

Tipificación del productor agrícola de riego de la región delimitada por el acuífero de Chupaderos

ALBERTO VÉLEZ-RODRÍGUEZ¹,
LUZ EVELIA PADILLA-BERNAL¹
VÍCTOR MANUEL ORTIZ-ROMERO¹

Resumen

La disponibilidad del agua subterránea para diferentes usos cada vez es menor en México. La demanda crece debido a la explosión demográfica, intensificación del riego e industrialización. Esto ha originado mayor atención a los niveles de sobreexplotación de los acuíferos, a las cantidades consumidas en los diferentes usos y al manejo eficiente del recurso. La agricultura es la principal consumidora de agua y opera con niveles de eficiencia muy bajos. De continuar con este crecimiento de la demanda de agua subterránea, la agricultura será la actividad productiva que mayor presión reciba respecto a cantidades asignadas y a requisitos de manejo.

Se tipifica tecnológicamente al productor agrícola de riego, usuario del agua subterránea del acuífero de Chupaderos, considerando sus percepciones sobre la sobreexplotación. Se realizaron entrevistas a productores que se procesaron aplicando análisis discriminante. Se encontró que las variables que ejercen mayor influencia en la diferenciación tecnológica del productor fueron sbfuturo y sbcostos.

Palabras clave: sobreexplotación, acuíferos, agua subterránea, tipificación tecnológica.

Abstract

The availability of groundwater for different uses is diminishing in Mexico. Demand is growing due to population explosion, increased irrigation and industrialization. This has led to greater attention to levels of over-exploitation of aquifers, the amounts consumed in different uses and the efficient management of the resource. Agriculture is the main consumer of water and operates with very low efficiency levels. To continue this growth in demand for groundwater, agriculture will get the most pressure with respect to amounts allocated and management requirements.

It technologically typing the agriculture farmer who uses irrigation water, user of Chupaderos underground aquifer, considering their perceptions of exploitation. Interviews were conducted with producers that were processed using discriminant analysis. Variables were found to have the greatest influence on technological differentiation of the producer were sbfuturo and sbcostos.

Keywords: overexploitation, aquifer, underground water, typing technology.

¹ Profesores de la facultad de Comercio y Administración Universidad Autónoma de Zacatecas..

Antecedentes

Los efectos de la explosión demográfica, la intensificación del riego y la industrialización, han provocado que la disponibilidad de agua en México haya disminuido, de 9,880 m³ de agua por persona al año en 1970 a 4,708 m³ *per cápita* en el año 2000; de seguir esta tendencia, en 2025 habrá 124.65 millones de personas y la reserva de agua habrá disminuido a 3,822 m³, por habitante al año (Hernández Rodríguez, 2005).

Tortoledo (2000) y Shiva (2002) referenciados por Hernández Rodríguez (2005), definen que un país o región es insuficiente en recursos hídricos, cuando la disponibilidad del agua oscila entre 1,000 y 2,000m³ por habitante al año, y cuando es menor a esa cantidad se dice que la región en cuestión sufre estrés hídrico, (llamado también escasez).

El análisis de los datos en este sentido no sitúan a México como una región con estrés hídrico, sin embargo; la ocurrencia de lluvia tiene notables contrastes, por ejemplo en Baja California se presentan 202mm al año, mientras que en Tabasco se presentan 2,410mm; además dos terceras partes del territorio nacional lo comprenden zonas áridas y semiáridas, ubicadas entre el centro y norte del país, región que agrupan a todos los acuíferos sobreexplotados del país, los cuales abastecen al 75% de la población nacional, a 1.6 millones de hectáreas de riego y al 50% de la industria autoabastecida (Comisión Nacional del Agua [CNA], 2006).

Zacatecas está ubicado geográficamente en la zona centro norte del país, presenta escasez natural de agua, derivada de su clima semiseco y árido, que se refleja en una reducida precipitación pluvial, de tan sólo 515.4mm en promedio anual, que es inferior al promedio de precipitación nacional, el cual es de 771.8mm (CNA, 2008). Incluso Small y Freeman (2003), en su estudio para desarrollar el gran desierto americano ubican a Zacatecas en una región de 6 estados (Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí), la cual describen como una zona donde en términos relativos no hay agua.

