

MEDICIÓN Y CONTROL DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL DE UN MODELO DE NEGOCIO CON DISPOSITIVOS MÓVILES

XXI
CONGRESO
INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA
ADMINISTRACIÓN
E
INFORMÁTICA

Área de investigación: Informática administrativa

Francisco Zarco Magallón

Facultad de Contaduría y Administración
Universidad Nacional Autónoma de México
México
ozymandiasxc@gmail.com

Graciela Bribiesca Correa

Facultad de Contaduría y Administración
Universidad Nacional Autónoma de México
México
gbribies@fca.unam.mx



MEDICIÓN Y CONTROL DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MEZCAL ARTESANAL DE UN MODELO DE NEGOCIO CON DISPOSITIVOS MÓVILES

Resumen



A lo largo de los años, el agave ha representado una parte sustancial de la economía y sociedad mexicana, a tal grado, que alrededor de esta planta han aparecido historias, productos e industrias que han generado riquezas significativas en diferentes regiones del país. En los últimos 40 años, el crecimiento de la popularidad de los destilados de agave, por parte de consumidores nacionales e internacionales, ha traído como consecuencia un incremento en la demanda de este tipo de bebidas, lo que también significa un aumento en la demanda de agaves (Macías y Valenzuela, 2009). Debido a este incremento, ha dado como resultado la sobreexplotación de los agaves, para satisfacer las demandas de materia prima de la industria, lo cual ha ocasionado que 18 especies de agave mezcalero se encuentren en peligro de extinción, de acuerdo con datos del investigador Abisaí García Mendoza (2007).

La extinción de alguna de las especies de agave mezcalero, implicaría la paulatina reducción de la producción de destilados de agave y su desaparición, como consecuencia del agotamiento permanente de la materia prima, lo que traería severas repercusiones a la economía de algunas regiones del país, como es el caso de Santiago Matatlán, Oaxaca; en donde la producción de mezcal es el 52% de los ingresos del municipio (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2010).

Actualmente la industria mezcalera, ha tenido un incremento significativo en sus ventas, a tal grado que genera una derrama de 11.2 millones de dólares a la economía mexicana, por concepto de consumo interno, y forma parte del 3.5% del PIB por concepto de alimentos y bebidas (Secretaría de Economía, 2012); lo que significa que la extinción del agave, sería un severo golpe a la economía nacional, además representaría, una invaluable pérdida del patrimonio biológico y cultural de nuestra nación.

Como punto de partida, en este trabajo de investigación, se consideró la producción agrícola del agave, como parte de un modelo de negocio (Olivares, 2015); también se tomaron en cuenta, los estudios realizados por el investigador Abisaí García (2007), quién detectó, cómo la acción humana ha influido en la degradación del entorno y ciclo de vida del agave. Ambos



autores, han señalado en sus investigaciones, algunas variables en el proceso de producción de mezcal artesanal; tomando en consideración, que no es suficiente la detección de las variables, sino que éstas deben ser, medidas y controladas. Es aquí, donde entra la pertinencia de esta investigación, ya que surge la necesidad de que los productores, puedan aplicar las medidas pertinentes, utilizando alertas en dispositivos móviles, lo que les permitirá producir artesanalmente el agave en forma sustentable y trabajar interactivamente en el campo en tiempo real.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación consiste en identificar variables que incidan directamente en el proceso de producción del agave mezcalero, así como desarrollar un prototipo diseñado específicamente para medirlas y controlarlas en tiempo real en los palenques, para alcanzar una producción sustentable mediante dispositivos móviles.

La aportación de esta investigación; consiste en la identificación de variables, que inciden directamente en el proceso de producción de agave mezcalero, así como, el desarrollo de un prototipo que las mida y les dé seguimiento en tiempo real. Dicho prototipo fue diseñado específicamente para una producción artesanal, manteniendo un bajo costo en su construcción, al utilizar hardware y software libre. Este prototipo permitirá a los productores, tomar decisiones pertinentes por medio de alertas, con lo cual, se logrará una producción de mezcal artesanal sustentable, eficiente y de buena calidad. Al prototipo desarrollado se le efectuaron pruebas de campo, comprobando su efectividad.

