematical Programming approach to analyze the effects of the application of the three main agricultural policies applied in the total

extension of an irrigation district. The irrigation district analyzed is District 023, located in San Juan del Rio in the state of Queretaro, Mexico. The calibrated model used land and water restrictions and was calibrated with the year 2021-2022 as the base year.

The results obtained were that with the welfare policy scenario, the highest income for producers is obtained with the modification of the crop pattern, which reflects that the policies with input support and cost reduction have a positive impact on the production process and an improvement in the allocation of the district's water resources; the opposite is the case with the crop price increase policies that aim to incentivize production and show a decrease in the production and income of producers.

Keywords

Agricultural policy, positive mathematical programming, water resources, irrigation district

1. INTRODUCCIÓN

La política agrícola en México ha tenido cambios con el paso de los años, estos cambios se derivan de situaciones económicas, políticas y sociales que acontecen en distintos puntos del país. Otra situación que ha cambiado la forma de actuar del sector académico y gubernamental es la disponibilidad y utilización de los recursos hídricos; con el transcurso del tiempo la utilización de manera eficiente de los recursos hídricos ha cobrado importancia debido a la escasez de estos recursos y a su carácter esencial en la agricultura, entendiendo que la escasez se deriva de situaciones como la sobreexplotación de los recursos y la contaminación de estos.

En los últimos treinta años, el sector agrícola mexicano ha experimentado cambios estructurales típicos de los países en desarrollo, como la disminución de su participación en el PIB total, que ha sido del 4.5%. También ha habido una reducción en la proporción de la población rural respecto al total y un cambio en los hábitos alimentarios, con un aumento en el consumo de productos de origen animal, frutas y verduras, como respuesta al crecimiento del ingreso per cápita (BID, 2022).

El creciente aumento de la población y de la demanda de alimentos en conjunto con el deterioro ambiental y la escasez de los recursos hídricos, han traído consigo la necesidad de reformar las acciones y políticas agrícolas que se implementan en el mundo.

El agua es un recurso esencial para el desarrollo y la sostenibilidad del sector agrícola, y su importancia se puede abordar desde diferentes perspectivas.

El agua es indispensable para el cultivo de la mayoría de los alimentos que consumimos. Las plantas requieren agua para realizar la fotosíntesis, un proceso vital para su crecimiento. Sin agua, no es posible mantener una producción constante de alimentos, lo que afectaría directamente la seguridad alimentaria. Además, el agua es necesaria para la irrigación de los cultivos en áreas donde las precipitaciones son insuficientes o irregulares.

La agricultura es la principal fuente de alimentos para la población mundial, y la disponibilidad de agua es crucial para garantizar una oferta continua de alimentos.

En regiones donde el acceso al agua es limitado o escaso, los rendimientos agrícolas disminuyen, lo que puede generar escasez de alimentos y aumentar los precios, afectando a los consumidores y productores.

La gestión del agua en el campo tiene implicaciones sociales y políticas importantes. La escasez de agua puede generar conflictos por el acceso a este recurso, especialmente en áreas donde la competencia por el agua es alta. Las políticas de gestión eficiente del agua pueden ayudar a evitar tensiones sociales y promover la paz y la cooperación entre comunidades rurales.

En los países en desarrollo, la agricultura y la pesca desempeñan un papel crucial en el crecimiento económico y en la generación de empleo. Los gobiernos suelen intentar fomentar la producción y mejorar los ingresos de los productores reduciendo los costos de los insumos o incrementando los precios de los productos. Al mismo tiempo, buscan mantener los precios de los alimentos bajos, especialmente para beneficiar a las poblaciones más vulnerables. (OCDE,2018).

La agricultura de regadío es el mayor usuario de agua y una parte importante de la economía local en muchas regiones del mundo, pero también es un sector del que se espera que se adapte a los cambios en las condiciones y demandas hídricas urbanas y medioambientales. Howitt et al. (2012).

Las redistribuciones del agua entre sectores y la significativa disminución de los recursos hídricos destinados a la agricultura deben ir de la mano con el aumento de la eficiencia en el uso del agua y la mejora de los sistemas de abastecimiento de este recurso. Además, es necesario implementar políticas y programas agrícolas que contribuyan a optimizar el sector hídrico.

La agricultura en México juega un papel determinante para alcanzar los objetivos gubernamentales nacionales e internacionales de autosuficiencia alimentaria, sin embargo, es bien sabido que por lo menos para el caso de este país, que si bien la agricultura representa un sector económico importante se encuentra en una situación en desventaja en materia de políticas públicas y desarrollo.

En México el 88.8% de los productores menciona que uno de los principales retos del campo mexicano es el enfrentarse a los altos costos de los servicios y materiales utilizados por el campo (INEGI, 2022).

Ante la problemática mencionada con anterioridad, se deben diseñar y replantear las políticas mexicanas dirigidas al sector agrícola (BID,2022) y sobre todo hacer cara hacia escenarios de diseño de política donde cada vez las condiciones ambientales y de disponibilidad de recursos hídricos es más complicada debido a la sobre explotación de estos y a cambios en el medio ambiente derivado de las actividades productivas.

Anteriormente se han analizado desde diferentes perspectivas la aplicación de política agrícola utilizando diferentes metodologías entre los cuales está (Soto, 2003) donde se efectúa un análisis de las condiciones en que se realiza la agricultura de los principales distritos de riego, uno de los resultados de este estudio es la transformación en la estructura social del campo mexicano, así como el rápido crecimiento de varias ciudades ubicadas en las zonas favorecidas por el riego o las industrias agropecuarias.

También existen autores que estudian el efecto de programas y políticas agrícolas desde diferentes enfoques como lo es la programación matemática, en análisis de resultados, y matrices de evaluación de política; estos enfoques representan un esfuerzo de la comunidad para analizar el impacto que tiene la aplicación de los programas agrícolas en el sector agrícola mexicano analizando la manera en que estos impactan en el ingreso de los productores, o en el comportamiento de la producción de los productos agrícolas. Es importante señalar que cada uno de ellos tiene relevancia e importancia para analizar y proponer mejoras en el aspecto en el que se esté evaluando. La mayoría de los trabajos analizados para esta ocasión son los que aplican la programación matemática debido a que permite asignar recursos escasos a nivel de fincas y regional, teniendo en cuenta una amplia gama de situaciones, tales como variaciones de precios y disponibilidad de recursos, actividades de producción nuevas y más rentables, y limitaciones de mercado o institucionales, entre otras (Hazell y Norton, 1986; Kaiser, H. y Messer, K., 2011).

En la agricultura, aumentar la eficiencia económica mediante la reasignación del agua a los cultivos con mayor valor es una forma de garantizar que los usuarios puedan aumentar sus ganancias. En un modelo de programación matemática, los criterios subyacentes a la reasignación de agua a los cultivos cumplen con la equivalencia entre el ingreso y el costo marginales (Hazell y Norton, 1986, p.41; Beattie y Taylor, 1985, p.191).