Al igual que el resto del país en Zacatecas la principal actividad productiva consumidora de agua subterránea es la agricultura con un 90.72% del total de agua, seguida por el consumo urbano con un 7.9% y el consumo en la industria con un 1.38% (CNA, 2008); siendo el subsuelo la principal fuente de abastecimiento, proporciona el 77% del agua total que se consume en la agricultura de riego.

Actualmente, la actividad extractiva de los acuíferos está siendo mayor que su recarga, situación denominada sobreexplotación. Esta sobreexplotación provoca un abatimiento de los mantos acuíferos, que deriva en daños ambientales, en un alza de los costos de bombeo e induce una disminución en la calidad del agua, poniendo en riesgo la continuidad de los procesos productivos del estado. Esta situación está siendo monitoreada por la CNA, y de los datos que reporta de los 34 acuíferos del estado se ubica al acuífero de Chupaderos con el déficit más grande (103.94mm), derivado de una intensa actividad agrícola (chile, maíz, ajo, cebolla, frijol y forrajes), ganadera, comercial, industrial y residencial que se desarrolla en la región (CNA, 2002).

La región delimitada por el acuífero se localiza en la porción oriental del estado, lo mismo que al NE de la capital Zacatecas, abarca parcialmente los municipios de Villa de Cos, Fresnillo, Pánuco, Vetagrande, Guadalupe, Ojocaliente y Gral. Pánfilo Natera, con una extensión aproximada de 2 514km².

El clima regional se clasifica como semiárido, con verano cálido, régimen de lluvias en verano y un porcentaje invernal de lluvias entre 5 y 20mm de la precipitación total anual. La temperatura varía entre 12° y 18 ° C como valores medios anuales, siendo los meses calurosos de abril a agosto. La precipitación media anual es del orden de 450mm (CNA, 2002).

Hernández Rodríguez (2005), prevé que el futuro del agua para la agricultura sea de menor asignación, ya que ésta cederá ante el consumo humano y muy posiblemente ante el consumo de la industria, dadas las demandas del mercado. Este escenario nos hace plantear una investigación que tipifique tecnológicamente a los productores agrícolas de riego, usuarios del agua subterránea en la región.

El propósito de este estudio consiste en tipificar tecnológicamente al productor agrícola de riego, usuario del agua subterránea en la región delimitada por el acuífero de Chupaderos, haciendo uso de técnicas de la estadística multivariada, como el análisis factorial y el análisis discriminante.

Para el gobierno de México el agua es un recurso estratégico y de seguridad nacional, que garantiza un desarrollo sustentable, así como también, un elemento esencial para la erradicación de la pobreza, con el presente estudio se pretende aportar elementos para la toma de decisiones en la implementación o diseño de políticas y/o programas públicos dirigidos a la administración del agua subterránea, se pretende también, aportar elementos que ayuden y fomenten futuras investigaciones o estudios sobre el tema en universidades o institutos de educación superior e investigación.

Objetivo de la investigación

El objetivo de este trabajo es tipificar tecnológicamente al productor agrícola de riego, usuario del agua subterránea en la región delimitada por el acuífero de Chupaderos, a partir de sus percepciones sobre la sobreexplotación del acuífero.

Pregunta de investigación

¿Contar con sistemas de riego de alta eficiencia en el manejo del agua en las unidades de producción agrícola, le genera, al productor, una percepción diferente sobre los efectos de la sobreexplotación del acuífero respecto de aquellos productores que cuentan con sistemas de baja eficiencia?

Hipótesis

Los productores agrícolas de riego que tienen instalado en sus unidades de producción sistemas de riego de alta eficiencia en el manejo del agua manifiestan mayor preocupación por la elevación de sus costos de operación debidos al abatimiento del manto acuífero, que aquellos productores que cuentan con sistemas de baja eficiencia en el manejo del agua.

Obtención y descripción de los datos

Los datos se obtuvieron a través de la aplicación de entrevistas a una muestra de productores agrícolas de riego, usuarios de agua subterránea, de la región delimitada por el acuífero de Chupaderos, para lo que se preparó un cuestionario. Durante el mes de febrero del 2010 se realizó la prueba piloto al cuestionario aplicándose 25 en las comunidades de Tacoaleche, Zoquite y Santa Mónica, pertenecientes al acuífero de Chupaderos y que están cerca de la ciudad capital. Las entrevistas se hicieron en los domicilios particulares de los productores localizados al azar. Con base en el tipo de respuesta y la disponibilidad mostrada por los agricultores entrevistados, la redacción de algunas de las preguntas fue cambiada y 5 preguntas eliminadas. El número de agricultores a entrevistar se determinó a través de una muestra aleatoria simple en el acuífero de Chupaderos. La muestra se determinó con un nivel de confianza del 95%, un nivel de variabilidad (pq) del 0.25% y un nivel de precisión del 5%. Se hicieron ajustes al tamaño de la muestra por finitud. El universo para la selección de la muestra fue tomado del padrón del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) de la Comisión Nacional del Agua actualizado hasta 2009, con una población de 1395 pozos registrados en la región del acuífero, la muestra mínima necesaria fue de 89.