Aunque a simple, vista existen herramientas, dispositivos y artefactos que pueden utilizarse para medir variables inherentes a los procesos de producción agrícola, estos están diseñados, para procesos de agricultura industrial o donde se pueden controlar variables climáticas, como en el caso de los invernaderos, lo que los hace instrumentos poco propicios, considerando que están diseñados, para procesos que no son considerados como sustentables (Brundtland, 1987); además, se debe considerar que dichas herramientas, tienen un costo elevado para una producción artesanal.

En suma, esta investigación, busca responder al cuestionamiento, de cómo detectar las variables que inciden directamente en el proceso de producción artesanal del agave mezcalero, a fin de desarrollar un prototipo, que mida y controle eficazmente, las desviaciones significativas que afecten el desarrollo de la planta, para permitir la producción sustentable.

Contenido

Marco teórico

El agave y la sociedad mexicana



Debido a que, es una planta que puede crecer en terrenos extremadamente áridos, rocosos o desérticos, los cuales ocupan un 40% del territorio nacional (INEGI, 2010), esta planta – de hojas suculentas¹, fibrosas y carnosas, cuyas hojas crecen en forma de espiral alrededor de un tallo de corta altura (García, 2007) – representa un medio de subsistencia básico para numerosos habitantes de nuestro país.

Del agave, se hablan maravillas, debido a que es una planta, de donde se pueden obtener múltiples derivados como: alimentos, bebidas, cuerdas, papel, textiles, medicamentos, combustibles, entre otros usos conocidos por lo menos desde hace siete mil años (CICEANA – IBUNAM, 2008).

En el año de 1580, el religioso Joseph de Acosta, describió estos usos en su “Historia natural y moral de las Indias” de la siguiente manera:

“El árbol de las maravillas es el magüey[sic], de que los nuevos o chapetones (como en las indias les dicen) suelen escribir milagros, de que da agua y vino y aceite y vinagre y miel y arrope y hilo y aguja y otras cien cosas...”

Uno de esos de derivados es el Mezcal, palabra de origen náhuatl, que significa “agave cocido”, por lo que al hablar de mezcal, debemos entender que se trata de una técnica de cocción de las piñas del agave, éstas pueden ser consumidas directamente o debidamente procesadas, con lo que se conseguirá una bebida destilada, cuyo nombre variará dependiendo de la especie de agave y región donde se haya producido.

El uso de piñas de agave, como materia prima para destilados, es conocido por lo menos desde hace 3500 años, de acuerdo con investigaciones de los Doctores Daniel Zizumbo, Patricia Colunga, Fernando González del INAH en Colima (Yañez, 2012) y de Mari Carmen Serra Puche en Tlaxcala (Benet, 2012);

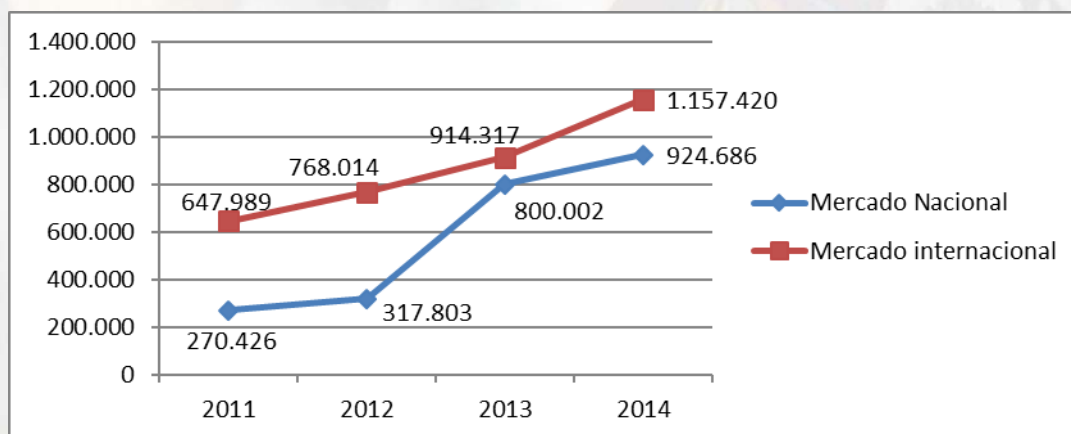
¹ Plantas que almacenan en la raíz, el tallo o las hojas mayor cantidad de agua que otras especies, con el objetivo de sobrevivir en terrenos áridos o de poca precipitación pluvial.