La importancia de la aplicación de políticas en el sector agrícola radica en los resultados que éstas pueden ofrecer a la sociedad, tanto en el medio social, económico y ambiental. Durante años los objetivos que predominan en las políticas mexicanas han sido el de contribuir al desarrollo económico del sector agrícola a través de apoyos directos, lograr la autosuficiencia alimentaria, contribuir a la mejora en rendimientos de los cultivos.

Este tipo de programas se dividen esencialmente en dos tipos los de apoyo directo y en especie, para este trabajo se tomaron en cuenta tres: el primero y el que ha sido predominante en los últimos seis años (2018-2024), es la el apoyo a la comercialización a través de la aplicación de un precio de garantía; en segundo lugar está el programa de Fertilizantes para el Bienestar que se desarrolla bajo un esquema de entrega de fertilizantes a los productores lo cual impacta en los costos de producción de los diferentes cultivos del sector agrícola mexicano y el tercero es el de Producción para el bienestar donde se otorga una suma mensual a los productores con el objetivo de contribuir al ingreso de cada uno de ellos.

El objetivo principal de este trabajo es analizar los efectos de la aplicación de la política agrícola en la distribución y uso de los recursos hídricos en los cultivos del Distrito de Riego 023 San Juan del Rio en Querétaro mediante la utilización de la metodología de programación matemática positiva, las políticas que van a ser analizadas son: el Programa de Precios de Garantía, Fertilizantes para el Bienestar y Producción para el Bienestar que son operados actualmente por el gobierno en turno en sinergia con SEGALMEX y los gobiernos estatales.

1.2 Modelos con programación matemática

Para el análisis de política agrícola se han implementado diversos enfoques entre los cuales se encuentran los de como programación matemática, matriz de análisis de políticas, evaluación directa de políticas públicas entre otras.

La modelación en programación matemática positiva (PMP) se lleva a cabo bajo un sustento teórico y permite después de su calibración la inclusión de variables tanto de medio ambiente como económicas y técnicas. Y son de ayuda debido a que su formulación puede ser con recursos limitados, que es el caso para los distritos de riego y el campo mexicano. Esto trae consigo la oportunidad de modelar los escenarios con la información que se obtiene de las fuentes aun con limitantes y a su vez evaluar las políticas mediante las distintas técnicas de programación.

(Pineda,2019) estudia la eliminación del apoyo gubernamental a la comercialización de granos básicos y sus efectos sobre el uso de insumos como agua, mano de obra y tierra. Para ello, se emplea la programación matemática para evaluar los posibles impactos de estas medidas. En el estudio, se construyen escenarios con supuestos de reducción del recurso hídrico para analizar su efecto en la productividad agrícola.

Utilizando técnicas de programación lineal, se elaboró un modelo de optimización de recursos hídricos para el distrito de riego 005, ubicado en Delicias, Chihuahua, México. Este modelo permitió estimar tanto la superficie de riego como el patrón de cultivos más adecuado para maximizar los beneficios netos de los productores. Se evaluaron cuatro escenarios diferentes, considerando la disponibilidad de volúmenes clave en las fuentes de agua y dos niveles de eficiencia en la conducción de la red de canales. (Ortega-Gaucin et al, 2009).

La programación lineal ayuda a optimizar los patrones de cultivo propuestos anualmente por los comités hidráulicos en los distritos de riego. Este algoritmo tiene en cuenta factores como la eficiencia del riego, la superficie disponible, los requerimientos hídricos de los cultivos, el volumen de agua disponible y

restricciones sociales que afectan la producción. La optimización resultante permite un uso más adecuado de los recursos de agua y suelo (Lopez,2008).

Se han realizado estudios con enfoques a la metodología de PMP, y han servido para obtener resultados entre los cuales podemos encontrar el de Medellín-Azuara et al. (2009) quienes estimaron el valor económico del agua de uso agrícola en el estado de Baja California, utilizando el modelo para obtener la demanda derivada del agua con la utilización de precios sombra calculados a partir de escenarios donde disminuye la cantidad disponible de agua.

También está el caso de Layani et al. (2023) en donde se utiliza PMP para investigar los efectos de la reforma de la política agrícola en el modelo de cultivo y la sostenibilidad de los recursos hídricos en la cuenca de la presa de Doroodzan, en la provincia de Fars, al sur de Irán, donde la gestión de los recursos hídricos es un grave problema debido al crecimiento demográfico y a las sequías periódicas. La investigación inicial consistió en analizar cómo las políticas de precios (precio de garantía y precio mundial de los cultivos) y las políticas no relacionadas con los precios (supresión de las subvenciones a los insumos agrícolas y mejora de la eficiencia del riego) influyeron en el patrón de cultivo.

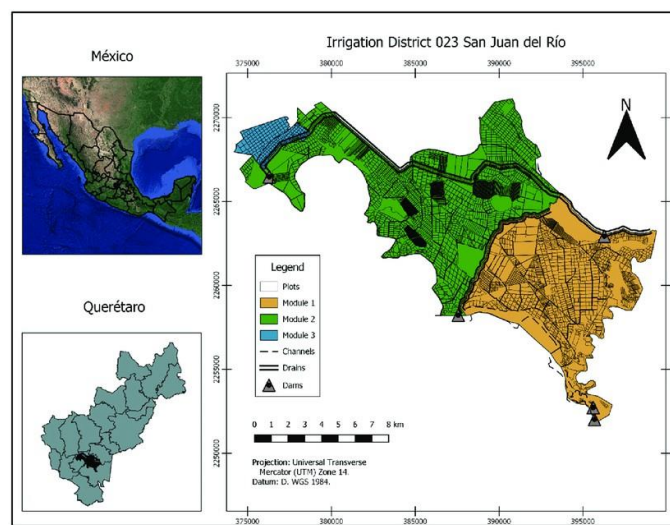
En este sentido, las investigaciones mencionadas en párrafos anteriores muestran que la programación matemática resulta competente para poder modelar escenarios de políticas en los distritos de riego con el objetivo de maximizar los ingresos netos de los productores ante presencia o modificación de programas agrícolas en México, aunado a esto se justifica la utilización de la programación matemática ante recursos limitados y se podría entender como que este trabajo contribuye a la literatura de análisis de política y uso de los recursos hídricos en los distritos de riego debido a que utiliza un modelo de programación no lineal calibrado para simular los escenarios planteados de políticas y a su vez esto puede beneficiar a los involucrados a en la política a tomar mejores decisiones en la distribución de los recursos en los distritos de riego a nivel modulo o distrito.

2. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El estudio tendrá lugar en el distrito de riego 023 San Juan del Río, el cual se encuentra ubicado en el estado de Querétaro, este distrito cuenta con una zona regable de 11,227 hectáreas, que se localizan dentro de un perímetro que comprende 17,116 hectáreas, así como por las obras que lo integran, con relación al acuerdo publicado en el diario oficial de la federación mediante el cual se establece el distrito de riego en cuestión, este tiene como objetivo controlar y aprovechar adecuadamente las aguas disponibles, mediante obras de almacenamiento, derivación, conducción, distribución, drenaje y demás obras complementarias, para aumentar la productividad agropecuaria de las tierras. (DOF,1999)

El Distrito de Riego 023 se localiza entre los municipios de San Juan del Río y Pedro Escobedo en el estado de Querétaro, México (Figura 1), y tiene una superficie de 11,227 ha y 2068 usuarios. El agua para riego se obtiene de las presas San Ildefonso, Constitución de 1917, La Llave y La Venta, y de 54 pozos profundos. Está constituida legalmente por tres módulos de riego y el clima predominante es semiárido con lluvias estivales, con una precipitación media anual de 599 mm y temperatura media anual de 21° (CONAGUA.2021).