Estudiantes de la Maestría en Planeación de Recursos Hidráulicos de la Unidad Académica de Ingeniería y de la Maestría en Administración de la Unidad Académica de Contaduría y Administración, ambas de la Universidad Autónoma de Zacatecas hicieron las entrevistas en varias comunidades de los municipios de Villa de Cos, Fresnillo, Pánuco, Vetagrande, Guadalupe, Ojocaliente y Gral. Pánfilo Natera durante los meses de marzo y abril del 2010. Estas se realizaron en el lugar en el que se encuentran los pozos seleccionados, el entrevistado se seleccionó al azar, ya que se localizaba a algún productor usuario del pozo y al primero que se encontrara se le solicitaba su participación voluntaria en el estudio. Se aplicaron un total de 109 cuestionarios en la región delimitada por el acuífero.

A los voluntarios entrevistados se les comentó brevemente el motivo del estudio. El cuestionario estuvo organizado en tres secciones, la primera para recoger datos del productor referentes al uso del agua en su unidad de producción, por ejemplo se les preguntó por el tipo de sistema de riego que tienen instalado (*formarec*), la forma de explotación del pozo, en asociación o de manera individual, el tipo de cultivo, etc., en la segunda sección se indagó sobre el grado de conocimiento o percepción del productor agrícola en cuanto a la sobreexplotación del acuífero que le provee de agua (*sexpltdo*), se le cuestionó sobre su nivel de conocimiento respecto a que la agricultura es la actividad económica que más agua subterránea utiliza (*masagua*), sobre su percepción en cuanto al nivel de contaminación que generan los químicos utilizados en la industria, en la agricultura y en las zonas urbanas (*quimind*, *quimagr* y *desresid*) en el acuífero, también sobre el grado de conocimiento que tienen respecto a que el acuífero del que se provee de agua es fuente para otros usos (*mismoacu*), sobre su nivel de reconocimiento respecto a que hablar de sobreexplotación del acuífero es hablar de una mayor extracción de agua que lo que llega por lluvia o infiltración de la misma agricultura (*sobreexpl*), pregunta que tuvo doble propósito, el primero de medir y el segundo para homogenizar la definición del concepto entre los entrevistados, etc., y sobre su percepción respecto al grado de afectación que tiene la sobreexplotación sobre los costos de bombeo (*sbcostos*) y sobre el futuro de la agricultura (*sbfuturo*) y al final de la sección se le preguntó si las precipitaciones pluviales de la región son suficientes para recargar el acuífero (*lluvia*); la tercera sección recogió información socioeconómica del productor, su edad, ingresos económicos por mes, número de dependientes económicos, etc.

Las percepciones del productor respecto al nivel de sobreexplotación del acuífero, su reconocimiento de situaciones que se identifican como causas y efectos, y el nivel de reconocimiento de los agentes que dañan a los acuíferos, contempladas en la sección dos del

cuestionario, fue medida con una escala del 1 al 5, considerando al 1=Muy Poco, 2=Poco, 3=Regular, 4=Mucho y 5=Demasiado.

El 73.4% de los entrevistados dijeron contar con sistemas de riego de baja eficiencia en el manejo del agua, de ellos el 37.6% cuenta con el sistema de riego por gravedad y el 35.8% por tubo de compuerta; sólo el 26.6% dispone de sistemas de alta eficiencia (6.4% aspersion y 20.2% goteo). El pozo se explota en asociación para el 61.5% de ellos. El número de hectáreas de riego que mencionaron tener fue de 10 o menos para el 80.8% de ellos. El 42.3% de los entrevistados resultaron ser menores de 50 años de edad, porcentaje que aumenta hasta un 71.1% si se habla de menores de 60 años. El 68.8 % de la muestra mencionó haber tenido estudios básicos, el 19.3% estudios superiores y sólo el 11.9% mencionó no contar con estudios. El 87.6% de los productores mencionó que sus ingresos por mes son menores de \$9,000.00 pesos, y el 82% de la muestra menciona tener una carga familiar de 2 a 5 dependientes económicos.