inicialmente estos destilados, fueron de uso ceremonial y a partir del siglo XVI, nace una industria incipiente, la cual fue regularizada en el último cuarto del siglo XVIII, aunque estaba enfocada a las clases marginales de la sociedad mexicana.



A partir de la década de 1940, hubo un resurgimiento de la demanda de destilados de agave, principalmente Tequila, tendencia que incrementó en los últimos años (Figura 1), debido a la declaratoria de patrimonio de la humanidad, de los paisajes agaveros e instalaciones industriales tequileras en Jalisco, en el año 2006 y la gastronomía mexicana, declarada patrimonio inmaterial de la humanidad en el año 2010, la cual engloba los destilados de agave (Tequilas, bacanoras, sotoles y mezcales).

Figura 1
*El mezcal envasado para ventas
nacionales e internacionales (en litros)*



Fuente: Elaborado con datos del Consejo Regulador del Mezcal. 2015

Existen regiones, cuya economía depende de la siembra del maguey y producción de mezcal, un ejemplo de esto, es el municipio de Santiago Matatlán, localizado en los valles centrales de Oaxaca, donde por lo agreste de su topografía, así como por lo complicado de su hidrografía, el agave se convierte en el cultivo más lucrativo de la región.

Lo anterior, ha hecho que proliferen las fábricas de mezcal en sus diferentes modalidades: artesanales, semi artesanales e industriales. Produciendo un 52% de los ingresos del municipio, así como, un 55% de la producción nacional de mezcal (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2010).



El proceso de producción de mezcal artesanal

El proceso de fabricación de mezcal artesanal (Figura 2), es largo y requiere mucha dedicación y paciencia, considerando que, para obtener un mezcal de buena calidad, las piñas, insumos básicos del mezcal, deben tener una edad mínima de 7 años y no mayor a 10; éstas se pulverizan y se obtiene un mosto o jugo, el cual se deja fermentar para posteriormente ser destilado y obtener un líquido de color blanquecino, con un volumen alcohólico de 45% aproximadamente.

Existen variaciones en este procedimiento, ya que, durante la fermentación se pueden agregar ingredientes como pechugas de pollo o gusanos de maguey, para cambiar el sabor y consistencia de la bebida, creando así los ya célebres mezcales de pechuga o de gusano (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2010). Después del destilado, se procede a embasar inmediatamente, si este es blanco; o se deja añejar por un mediano o largo plazo, para obtener un producto añejo o extra añejo.

Figura 2

Proceso de fabricación del mezcal



Fuente: Imágenes tomadas en trabajos de campo por el autor.



Problemática en la producción de mezcal artesanal y el equilibrio sustentable



De acuerdo con las investigaciones de Abisaí García Mendoza (2007), en colaboración de la Academia Mexicana de las Ciencias (2008), 18 especies de agave mezcalero se encuentran en peligro de extinción, a causa de la sobreexplotación por parte de la industria de los destilados, la cual, a partir de 1950 incrementó su producción, para satisfacer la creciente demanda. Además, la autorización de una dispensa, por parte de la Secretaría de Economía, para utilizar otro tipo de agaves distintos al azul, han agravado este problema (Macías y Valenzuela, 2009).