Figura 1. Ubicación del Distrito de Riego 023 San Juan del Río Querétaro.



Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

3. METODOS

La metodología a utilizar en el presente artículo es la Programación Matemática Positiva (Howitt 1995), con la cual se diseñará un modelo de simulación enfocado a productores, gestores o a las responsables políticas que les permita evaluar el posible impacto de distintos factores como precios, rendimientos y subsidios en el sector agrario, en el cual se maximiza el beneficio neto total del distrito de riego.

El PMP es un método para calibrar los modelos de programación matemática en función del comportamiento observado durante un periodo de referencia, utilizando la información proporcionada por las variables duales de las restricciones de calibración (Howitt, 1995; Paris, 2002).

Los modelos de PMP de evaluación de políticas agrarias se han empleado para incluir que los agricultores adopten de forma voluntaria medidas agroambientales a cambio de políticas públicas o proyectos a su favor.

Como se mencionó anteriormente el objetivo de este modelo es la maximización del beneficio neto total de la producción del distrito de riego. Esta investigación toma en cuenta un distrito de riego que se compone de tres módulos de riego, y este modelo en específico busca maximizar el rendimiento neto económico de la tierra del módulo I.

La metodología PMP ha sido utilizada como se ha visto en párrafos anteriores, para calcular el valor económico del agua, para analizar políticas de riego en distintos países, y para la evaluación de políticas agrícolas aplicadas en distintas partes del mundo.

El proceso que se llevó a cabo para la obtención de resultados consistió en construir un modelo de programación lineal donde se maximiza el beneficio total de uno de los tres módulos de riego que comprenden el distrito de riego. El modelo lineal se calibro al año agrícola 2021-2022 sujeto a la disponibilidad que se pudo observar de los recursos: tierra y agua. Los valores duales que se obtuvieron de esta función se utilizaron para establecer una función cuadrática de costos por cada cultivo, y

esta función se integró en un modelo final del cual se construyeron escenarios con cambios en el precio y costos para identificar el cambio en el patrón de cultivos donde se optimiza la utilización de recursos y poder observar los cambios que existen en presencia de política agrícola.

El planteamiento original de PMP se compone de tres fases (Howitt,95), en la primera fase resuelve un modelo de programación lineal de producción que maximiza los beneficios netos, en esta fase a diferencia de los demás métodos de programación lineal se agrega una restricción para calibrar a las demás restricciones de recursos y esto a su vez restringe las actividades a los niveles que se observan en el año base.

En la segunda fase se obtienen los precios sombra de los cultivos analizados y estos sirven para parametrizar una función de costos cuadrática, y como tercera fase se obtiene un programa no lineal de maximización de beneficios con restricciones. El objetivo esta dado por la función de costos calibrada no lineal y una función de producción con restricciones de acuerdo con la disponibilidad de los recursos.

En los modelos PMP se asume que los productores de las regiones analizadas toman decisiones informadas y optimas aun cuando el contexto en el que se desenvuelven no sea el adecuado. Cabe recalcar que esta metodología también asume que los costos marginales son iguales a los ingresos marginales porque de esta forma se llega a resultados del modelo donde se reproduce escenarios optimos aun cuando exista escasez de alguna de nuestras restricciones.

3.1 Calibración del modelo de programación lineal

Para la primera fase del desarrollo de un modelo de PMP es la formulación de un modelo de programación lineal donde se añaden las restricciones de calibración y se puede expresar como:

$$\Pi(x_i) = \sum_i^n P_i y_i x_i - \sum_i^n C_i x_i \quad (1)$$

$$\text{s.t } x_i \leq \beta_i \text{ and} \quad (2)$$

$$\tilde{x} \leq \tilde{x} + \varepsilon \quad (3)$$

$$x_i \leq 0 \quad (4)$$

Donde la ecuación (1) representa la suma del beneficio neto del módulo I y es igual al precio del cultivo i (P_i) multiplicado por el rendimiento por hectárea del cultivo i (Y_i) menos los costos de cultivar una hectárea del cultivo i multiplicado por la variable (X_i) que es el número óptimo de hectáreas planteadas del cultivo i en el módulo I.

En la ecuación (2) se dan las restricciones de los recursos que son los coeficientes de los insumos utilizados en cada hectárea del cultivo (X_i) limitada a la cantidad de recursos disponibles de tierra y agua en el módulo I.

Se añade una restricción de calibración ecuación (3), que limita la variable de decisión (X_i) al valor observado en el año base x_i , al que se añade un ε para garantizar que el nivel de actividad pueda ser igual al observado, en este modelo $\varepsilon = 0.001$. Y como parte final en la ecuación (4) se añaden las condiciones de no negatividad que restringen los resultados a valores positivos.

3.2 Fase dos: estimación de la función de costos cuadrática

Para la fase dos se utilizan los valores duales en la función de costos que se expresa de la siguiente manera:

$$CT = \sum_i^n [\alpha_i x_i + \frac{1}{2} \gamma_i x_i^2] \quad (5)$$

$$x_i \leq 0$$

Esta función de costos se modela para cada cultivo del módulo I con los valores observados de producción y uso de insumos, utilizando el precio sombra de los insumos obtenido con la restricción de calibración de la ecuación (3).

3.3 Modelo de programación no lineal calibrado

Para esta etapa se utiliza una función de programación no-lineal sujeta a la disponibilidad de los recursos del módulo I para obtener el beneficio neto total.

$$\Pi(x_i) = \sum_i^n p_i y_i x_i - \sum_i^n \left[\alpha_i x_i + \frac{1}{2} \gamma_i x_i^2 \right] \quad (6)$$

sujeto a

$$A\bar{x} \leq b$$

El modelo calibrado arroja como resultado una asignación que replica los niveles $\bar{x}$ sin necesidad de añadir restricciones de calibración.

Para este modelo cabe recalcar que se tomaron solo valores disponibles de agua subterránea, y los cultivos que no pertenecen a la producción de invernadero y solo al cultivo al aire libre para modulo I del distrito de Riego 023, en San Juan del Rio Querétaro.