Respecto del nivel de sobreexplotación del acuífero, el 58.4% de los productores manifestaron que es de mucho a demasiado. El 65% indicó que la sobreexplotación afecta a los costos de bombeo de mucho a demasiado; así como el 68% señaló que esta situación de sobreexplotación afecta, de mucho a demasiado, al futuro de la agricultura. Alrededor del 80% de los entrevistados indicaron que el grado de contaminación que sufre el acuífero debido a los químicos usados en la industria y en las zonas urbanas, es de mucho a demasiado; mientras que sólo el 66% de ellos califico en este nivel a los químicos utilizados en la agricultura.

Método aplicado

A fin de tipificar al productor agrícola de riego, usuario de agua subterránea, de la región delimitada por el acuífero de Chupaderos, considerando el tipo de sistema de riego instalado en su unidad de producción, se aplicó la técnica de análisis discriminante. Se determinó el nivel de percepción que los productores agrícolas (alta y baja eficiencia en el manejo del agua) tienen de la sobreexplotación del acuífero y sus efectos. La muestra de 109 observaciones se dividió en dos submuestras, para fines de validación, la primera denominada de análisis y la segunda de ampliación, se tomó el criterio de que la muestra de análisis esté compuesta por 60 observaciones pertenecientes al grupo de baja eficiencia y 22 del grupo de alta eficiencia, porque de la muestra original, 80 observaciones (73.4%) pertenecen al grupo de baja eficiencia y 29 (26.6%) al de alta, de tal manera que para dividir la muestra en dos se tomaron aleatoriamente, para la muestra de análisis, el 75% de las observaciones de cada grupo. En el análisis fungió como variable dependiente o de agrupación la variable categórica *formarec*, que representa el tipo de sistema de riego que el agricultor tiene

instalado en sus parcelas (gravedad o tubo de compuertas = sistemas de **baja eficiencia** en el manejo del agua, y Aspersión o goteo = sistemas de **alta eficiencia** en el manejo del agua), y 15 variables independientes (métricas), que guardan los datos sobre la percepción o conocimiento de la problemática del acuífero de los productores agrícolas. A fin de simplificar los datos, el grupo de 15 variables independientes se redujo a 4, *sbfuturo*, *sbcostos*, *quimind* y *lluvia*, mediante un análisis factorial, cuyo objetivo fue identificar aquellas variables que representan el carácter y naturaleza de las 15 variables originales.

Tanto la estimación del modelo como el proceso de reducción de variables independientes se realizaron con el software SPSS v11.5. Dado que la variable dependiente está dividida en 2 grupos sólo se estimó una función canónica discriminante, la cual explica el 100% de la variabilidad de los datos. Para derivar la función discriminante se utilizó el método por etapas, haciendo uso de las medidas D^2 de Mahalanobis para determinar la variable con mayor capacidad discriminatoria. Se consideró el criterio convencional de 0.05 o inferior para que la función discriminante sea significativa. Para valorar la precisión en la predicción de pertenencia al grupo, se utilizaron las matrices de clasificación (proporciona el ratio aciertos, es decir, porcentaje correctamente clasificado), la determinación de la puntuación de corte para tamaños de grupo distintos y los estándares para valorar la exactitud clasificatoria (criterio de aleatoriedad proporcional), (Hair, Anderson, Tatham y Black, 1999).

En la reducción de datos, el cálculo de la matriz de correlación se realizó con el análisis factorial tipo R, para el cual se contó con un ratio de 1 a 7 observaciones por variable. La matriz de correlaciones parciales (negativo de la matriz de correlaciones anti imagen) se utilizó para valorar si la base de datos era adecuada para el análisis factorial, además de proporcionar las medidas de suficiencia de muestreo (MSA), interpretando a los valores mayores de 0.8, como sobresalientes; 0.7 a 0.8 regular; 0.6 a 0.7 mediocre; 0.5 a 0.6 despreciable y menores 0.5 inaceptable. Dado que el objetivo era resumir la mayoría de la información original (varianza) en una cantidad mínima de factores con propósito de predicción se utilizó el método de componentes principales bajo el criterio de raíz latente (autovalores mayores de 1) (Hair et al., 1999).