Las grandes cantidades de materia prima, demandadas por parte de la industria de los destilados, ha favorecido la reproducción asexuada por clonación, mediante la siembra de bulbilos, degradando su calidad genética, lo que hace que estas plantas queden indefensas ante las plagas; lo anterior, ha propiciado el uso de pesticidas químicos, qué aunado al uso fertilizantes de igual naturaleza, ha alterado significativamente el entorno de las plantas, llegando a ocasionar su muerte (García, 2007).

Además de estos problemas, los cuales están relacionados directamente con un incremento de la producción, las deficientes políticas gubernamentales, así como, la aparición de normas fuera de todo contexto ambiental, económico y social, han ocasionado el surgimiento de nuevos problemas como:

- Impuestos excesivos a los pequeños productores, por ejemplo el gravamen actual a la producción artesanal, es de 53% por concepto de IEPS² (Consejo Regulador del Mezcal, 2015).
- Aparición de condiciones desventajosas de competencia a los pequeños productores, los cuales venden sus productos entre 40 y 80 pesos el litro de mezcal artesanal, a los intermediarios, y estos últimos revenden el producto entre 30 y 60 dólares el litro (Aragón, 2014).
- La Norma Oficial Mexicana (NOM), en materia de denominación de origen, es una norma incompleta, ya que excluyen el contexto ambiental y cultural, dañando el patrimonio cultural y biológico del país (Benet, 2012) (González, 2016).

² Impuesto especial sobre producción y servicios

La suma de los anteriores factores, ha ocasionado que se ponga en riesgo el equilibrio medio ambiente – sociedad – economía, por lo cual, es necesario replantear la forma de producción que se lleva a cabo actualmente, para generar una producción sustentable.



La sustentabilidad o sostenibilidad es definida, como: “satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas” (Brundtland, 1987). Por tal motivo, se debe entender que la sustentabilidad, es un equilibrio entre los factores medio ambiente, economía y sociedad.

En los últimos años, se han hecho estudios y propuestas multi e inter disciplinarias, a fin de convertir la producción de mezcal artesanal, en un proceso sustentable que permita, revertir paulatinamente la extinción de 18 especies de agave mezcalero.

Tanto en las investigaciones de Abisaí García (2007), como en el planteamiento de modelo de negocio de Alejandro Olivares (2015) (Figura 3), se han encontrado variables, que representan factores de desequilibrio, en las diversas etapas de fabricación del mezcal artesanal; en la etapa de la siembra y corte, este trabajo detecto las siguientes variables, que coinciden en ambos trabajos:

- Reproducción por bulbilo
- Corte de plantas jóvenes
- Deforestación
- Inclemencias del clima
- Uso de químicos como fertilizantes y control de plagas

En todos los casos, los factores de desequilibrio, presentan señales que pueden servir como indicadores, los cuales de medirse e interpretarse adecuadamente, arrojarían información importante, de cuales acciones y medidas son las más adecuadas para controlar el comportamiento de dichas variables; lo anterior, permitiría revertir paulatinamente, la tendencia negativa en la producción del agave.



Figura 3
Propuesta de modelo de negocio para el
proceso de producción de mezcal artesanal