3.4 Model dataset

El modelo planteado en esta investigación requiere de información detallada por cultivo en los que se incluya la superficie cosechada, el uso estimado de agua por cultivo, precios medios rurales y costos de producción. La mayoría de los datos fueron recolectados durante los meses de febrero y marzo de 2023 de las oficinas de CONAGUA en el distrito de riego 023 de San Juan del Rio en Querétaro y del Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) que es un órgano consultivo y de asesoría encargado de coordinar, planificar y supervisar las actividades relacionadas con la gestión y conservación de los recursos hídricos subterráneos en una determinada región o cuenca. Este comité está compuesto por expertos y autoridades en hidrogeología, recursos hídricos, y áreas relacionadas, y su principal objetivo es garantizar el uso sostenible de las aguas subterráneas, así como proponer políticas, estrategias y regulaciones para prevenir su sobreexplotación y contaminación; los precios medios rurales fueron tomados del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) y para el caso de los costos se utilizaron datos de FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). La

información relacionada con las políticas agrícolas fue obtenida de las reglas de operación de cada una de ellas.

3.4.1 Selección de datos

Para esta investigación solo se tomaron en cuenta los datos del módulo I del distrito por ser el módulo con más hectáreas de riego disponibles. Los cultivos que fueron analizados son los siguientes: Avena (avena sativa), cebada (hordeum vulgare), maíz (cea maíz), alfalfa (medicago sativa) y vid (vitis), los cuales representan 90% de la superficie cosechada del módulo I tal como se puede observar en la tabla 1 y corresponden al año agrícola 2021-2022.

Tabla 1. Patrón de cultivos con superficie cosechada Modulo I.

MODULO I	
CULTIVO	SUPERFICIE (ha)
OTOÑO-INVIerno	
Avena Forrajera	550.00
Cebada	650.00
Otros cultivos (Invernadero)	30.00
PRIMAVERA-VERANO	
Maíz grano	3,000.00
PERENNES	
Alfalfa	975.00
Vid	24.00
SEGUNDOS CULTIVOS	
Máiz grano	600.00
Otros cultivos (Invernadero)	30.00
TOTAL	5,867.00

En la tabla 2 se observa las cantidades de agua observadas por actividad en el módulo I del distrito de riego.

Tabla 2.

Cantidades observadas de agua y rendimiento por cultivo

Cultivo	Agua aplicada (m3/ha)	Precio Medio Rural (mxn/ton)
Avena	5.8	950
Cebada	7.4	10500
Maíz	7.5	6963
Alfalfa	16.2	705
Vid	8.1	15300
Maíz	3.5	6963
TOTAL	48.5	

El agua disponible del módulo es la reportada por el distrito y se tomó como año base el 2021-2022. El coeficiente de uso de agua para cada cultivo corresponde al volumen aplicado a cada cultivo y esta expresado en metros cúbicos (m3).

Los precios medios rurales que fueron utilizados son reportados por las oficinas de CONAGUA en el distrito de riego y comparados con los publicados en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

El modelo asume que los agricultores toman decisiones con el objetivo de maximizar el beneficio neto de su producción durante un ciclo agrícola. En este modelo de producción no lineal, se selecciona el patrón de cultivo óptimo hasta que el producto marginal de los cultivos elegidos se iguale al costo marginal. Para el modelo de políticas agrícolas se utilizaron los valores monetarios de los apoyos a los agricultores reportados en las reglas de operación de los tres programas analizados. Algo importante a mencionar para la obtención y la interpretación de los resultados del modelo calibrado son los objetivos plasmados en las reglas de operación para cada política agrícola que se resumen en la tabla siguiente:

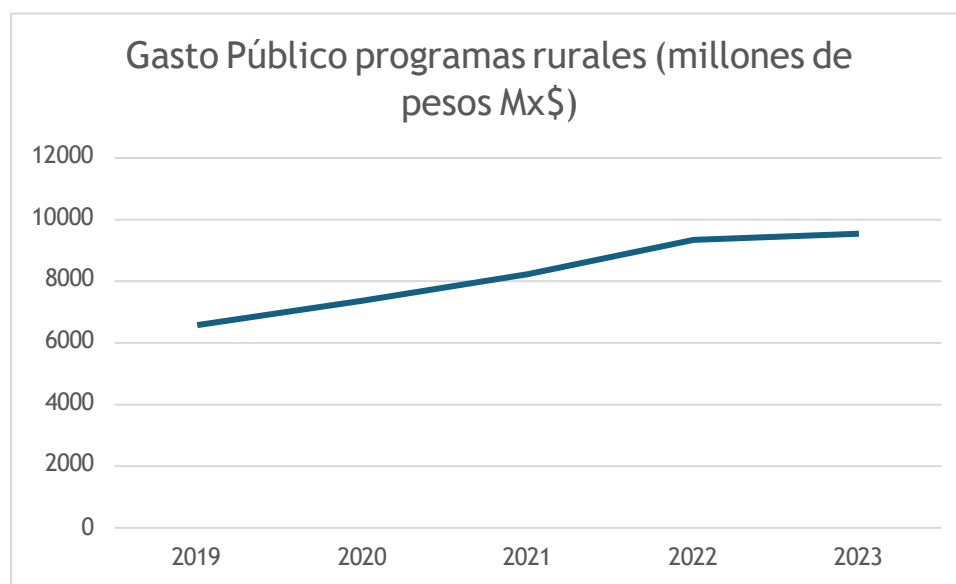
PRECIOS DE GARANTIA	FERTILIZANTES	PRODUCCION PARA EL BIENESTAR
*Impulsar la producción de alimentos básicos y fortalecer la economía de los pequeños productores del campo * El objetivo es aumentar el ingreso de los pequeños productores agropecuarios, fomentar la producción nacional de granos básicos y leche fresca, y asegurar la disponibilidad de alimentos para la canasta básica.	*Contribuir a la producción de los cultivos prioritarios.	*Incrementar los rendimientos de los cultivos y productos seleccionados dentro del programa para productores agropecuarios de pequeña y mediana escala, con el fin de promover la autosuficiencia alimentaria. *Brindar apoyo económico directo a los productores de pequeña y mediana escala, preferentemente en cultivos como maíz, frijol, trigo panificable, arroz, así como amaranto, chía, caña de azúcar, café, cacao, nopal o miel, a través de ayudas directas.

Fuente: DOF (2022)

De la tabla anterior se desprende que durante los últimos años la política y los programas agrícolas mexicanos han cambiado su población objetivo a una más vulnerable, actualmente la mayoría de las políticas agrícolas se enfocan a pequeños y medianos productores, focalizando la entrega hacia los cultivos prioritarios, como

lo es el maíz, el trigo, el frijol, y la avena. En su mayoría los programas agrícolas tienen como objetivo incentivar la producción y contribuir a que los productores agrícolas incrementen el ingreso por sus actividades centrando los apoyos en pequeños y medianos productores para crear un ambiente menos desigual con los productores de gran escala.

En México, la política de precios de garantía ha sido aplicada a diversos cultivos, como maíz, frijol, trigo y arroz. El presupuesto aprobado y ejercido para la política de precios de garantía ha tenido una evolución ascendente sin embargo los efectos que ha tenido con el paso de los años han sido contradictorios de acuerdo con algunas investigaciones publicadas.



Para el caso de fertilizantes para el bienestar de igual manera es un programa federal nacido en el año 2019, el cual tuvo como objetivo atender a productores de pequeña y mediana escala en el estado de Guerrero para el año 2020 se incorporaron 3 estados más a la lista y desde el año 2023 el programa tiene una cobertura nacional, de igual forma el presupuesto para este programa ha ido en aumento de acuerdo con la cobertura y los resultados analizado por la parte gubernamental.