La matriz inicial de factores no rotados proporcionó la combinación de variables con el mayor porcentaje de varianza de los datos, y la rotación ortogonal a través del método VARIMAX, proporcionó una distribución más homogénea de la varianza entre los primeros factores. La etiqueta del factor se eligió considerando a la variable de más carga factorial sobre el factor de la solución ortogonal, dado que estas cargas se relacionan sólo con el factor en el cual aparecen, apoyados también en un análisis de todas las variables agrupadas por el factor y su relación con el valor

teórico inicial. Se validaron los resultados obtenidos dividiendo aleatoriamente la muestra en 2 y realizando en ambas el análisis factorial, cuyos resultados permitieron una comparación de validación.

Análisis y discusión de resultados

Análisis Factorial

En la realización del análisis factorial se utilizaron sólo 14 variables independientes, ya que la variable *masagua* fue omitida por tener un valor de MSA individual por debajo del 0.5. El cálculo de la matriz de correlaciones aportó un 44% de correlaciones superiores a 0.30 con un nivel de significación del 0.001, lo que indicó que las variables eran aptas para el análisis. El contraste de Barlett señaló que las correlaciones no nulas existen a un nivel de significación del 0.0001. El conjunto reducido de variables colectivamente mostraron un valor de suficiencia muestral de MSA = 0.7887152 calificado como regular y la matriz de correlaciones anti imagen corroboró que cada una de las variables excedieron el valor del umbral, indicando con ello que el conjunto de variables alcanza los requisitos fundamentales para el análisis factorial.

A través del criterio de raíz latente (autovalores mayores de 1) se decide que 4 factores son suficientes ya que en conjunto representan el 61.5% de la varianza de las 14 variables, aunque en la solución inicial el factor 1 da cuenta de la mayor parte de la varianza con un 32.2%, el cual se dice que es un factor general, ya que todas las variables tienen carga alta, el factor 2 es el segundo factor en importancia con una explicación de la varianza del 13.4% y así sucesivamente con los demás factores, resultados que confirman la necesidad de aplicar la rotación ortogonal a través del método VARIMAX (Tabla 1).

Tabla 1. Cargas factoriales por factor, obtenidas mediante el método de componentes principales, con rotación ortogonal por el método VARIMAX

| Variable | Factor 1 Medio Ambiente | Factor 2 Daños | Factor 3 Costos | Factor 4 Carga y Descarga | Comunalidades |
|-----------------|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------------|----------------------|
| <i>sbfuturo</i> | 0.74371641 | 0.07085082 | 0.16640471 | 0.08161345 | 0.58582446 |
| <i>asentemp</i> | 0.70767797 | 0.15013584 | 0.23445237 | 0.14997577 | 0.5783168 |
| <i>sbcalida</i> | 0.69802857 | 0.18181334 | 0.05534629 | 0.22573238 | 0.52336318 |
| <i>sbmeamb</i> | 0.69087118 | 0.23136548 | 0.12036136 | 0.15782089 | 0.54531983 |

| | | | | | |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>sexpltdo</i> | 0.60527462 | 0.01719412 | 0.55725378 | 0.00970991 | 0.67718478 |
| <i>asenurin</i> | 0.56783813 | 0.41062584 | 0.02478166 | 0.31451693 | 0.49166785 |
| <i>quimind</i> | 0.00417454 | 0.85569548 | 0.29223035 | 0.11773642 | 0.81763075 |
| <i>quimagr</i> | 0.24656089 | 0.68828395 | 0.22177457 | 0.078056 | 0.58371103 |
| <i>desresid</i> | 0.16652191 | 0.65173885 | 0.25875523 | 0.33809256 | 0.51944735 |
| <i>poblacui</i> | 0.33505331 | 0.63968793 | 0.08623682 | 0.17479105 | 0.52889816 |
| <i>sbcostos</i> | 0.15284835 | 0.05872274 | 0.82576958 | 0.08672667 | 0.70870637 |
| <i>sobrexpl</i> | 0.24317205 | 0.20933165 | 0.5965153 | 0.32046509 | 0.45878288 |
| <i>mismoacu</i> | 0.12606307 | 0.16361029 | 0.01044587 | 0.76958602 | 0.04276934 |
| <i>lluvia</i> | 0.10590067 | 0.02325239 | 0.0384464 | 0.67721315 | 0.01323375 |
| sum cuad | 3.01766866 | 2.39754673 | 1.65964114 | 1.52994399 | 8.60480053 |
| % traza | 21.5547761 | 17.1253338 | 11.8545796 | 10.9281714 | 61.4628609 |

Fuente: Elaboración propia con base en información recabada en el trabajo de campo.