Etapas y fases del Modelo de Negocio (Plan de Negocios adaptado)	Fases del proceso de producción artesanal del agave mezcalero	Principios de sustentabilidad: (Leyes, Normas, Agenda 21, MESMIS, PER)	Indicadores: Factores asociados a la producción y Relaciones al trinomio	Variables de los Indicadores (impactos ambientales)	Índices de sustentabilidad (ISUPP)
ETAPA I Producto: Fases					
• Siembra	X	X	X	X	Índices / lote
• Corte	X	X	X	X	Índices / lote
ETAPA II Mercado: Fases					
• Demanda	X	X	X	X	Índices / lote
• Oferta	X	X	X	X	Índices / lote
• Precio	X	X	X	X	Índices / lote
ETAPA III Organización: Fases	X	X	X	X	Índices / lote
• Palenque artesanal	X	X	X	X	Índices / lote
• Personal	X	X	X	X	Índices / lote
ETAPA IV Producción: Fases					
• Insumos	X	X	X	X	Índices / lote
• Proceso	X	X	X	X	Índices / lote
• Tecnología:	X	X	X	X	Índices / lote
o Horno	X	X	X	X	Índices / lote
o Macerado	X	X	X	X	Índices / lote
o Contenedores	X	X	X	X	Índices / lote
o Alambique	X	X	X	X	Índices / lote
• Aspectos ambientales	X	X	X	X	Índices / lote
ETAPA V Finanzas: Fases					
• Inversión inicial	X	X	X	X	Índices / lote
• Tasa productiva	X	X	X	X	Índices / lote
• TIR	X	X	X	X	Índices / lote
• VAN	X	X	X	X	Índices / lote

Fuente: Olivares, A. (2015).

Para medir estas variables, es necesario contar con instrumentos efectivos y eficaces, de preferencia diseñados específicamente para la producción artesanal y sustentable, en virtud de que la mayoría de los recursos existentes, fueron diseñados para producciones industriales o de invernadero, lo que traería como resultado, el sesgo de las mediciones enfocadas a detectar variables, que representan factores de desequilibrio.

Metodología de investigación

Pregunta de la investigación

Considerando que los dispositivos, instrumentos y herramientas, diseñadas para medir variables de tipo agrícola, no cumplen con los requisitos de producción artesanal y sustentable, se plantea la siguiente pregunta de investigación: **¿Cómo medir y controlar físicamente variables, que incidan en el proceso de producción artesanal del agave mezcalero, permitiendo el equilibrio sustentable?**

Objetivo de la investigación

Identificar variables que incidan directamente, en el proceso de producción del agave mezcalero, así como, desarrollar un prototipo, diseñado específicamente para medirlas y controlarlas en tiempo real en los palenques, para alcanzar una producción sustentable mediante el uso de dispositivos móviles.



Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo mixto, con alcance observacional, exploratorio y descriptivo; experimental y transversal (Sampieri, 2011) (QUINN, 1990) (Mario, 2008), (Ramírez, 2000) (Razo, 2002) (K Yin, 2003). Asimismo, para el estudio del fenómeno (desequilibrio en la sustentabilidad del proceso de producción artesanal de agave mezcalero), se determinó, utilizar el método de caso colectivo de conveniencia (QUINN, 1990), ya que permitirá en una comunidad de productores artesanales de agave mezcalero: observar, explorar, definir y describir los factores y relaciones de impacto en la sustentabilidad.

La investigación llevada a cabo, es de tipo experimental, debido a que se desarrolló un prototipo, que pretende medir y controlar las variables que se analizaron. Es también exploratoria y descriptiva, puesto que pretende explorar y describir, cómo las TIC pueden ayudar a medir y controlar, variables en el proceso de producción de agave mezcalero, de tal forma que permita el equilibrio sustentable.

Desarrollo del prototipo para la medición y control de variables en el proceso de producción del agave mezcalero

Estado del arte

Las TIC, se han utilizado en los últimos años, en múltiples actividades económicas y cotidianas del ser humano, el caso de la agricultura no ha sido la excepción. Un ejemplo de lo anterior, es la creación de dispositivos diseñados para arrojar información, con respecto a las variables que afectan los cultivos.