Ahora bien, "Producción para el Bienestar" es un programa de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) diseñado para pequeños y medianos

productores de granos como maíz, trigo harinero, frijol y arroz, así como café y caña de azúcar. Los apoyos económicos se otorgan directamente a los productores, ya sean ejidatarios o pequeños propietarios, a través de cuentas bancarias, órdenes de pago o la Tarjeta de Bienestar.

Es bueno reconocer que algunas de las políticas que son analizadas en este trabajo han sido aplicadas por algunos años, con otros nombres y con cambios en las reglas de operación de cada una de ellas.

4. RESULTADOS

El modelo de programación lineal calibrado que fue utilizado en esta investigación y el modelo para evaluar las políticas agrícolas y su efecto en el uso y la distribución de recursos del distrito se formularon y resolvieron los escenarios utilizando el software GAMS, el modelo fue calibrado con valores observados del año base 2021-2022.

La política agrícola es y será uno de los ejes fundamentales para el desarrollo social y económico de un país; la implementación de una política agrícola en el sector representa un esfuerzo conjunto de los actores involucrados en el ambiente de aplicación. La agricultura mexicana ha carecido de impulso y evaluaciones que le permitan funcionar de acuerdo con sus objetivos, la mayoría de ellas terminan siendo de carácter asistencialista en donde no son perceptibles cambios o aspectos de mejora. Existen mecanismos desde diferentes disciplinas para la evaluación de políticas, para esta ocasión la utilización de PMP ayudo a generar escenarios en donde se puede medir y observar la sensibilidad de los factores tierra, agua e ingreso a algún cambio en la política y el efecto que estos cambios tienen en el distrito de riego analizado.

Las diferencias encontradas en el área cultivada se encuentran plasmadas en la tabla 3, para el caso de la avena se ve una reducción significativa del 43% de la superficie optima esto debido a que productos como el maíz se ven incentivados a su producción con la disminución de costos y con la aplicación de políticas agrícolas enfocadas a los granos básicos en la producción nacional mexicana. Es interesante

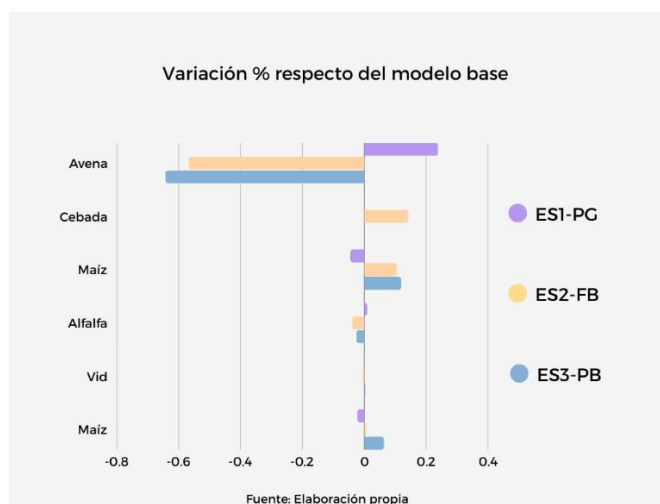
recaltar que, para el escenario de precios de garantía, el cultivo que fue modificado fue el maíz, lo que esperaría un comportamiento de aumento en la superficie optima de cosecha debido a que del patrón de cultivos es el único beneficiario de este programa, sin embargo, en este escenario el maíz disminuye en un 4.5% lo que supone que la política de precios de garantía no está cumpliendo con el objetivo de incentivar la producción de los granos básicos en el distrito analizado.

Tabla 3. AREA POR CULTIVO (ha)

	BA	ES1-Precios de garantía	ES2-Fertilizantes para el bienestar	ES3-Produccion para el bienestar
Avena	300	372	130	107
Cebada	300	300	343	300
Maíz	1450	1384	1604	1624
Alfalfa	780	788	749	760
Vid	17	17	17	17
Maíz	600	586	604	639

Agregando más a la observación anterior podemos desprender que el maíz tiene el mismo comportamiento para los datos analizados como maíz de segundos cultivos. Para el caso de la vid, se observa que la superficie en los escenarios planteados es la misma, por lo que no arroja cambios esperados aun cuando la rentabilidad de este tipo de cultivos es atractiva para la producción de este.

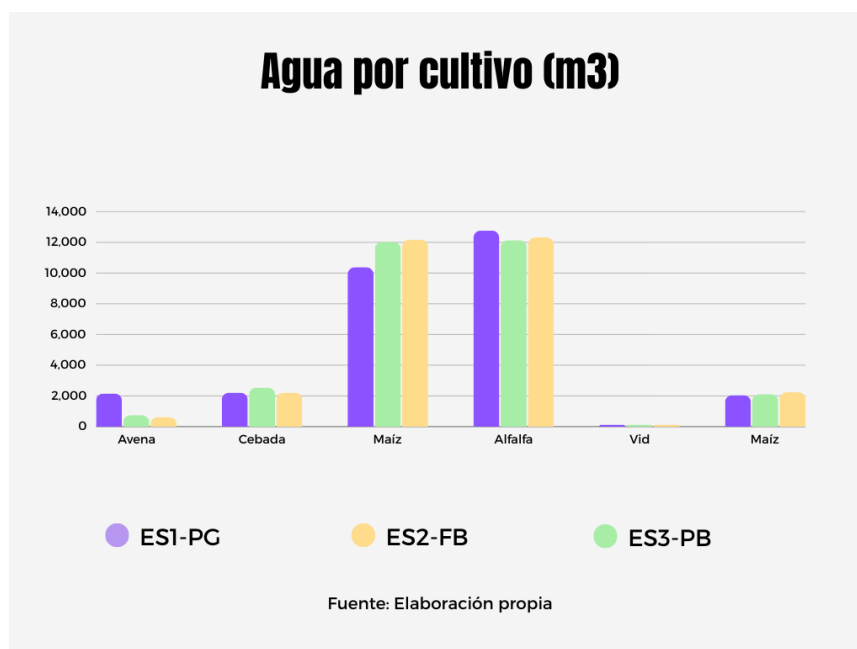
Grafica 1. Variaciones % de escenarios con respecto al modelo base.



La grafica anterior muestra las variaciones observadas en los escenarios procesados en el modelo calibrado, podemos observar que la avena es la que más variación tiene con los tres escenarios planteados, en segundo lugar, se encuentra el maíz lo que puede reflejar que su sensibilidad a los cambios en política agrícola al ser el grano de primera necesidad es muy alta, debido a que la mayoría de las políticas analizadas comprenden el maíz como un producto primario para la agricultura mexicana y las políticas se enfocan en productos de este tipo.