La tabla 1, muestra que efectivamente la solución factorial rotada distribuye la varianza de manera más homogénea entre los factores, situación que ayuda a su denominación e interpretación. El tipo de variables con mayor peso factorial que se presentan en el primer factor fue referente para denominarle factor de medio ambiente, porque son variables que de alguna manera se asocian a una percepción del medio ambiente respecto a la sobreexplotación de los acuíferos (medio ambiente, calidad del agua, futuro de la agricultura, deforestación del medio ambiente para nuevos asentamientos de temporal y de industria).

Al segundo factor se le denominó factor de daños, ya que agrupa a las variables (químicos usados en la agricultura y en la industria, desechos residuales de las zonas urbanas y el crecimiento poblacional) que almacenan información sobre las posibles causas que dañan a los acuíferos.

El tercer factor se ha denominado factor de costos (pese a que es también una causa) porque asocia a la variable costos de bombeo con las variables de *sobrexpl* y *sexpltdo* que señalan a la deficiencia de recarga frente a la recarga del acuífero como la sobreexplotación del acuífero, lo que señala que el agricultor los asocia como dos conceptos que van juntos.

Al cuarto factor se le ha denominado de carga y descarga porque asocia a la variable *lluvia* que contiene la percepción de si las lluvias son suficientes en la zona como para recargar a los acuíferos con la variable *mismoacu* que se refiere al hecho de que el subsuelo provee de agua para todos los usos (agrícola, industrial y urbano), como dos conceptos que van juntos.

Se validaron los resultados de este análisis factorial dividiendo la muestra aleatoriamente en 2 submuestras, una con 55 observaciones y otra con 54, y se confirmó la validez de los resultados mostrados en los párrafos anteriores.

Análisis Discriminante

En el análisis discriminante se utilizaron las variables suplentes (una por cada factor), *sbfuturo*, *sbcostos*, *quimind* y *lluvia* identificándose a *sbfuturo* y *sbcostos* como las variables con las mayores diferencias en las medias de los grupos. Los contrastes entre la lambda de Wilks y el ANOVA univariante indicaron que estas dos variables muestran diferencias univariantes significativas.

El procedimiento por etapas comienza con todas las variables excluidas del modelo para seleccionar posteriormente aquella variable que maximiza la distancia de Mahalanobis entre los grupos, esa variable resultó ser *sbfuturo*. Después de que *sbfuturo* fue incorporada al modelo, las restantes variables se volvieron a evaluar y *sbcostos* alcanzó el criterio de nivel de significación y se incorporó al modelo por tener la mayor D^2 de Mahalanobis. Incluidas estas dos variables en el modelo, ninguna de las dos restantes cumplió con el criterio de entrada de 0.05. Por tanto, el proceso de discriminación finaliza con las variables *sbfuturo* y *sbcostos* constituyendo la función discriminante. La tabla 2, refleja los resultados globales del análisis discriminante por etapas después de que todos los discriminantes significativos se han incluido en la función discriminante.

Tabla 2. Resultados multivariantes del análisis discriminante de dos grupos

| Etapa | Variable | wilks | | F | D ² | df2 | Sig. |
|-------|-----------------|-------|---------|-------|----------------|-----|---------|
| | | lamb | Sig. | | | | |
| 1 | <i>sbfuturo</i> | 0.934 | 0.03425 | 4.646 | 0.301 | 77 | 0.03425 |
| 2 | <i>sbcostos</i> | 0.875 | 0.00635 | 5.412 | 0.711 | 76 | 0.00635 |

Fuente: Elaboración propia con base en información recabada en el trabajo de campo.

La tabla 2, nos muestra un modelo predictivo en el que participan únicamente dos variables, *sbfuturo* y *sbcostos*. Los aspectos multivariantes del modelo están reflejados en la tabla 3, denominada “Funciones Discriminantes Canónicas”.