Sin embargo, los instrumentos y artefactos diseñados para la medición de procesos y variables agrícolas, de carácter homologado, intensivo y controlado, hacen que estos instrumentos, sean poco apropiados para la medición de

variables de sustentabilidad, al estar fuera de contexto por los siguientes motivos:

- Los procesos de agricultura industrial intensiva, no son considerados como sustentables en el informe Brundtland (1987).
- El agave, es una planta que se siembra en grandes extensiones a cielo abierto, estando a merced del medio ambiente y el clima, lo que hace imposible manipular variables como: temperatura, humedad o clima, como es el caso de los invernaderos.
- La mayoría de los instrumentos, diseñados para el monitoreo y control de clima en materia agrícola, son diseñados para ambientes controlados o de producción industrial.
- Los instrumentos diseñados para la agricultura intensiva, tienen rangos de valores, que son completamente distintos, a los manejados en las variables de sustentabilidad, lo que puede sesgar significativamente, los datos y el posterior análisis de la información del ecosistema de los agaves mezcaleros.
- Las características biológicas del agave, la hacen una planta extremadamente delicada y con necesidades específicas, que hace imposible la estandarización del monitoreo de su ciclo de vida, por lo que es necesario, contar con instrumental de monitoreo y medición especializado.

Considerando estas limitaciones, observamos que en el mercado, existen numerosas alternativas de monitoreo en la producción agrícola, las cuales se muestran de forma resumida en el cuadro 1. Aunque, no satisfacen íntegramente las necesidades de este trabajo, por lo que es necesario analizar las alternativas existentes en el mercado, con el objeto de identificar, cuáles son las áreas de oportunidad que se pueden aprovechar.



Cuadro 1
Artefactos con características similares
que están en desarrollo o en el mercado

Artefacto	Descripción	Desventajas
 Modulo inteligente de monitoreo para invernaderos	Modulo creado con la finalidad de monitorear los cultivos de invernaderos, mide pH, humedad, temperatura y presencia de sustancias tóxicas, en caso de detectar algo, se manda una señal vía “twitter”. Diseñado por Damian Real y Alberto Rivas de la Facultad de Ciencias de la UNAM. (Frías, 2015)	Es todavía de carácter experimental. No puede detectar plagas. Es para producción industrial y no artesanal.
 Dispositivo para selección de cultivo apropiado para el suelo	Dispositivo creado con la finalidad de medir las características del suelo para determinar qué cultivo es propicio para ese lugar. (UNO TV, 2015)	Solamente mide las características del suelo. No mide otros factores como plagas, humedad o edad. De carácter experimental.
 Sistemas de control de invernaderos de licencia	Sistemas diseñados para monitorear Humedad del ambiente, tierra, temperatura y plagas mediante una serie de dispositivos conectados a un servidor o a distintas terminales. Los componentes están sujetos a protección industrial y licencias, por lo que una potencial modificación requiere de permisos y pagos de licencias.	Los dispositivos son de gran tamaño y de difícil uso. No todos los productores tienen acceso a este tipo de tecnologías, ya que utilizan servidores y la compra de equipo de cómputo para cada aparato, lo que incrementa sustancialmente el costo. La mayoría sólo se enfoca a invernaderos. El precio de los sistemas oscila entre los 5000 a 100000 USD.
		Los sistemas de control de invernadero



Sistemas de control de invernaderos de hardware libre

Sistemas diseñados para monitorear Humedad del ambiente, tierra, temperatura y plagas mediante una serie de dispositivos conectados a un servidor o a distintas terminales. Circuitos y planos son de acceso público.

a pesar de estar diseñados con plataformas de bajo costo, están diseñados sólo para invernaderos y control de mecanismos de riego. No están diseñados para medir variables sustentables y fueron diseñados para procesos de explotación agrícola intensiva. De carácter experimental.