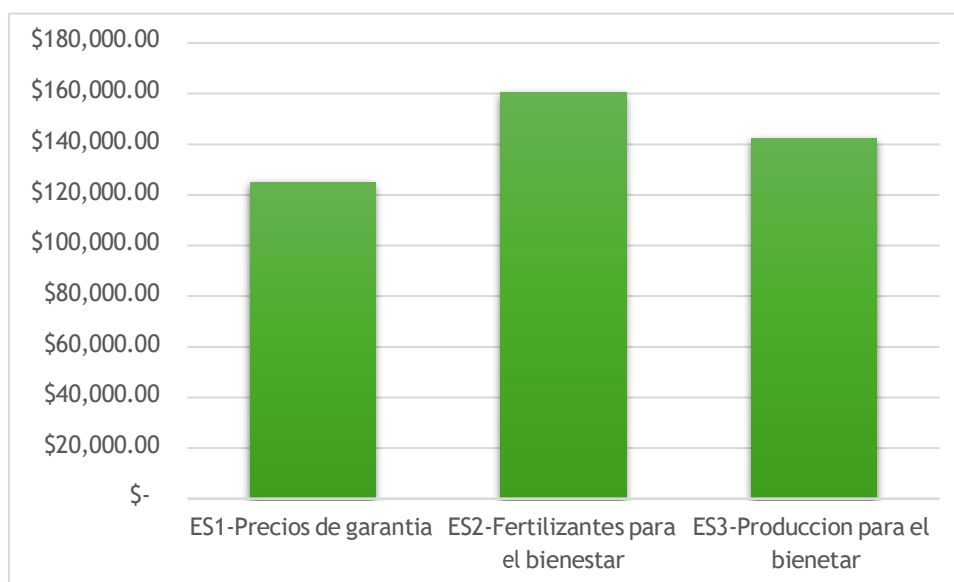
Ahora bien, otro aspecto importante de analizar debido a la situación por la que pasan los acuíferos y los distritos de riego en México es la utilización del agua por cultivos, sabemos que la modificación y la tecnificación de riego han funcionado para incrementar la productividad y hacer eficiente el uso del agua, sin embargo, debido a las sequias y a la sobreexplotación de los mantos acuíferos cada vez es más complicado mantener niveles adecuados en los mantos acuíferos y satisfacer la demanda de agua en cualquiera de sus diferentes uso, ya sea industrial o agrícola por ejemplo.

El agua para el distrito de riego analizado desde dos ciclos anteriores al periodo analizado ha sido solo de fuentes subterráneas y se prevé que para los ciclos siguientes esta situación no cambie debido a que las presas de las que se abastece el distrito han reflejado niveles muy bajos; de igual forma cabe aclarar que a los productores del distrito se les cobra una determinada tarifa por el uso del agua que diseñan e implementan las autoridades por modulo y estas mismas autoridades son las encargadas de distribuir el agua disponible entre los productores que la soliciten; con la tabla de abajo podemos observar la cantidad de agua por cultivo que requeriría cada cultivo por escenario de política que se procesó.



Sabemos que los recursos hídricos demandan atención debido a la situación de vulnerabilidad a la que se enfrentan, la escasez del agua que es ocasionada por la sobreexplotación de los mantos acuíferos y los cambios climatológicos que provocan menos lluvias restringe en muchas ocasiones la cantidad de agua disponible en los módulos de los distritos de riego, para el caso de este eje de análisis el cultivo de avena es el que representa un cambio notorio en la cantidad de agua que utiliza debido a la variación en la superficie óptima que cada escenario reporta.

Otro aspecto que puede analizarse derivado de este análisis es la de los ingresos que se obtendrían con los escenarios planteados y se presentan en la gráfica siguiente:



Derivado de la gráfica anterior podemos observar que con el escenario planteado para la política de Fertilizantes para el Bienestar, se obtiene mayor ingreso que con las demás políticas que son encaminadas a brindar un apoyo al incremento de la producción y comercialización de los productos, estos resultados se pueden entender de la manera en que los costos de los insumos y fertilizantes representan en su mayoría porcentajes significativos en el proceso de producción de los cultivos lo que reflejaría que una política como la fertilizantes generaría una disminución en los costos lo que incentivaría a los productores a cultivar los productos que se encuentran en el padrón de cultivos beneficiados por esta política.

En particular se puede observar que los escenarios contruidos para este trabajo donde se hacen modificaciones, traen como resultado que las políticas analizadas cumplen su función de mover los niveles de producción y la utilización de recursos de los cultivos analizados, así como disminuir los costos para los productores sin embargo al momento de analizar las ganancias que el distrito tiene con cada uno de los escenarios planteados el que resulta más beneficioso para los agricultores es la política de fertilizantes, se considera esto debido a que la fertilización de los productos suele representar un gran porcentaje de los costos de producción y el hecho de recibirlos ayuda a que los costos disminuyan significativamente.

5. CONCLUSIONES

Las políticas de apoyo del gobierno en el sector agrícola pueden proporcionar algunos objetivos previstos por los responsables políticos; sin embargo, pueden tener ineficiencias medioambientales, sociales y, a veces, económicas. Por lo tanto, el análisis político no sólo debe examinar la eficacia de estas políticas desde el punto de vista de los componentes económicos, sino que también, en una visión más global, debe evaluar el impacto de estas políticas en otros aspectos como la sostenibilidad (Layani,2023).

La programación matemática ha ayudado en muchas investigaciones a la obtención de resultados útiles para mejorar las condiciones del área de estudio. Como se menciona anteriormente la programación matemática también resulta de utilidad para la modelación de escenarios que pueden beneficiar a las condiciones de los recursos hídricos en el mundo.

Se reconoce que de los escenarios se obtienen conclusiones como la modificación del patrón de cultivos para alcanzar una mejor distribución de los recursos, sin embargo, existen limitaciones técnicas y operativas en las zonas de estudio que no permiten la realización de estos cambios en el corto plazo.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son obtenidos bajo un escenario optimizador donde los productores alcanzan los máximos beneficios por su proceso productivo y en donde se está a favor de la aplicación de la política agrícola para corregir y subsanar los errores del sector agrícola mexicano.

Se debe hacer conciencia sobre las condiciones actuales del campo mexicano, donde sin restarle importancia económica al sector hay que diseñar y aplicar políticas agrícolas que sean de beneficio para todos los actores involucrados siendo conscientes de los cambios que el clima y el deterioro ambiental han traído a los niveles de disponibilidad de recursos naturales, sobre todo los hídricos.

No se debe dejar de lado la importancia de las unidades administrativas de riego y administración de los recursos hídricos en México, se debe orientar su operación y

sobre todo vigilar que los procesos para el cuidado y la conservación de los recursos hídricos sean los adecuados sea cual sea su ubicación geográfica.

Las recomendaciones de política que se hacen derivado del análisis anterior se resumen en las siguientes: análisis de diagnóstico de las políticas implementadas en el distrito de riego, impulsar políticas que vayan encaminadas a la conservación y manejo adecuado de los recursos hídricos y el impulso a diálogos con los actores involucrados para poder promover acciones que conlleven a una mejora en la aplicación y diseño de estas políticas.