Tabla 3. Funciones Discriminantes Canónicas

| Función | Autovalor | % Var. | Var. Acum. | Correlación Canónica | Wilks' Lambda | Chi-square | df | Sig. |
|---------|-----------|--------|------------|----------------------|---------------|------------|----|---------|
| 1 | 0.14242 | 100 | 100 | 0.353075857 | 0.87534 | 10.1191 | 2 | 0.00635 |

Fuente: Elaboración propia con base en información recabada en el trabajo de campo.

Una correlación canónica de 0.353 nos dice que su cuadrado explica el 12.5% de la varianza de la variable dependiente *formarec*. Las ponderaciones discriminantes, las cargas de la función y el ratio F univariante se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Resumen de las medidas interpretativas para el análisis discriminante

| Variables Independientes | Ponderaciones Estandarizadas | Cargas Discriminantes | Rango | Ratio F Univariante |
|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------------|----------------------------|
| <i>sbfuturo</i> | 0.882536218 | 0.650905331 | 1 | 4.64608256 |
| <i>sbcostos</i> | -0.793709719 | -0.536156306 | 2 | 3.15234762 |
| <i>quimind</i> | NI | -0.182468452 | 3 | 0.7238516 |
| <i>lluvia</i> | NI | 0.015191027 | 4 | 2.18999496 |

Fuente: Elaboración propia con base en información recabada en el trabajo de campo.

Los signos en las ponderaciones y cargas discriminantes no afectan a las clasificaciones, solamente indica una relación positiva o negativa de la variable independiente con la variable dependiente. Las cargas discriminantes de las variables *quimind* y *lluvia* son menores de ± 0.30 , esto corrobora que estas variables no pueden incluirse en el modelo.

La capacidad predictiva de la función discriminante se realizó con un punto de corte de -0.3929 aportando un 68.3% $[(44 + 12)/82 = 68.3\%]$ de casos agrupados correctamente, el cual es mayor que el criterio de aleatoriedad proporcional (60.74%) y mayor que la Q de Press (66.8%), pero menor que el criterio de aleatoriedad máximo que es del 73% (60/82).

Para validar la función discriminante se agrego a la muestra de análisis, la muestra de ampliación, de manera que se realizó el análisis discriminante a la muestra de 109 observaciones encontrándose un porcentaje de 76.1% de casos agrupados correctamente, el cual es incluso más grande que el criterio de aleatoriedad máxima que para esta muestra es de 73.4% .

Conclusiones

Finalmente se concluye del análisis discriminante, que las variables que mejor discriminan entre el grupo de productores son *sbfuturo* y *sbcostos*, además, *sbfuturo* tiene la media más grande en el grupo de productores con sistemas de baja eficiencia en el manejo del agua instalados en sus unidades de producción, mientras que *sbcostos* tiene la media más alta en el grupo de los que cuentan con sistemas de alta eficiencia, lo que quiere decir que los productores que manejan sistemas de riego de baja eficiencia tienen una preocupación más alta por el futuro de la agricultura

debida a la sobreexplotación del acuífero, y que los productores que manejan sistemas de riego de alta eficiencia manifiestan mayor preocupación por el alza de los costos de bombeo generados por la sobreexplotación, lo que comprueba la hipótesis planteada en el presente estudio.

Referencias

- Comisión Nacional del Agua. (2002). *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero de Chupaderos, estado de Zacatecas. México*. Recuperado el 1 de noviembre, 2007 de www.cna.gob.mx
- Comisión Nacional del Agua. (2006). *Gestión del agua en México, avances y retos*. (1ª ed.). México.
- Comisión Nacional del Agua. (2008). *Programa Nacional Hídrico 2007 - 2012*. (1ª ed.). México: Secretaría de medio ambiente y recursos naturales, SEMARNAT.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. (1999). *Análisis Multivariante*. (5ª ed.). España: Prentice Hall.
- Hernández, M.L. (2005). *Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el estado de Tlaxcala: Un análisis desde una perspectiva social*. Tesis doctoral publicada, colegio de postgraduados, campus Puebla, Puebla.
- Shiva, V. (2002). *Water, Wars privatization, pollution and profit*. Nueva Delhi, India.
- Small, D. y Freeman, R. (2003). V. Vernadsky y el desarrollo biogeoquímico de México y EU. *EIREconomía*, 14, 2-23.
- Tortoledo, V.A. (2000). *El agua y su historia: México y sus desafíos hacia el siglo XXI*. Colección Umbrales de México. Siglo XXI, México. D.F.