La política agrícola en México es de gran importancia debido a diversos factores que afectan tanto a la economía del país como a la seguridad alimentaria y el bienestar de la población. Algunas de las razones clave que destacan la importancia de la política agrícola en México son:

- Seguridad Alimentaria: La producción agrícola es fundamental para garantizar el suministro de alimentos básicos para la población. Una política agrícola eficiente busca asegurar que el país pueda producir suficientes alimentos para satisfacer las necesidades de la población, reduciendo la dependencia de las importaciones y garantizando la disponibilidad de alimentos a precios asequibles.
- Desarrollo Rural: La agricultura desempeña un papel crucial en el desarrollo de las áreas rurales. La implementación de políticas agrícolas adecuadas puede contribuir al crecimiento económico en estas regiones, generando empleo, mejorando la infraestructura y elevando la calidad de vida de la población rural.
- Contribución a la Economía: El sector agrícola es una parte importante de la economía mexicana. Las políticas agrícolas bien diseñadas pueden estimular la productividad y la eficiencia en la agricultura, contribuyendo así al crecimiento económico del país.
- Generación de Empleo: La agricultura es una fuente significativa de empleo en México, especialmente en áreas rurales. Las políticas agrícolas que fomentan la modernización, la tecnificación y la diversificación pueden

generar más oportunidades de empleo y mejorar las condiciones laborales en el sector.

- **Conservación del Medio Ambiente:** Las políticas agrícolas también pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente. Estrategias que promueven prácticas agrícolas sostenibles y la conservación de recursos naturales contribuyen a la preservación del medio ambiente y al desarrollo sostenible.
- **Comercio Internacional:** La política agrícola también está vinculada al comercio internacional. Decisiones relacionadas con aranceles, cuotas y acuerdos comerciales afectan la competitividad de los productos agrícolas mexicanos en los mercados internacionales.
- **Resiliencia ante Crisis:** Las políticas agrícolas también deben abordar la resiliencia del sector frente a crisis como sequías, inundaciones u otras emergencias. Estrategias de gestión de riesgos pueden ayudar a mitigar los impactos adversos en la producción agrícola.

Por último los resultados de este trabajo pueden ser útiles para las autoridades locales y los responsables de la política para poder analizar e implementar acciones que lleven a mejoras en las condiciones de asignación de recursos en beneficio de todos los actores productivos involucrados.

BIBLIOGRAFIA

Banco Interamericano de Desarrollo (2022) Políticas Agrícolas en México: una visión agregada y análisis de programas clave.

Diario Oficial de la Federación DOF (1999) Acuerdo del Distrito de Riego 023, CONAGUA

Diario Oficial de la Federación DOF (2022) Acuerdo por el que se dan conocer las Reglas de Operación del Programa de Precios de garantía, SADER.

Diario Oficial de la Federación DOF (2022) Acuerdo por el que se dan conocer las Reglas de Operación del Programa de Fertilizantes para el ejercicio fiscal 2023.

Diario Oficial de la Federación DOF (2022) Acuerdo por el que se dan conocer las Reglas de Operación del Programa de Producción para el bienestar, SADER.

Howitt, R. E. (1995). A calibration method for agricultural economic production models. *Journal of agricultural economics*, 46(2), 147-159

Howitt, R. E., Medellín-Azuara, J., MacEwan, D., & Lund, J. R. (2012). Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Environmental Modelling & Software*, 38, 244-258.

INEGI (2022). Censo Agropecuario 2022. INEGI

Kaiser, Harry Mason and Kaiser,
Kent D. M.2011.
Mathematical programming for agricultural, environmental, and resource economics
/ Harry M.

Layani, G., Mehrjou, S., & Farajzadeh, Z. (2023). Effects of government policies reform on environmental sustainability: An integrated approach of PMP and system dynamics simulation model. *Journal of Cleaner Production*, 426, 138985.

López, J. I. (2008). Optimización de patrones de cultivo de distritos de riego del noroeste de México. *Revista Chapingo serie zonas áridas*, 7(2), 157-163.

Medellín-Azuara, J., Howitt, R. E., Waller-Barrera, C., Mendoza-Espinosa, L. G., Lund, J. R., & Taylor, J. E. (2009). A calibrated agricultural water demand model for three regions in northern Baja California. *Agrociencia*, 43(2), 83-96.

Ortega-Gaucin, D., Mejía Sáenz, E., Palacios Vélez, E., Rendón Pimentel, L., & Exebio García, A. (2009). Modelo de optimización de recursos para un distrito de riego. *Terra Latinoamericana*, 27(3), 219-226.

Pineda Espejel, M. I. (2019). Efectos en el uso del agua en un distrito de riego, ante cambios de política agrícola y mejoras de la investigación para la adaptación al cambio climático.

Programa Hídrico Regional 2021-2024 (2021) Comisión Nacional del Agua, 43-46.

Rodriguez F., J. M.; Medellín A., J.; Valdivia A., R.; Arana C., O. A.; & García S., R. C. 2019 Insights from a Calibrated Optimization Model for Irrigated Agriculture under Drought in an Irrigation District on the Central Mexican High Plains. *Journal Water* 2019, 11, 858.

Banco Mundial (2022) El agua en en la Agricultura. Banco Mundial <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>

CONCLUSIONES GENERALES

México ha dependido históricamente del sector agrícola como una parte fundamental de su economía, tanto en términos de empleo como de producción de alimentos básicos. Sin embargo, a pesar de los avances en ciertas áreas, como la modernización de técnicas y la expansión de cultivos para la exportación, el sector agrícola sigue enfrentando retos como la baja productividad y el rezago en infraestructura.

A pesar de los esfuerzos por parte del gobierno, las políticas agrícolas no han logrado reducir significativamente la pobreza en las zonas rurales. Gran parte de los agricultores en México son pequeños productores que no cuentan con los recursos necesarios para acceder a tecnologías más avanzadas ni a financiamiento adecuado. Esto ha generado una desigualdad entre grandes productores y pequeños campesinos, quienes son los más vulnerables.

El futuro de la política agrícola en México enfrenta varios desafíos, entre ellos la necesidad de fortalecer las instituciones rurales, garantizar la justicia social para los pequeños productores, adaptar el campo a los retos del cambio climático, y fomentar una mayor inclusión financiera y tecnológica. Además, es clave reformar la política agraria para que sea más equitativa, sostenible y eficiente en el uso de los recursos.

Los programas agrícolas en México han buscado, en gran medida, incluir a pequeños productores y comunidades rurales en las políticas públicas. Algunos de estos programas han logrado dar acceso a financiamiento, insumos y servicios técnicos, mejorando la productividad de una parte de los pequeños productores.

Uno de los mayores problemas de los programas agrícolas en México es la mala implementación a nivel local. Los recursos a menudo no llegan de manera eficiente, y la corrupción o la falta de transparencia en la distribución de los apoyos han socavado la efectividad de muchas iniciativas.

A pesar de los esfuerzos por mejorar la productividad y las condiciones de vida de los agricultores, los programas agrícolas en México siguen estando muy enfocados en subsidios. Esto genera una dependencia de los productores de los apoyos gubernamentales, en lugar de fomentar un modelo más autónomo y orientado a la competitividad del sector.

Es necesario evolucionar hacia programas que fortalezcan la autonomía productiva de los campesinos, integrándolos en una lógica de desarrollo más empresarial y sostenible.

Los programas agrícolas en México han tenido avances y han mostrado un enfoque creciente hacia la sostenibilidad y la mejora de las condiciones de vida en el campo. Sin embargo, aún enfrentan múltiples retos, entre los que se destacan la mala implementación, la desigualdad en el acceso a los recursos y la falta de autonomía de los productores. Para mejorar la efectividad de estos programas, es fundamental adoptar un enfoque más integral, que combine la modernización agrícola con el desarrollo social, ambiental y económico de las zonas rurales.

En resumen, la política agrícola en México necesita avanzar hacia un modelo más inclusivo, sostenible y adaptado a los desafíos del siglo XXI. Si bien se han logrado algunos avances, existen muchos retos pendientes que requieren una cooperación más estrecha entre el gobierno, los productores y la sociedad en general.

REFERENCIAS GENERALES

Banco Interamericano de Desarrollo (2022) Políticas Agrícolas en México: una visión agregada y análisis de programas clave.

Diario Oficial de la Federación DOF (1999) Acuerdo del Distrito de Riego 023, CONAGUA

Diario Oficial de la Federación DOF (2022) Acuerdo por el que se dan conocer las Reglas de Operación del Programa de Precios de garantía, SADER.

Diario Oficial de la Federación DOF (2022) Acuerdo por el que se dan conocer las Reglas de Operación del Programa de Fertilizantes para el ejercicio fiscal 2023.

Diario Oficial de la Federación DOF (2022) Acuerdo por el que se dan conocer las Reglas de Operación del Programa de Producción para el bienestar, SADER.

Howitt, R. E. (1995). A calibration method for agricultural economic production models. *Journal of agricultural economics*, 46(2), 147-159

Howitt, R. E., Medellín-Azuara, J., MacEwan, D., & Lund, J. R. (2012). Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Environmental Modelling & Software*, 38, 244-258.

INEGI (2022). Censo Agropecuario 2022. INEGI

Kaiser, Harry Mason and Kaiser, Kent D. M. 2011. Mathematical programming for agricultural, environmental, and resource economics / Harry M.

Layani, G., Mehrjou, S., & Farajzadeh, Z. (2023). Effects of government policies reform on environmental sustainability: An integrated approach of PMP and system dynamics simulation model. *Journal of Cleaner Production*, 426, 138985.

López, J. I. (2008). Optimización de patrones de cultivo de distritos de riego del noroeste de México. *Revista Chapingo serie zonas áridas*, 7(2), 157-163.

Medellín-Azuara, J., Howitt, R. E., Waller-Barrera, C., Mendoza-Espinosa, L. G., Lund, J. R., & Taylor, J. E. (2009). A calibrated agricultural water demand model for three regions in northern Baja California. *Agrociencia*, 43(2), 83-96.

Ortega-Gaucin, D., Mejía Sáenz, E., Palacios Vélez, E., Rendón Pimentel, L., & Exebio García, A. (2009). Modelo de optimización de recursos para un distrito de riego. *Terra Latinoamericana*, 27(3), 219-226.

Pineda Espejel, M. I. (2019). Efectos en el uso del agua en un distrito de riego, ante cambios de política agrícola y mejoras de la investigación para la adaptación al cambio climático.

Programa Hídrico Regional 2021-2024 (2021) Comisión Nacional del Agua, 43-46.

Rodriguez F., J. M.; Medellín A., J.; Valdivia A., R.; Arana C., O. A.; & García S., R. C. 2019 Insights from a Calibrated Optimization Model for Irrigated Agriculture under Drought in an Irrigation District on the Central Mexican High Plains. *Journal Water* 2019, 11, 858.

Banco Mundial (2022) El agua en en la Agricultura. Banco Mundial <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>

Bazdresch Parada, Miguel, "La transición en el orden de gobierno municipal", en Aziz Nassif, Alberto y Jorge Alonso Sánchez, *Globalización, poderes y seguridad nacional*, México, Miguel Ángel Porrúa/CIESAS, 2005, pp. 257-285.

FAO, IFAD and WFP. 2013. The State of Food Insecurity in the World 2013. The multiple dimensions of food security. Rome, FAO.

CE-FAO, 2011, La Seguridad Alimentaria: Información para la toma de decisiones. Guía Práctica, Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria.

FAO- Pobreza rural y políticas públicas en América Latina y el Caribe Fao – Santiago, Chile, FAO, 2013

MAG/Banco Mundial, Manual Operativo del Programa de Desarrollo Rural Sostenible (Programa PRODERS). Marzo 2006.

Rita Schwentesius Rindermann y Alma Velia Ayala Garay. Seguridad y soberanía alimentaria en México, análisis y propuestas de políticas / compilado. 2016

Santiago Jimenes Maria Evelinda, Estrategias de combate a la pobreza: entre la definición, le metodología y la alternativa, compilado UPAPEP, 2016.

Chacón Francisco (2005), "Introducción a la Macroeconomía". Tercera edición.

Say Jean Baptiste (1803), Tratado de Economía Política.

Barro, Robert J. y Ramón Vittorio, (1997). Macroeconomía, España - Madrid: McGraw-Hill

Coremberg, Ariel (2008). "La Medición de la Productividad y los Factores Productivos". Disertación Doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas

GÓMEZ O., L. 1994. La Política Agrícola en el Nuevo Estilo de Desarrollo Latinoamericano. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago, Chile. 675 p.

Appendini, K. (2009). Los campesinos frente a la política de abasto: una contradicción permanente.

Charpantier, F., & Mora, E. (2009). Aplicación de la metodología de matriz de análisis de política (MAP): El caso de la cebolla amarilla en Costa Rica. Política Agrícola, 52-72.

Delgado, D. C., Rodríguez, J. A., & Altamirano, J. R. (2013). México: factores explicativos de la producción de frutas y hortalizas ante la apertura comercial. Revista Chapingo. Serie horticulturaqq.

Enríquez Chimal, A. R., Montesillo Cedillo, J. L., & Juan Pérez, J. I. Agricultura y gestión integrada del agua. Reconversión agrícola en el Altiplano Mexicano.

FAO. (2004). Política de Desarrollo Agrícola. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

INFO RURAL. (12 de NOVIEMBRE de 2019). Obtenido de <https://www.inforural.com.mx>

Peinado Guevara, Víctor Manuel, Peinado Guevara, Héctor José, Campista León, Samuel, & Delgado Rodríguez, Omar. (2015). Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México. Estudios sociales (Hermosillo, Son.), 23(46), 114-136.

Robert S. Pindyck, D. L. (2009). Microeconomía. Madrid, España: Pearson

Rubiños, P. et al. (2007) "Valor económico del agua y análisis de las transmisiones de derechos de agua en distritos de riego de México". *TERRA Latinoamericana* 25 (1): 43-49.

Rolland, L., & Vega Cárdenas, Y. (2010). *La gestión del agua en México*. *Polis*, 6(2), 155-188.