Fuente: Elaborada con información de fuentes mostradas en el cuadro

Características que se tomaron en cuenta para el desarrollo del prototipo de medición y control de variables en el proceso de producción del agave mezcalero

Evaluando las características de las alternativas existentes en el mercado del cuadro 1, encontramos que dichas opciones, además de estar fuera de contexto, presentan una curva de aprendizaje alta, son demasiado costosas o son de carácter experimental, por tal motivo, el prototipo aquí desarrollado, deberá cumplir las siguientes características para ser competitivo:

- **Bajo costo**, ya que está enfocado a pequeños productores, con recursos económicos limitados.
- **Fácil manejo**, debido a que el productor, recibirá alertas en cualquier dispositivo móvil, con una interfaz amigable.
- **Resistencia al medio ambiente**, garantizando su funcionamiento en espacios abiertos.
- **Complementario**, de acuerdo con el Plan municipal para el desarrollo rural sustentable (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2010), existen 15 empresas dedicadas a la producción de mezcal artesanal en Santiago Matatlán. Las 15 cuentan con alguna forma de contacto móvil, ya sea vía teléfono celular o correo electrónico, por lo que se asume, la existencia y uso de dispositivos móviles con acceso a internet por parte de los productores; por tal motivo, el

prototipo fue diseñado como un complemento de los recursos tecnológicos, con los que cuentan actualmente los productores.

Plataforma para el diseño del prototipo: Especificaciones técnicas



Se decidió el uso de plataformas de software y hardware libre, concretamente la plataforma de hardware libre Arduino UNO, así como los lenguajes de programación C y Java, debido a las siguientes consideraciones:

- 1) *Económico*: Este hardware libre, tiene un costo menor a \$200 MXN (Por ejemplo, en comparación con Raspberry, que tiene un costo promedio de \$1900 MXN), por consiguiente al hardware licenciado. En el caso del software libre, éste no tiene costo de licencia y es gratuito.
- 2) *Arquitectura y configuración libre*: Se puede modificar la arquitectura y el trazado de los circuitos, sin necesidad de acuerdos con el fabricante.
- 3) *Optimización de recursos*: Cuenta con 13 muescas de conexión para las variables, de las cuales solo se utilizarán 6. Utilizar una plataforma más poderosa, no mejoraría el rendimiento, pero sí incrementaría el costo y el desperdicio de recursos.
- 4) *Multiplataforma*: No es necesario contar con un sistema operativo específico.
- 5) *Experiencia en entornos agrícolas*: La plataforma Arduino UNO, ya ha sido utilizada en materia agrícola en el territorio nacional, en sistemas de control y monitoreo ambiental para invernaderos, como es el caso de las propuestas de Lugo, Villavicencio y Díaz (2013), de la Universidad Autónoma del Estado de México y de Ramírez (2015), del Instituto Politécnico Nacional.

Resultados

Variables detectadas



El prototipo medirá las siguientes variables, las cuales se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2
Variables detectadas para la
elaboración del prototipo de medición

Indicador	Justificación
pH del suelo	Los cambios en la acidez del suelo, dañan de forma mortal a las agaváceas. El constante monitoreo de esta variable, detecta la presencia de químicos contaminantes o factores ajenos al entorno común.
Humedad del suelo	Una excesiva humedad del suelo, además de “pudrir” la planta, es un caldo de cultivo perfecto para las enfermedades y plagas, que pueden afectar de forma irremediable la planta, el conocer los niveles de humedad, permite tomar medidas preventivas y correctivas.
Humedad del ambiente	Una excesiva humedad del ambiente, además de “pudrir” la planta, es un caldo de cultivo perfecto para las enfermedades y plagas, que pueden afectar de forma irremediable la planta, el conocer los niveles de humedad, permite tomar medidas preventivas y correctivas.
Presencia de plagas	Las plagas, pueden dañar de forma irreversible la planta, ya sea, por la acción directa de los agentes biológicos, o por el uso de químicos que cambian el pH del suelo. El constante monitoreo, puede visualizar de que plaga se trata y se pueden tomar decisiones al respecto, ya que algunas plagas, pueden ser aprovechadas como una forma de ingresos suplementarios (ej. Grana cochinilla y gusano de maguey), o en su defecto, se pueden implementar controles tradicionales, que no alteran el medio ambiente.

Fuente: Elaboración propia

Funcionamiento del prototipo propuesto para esta investigación

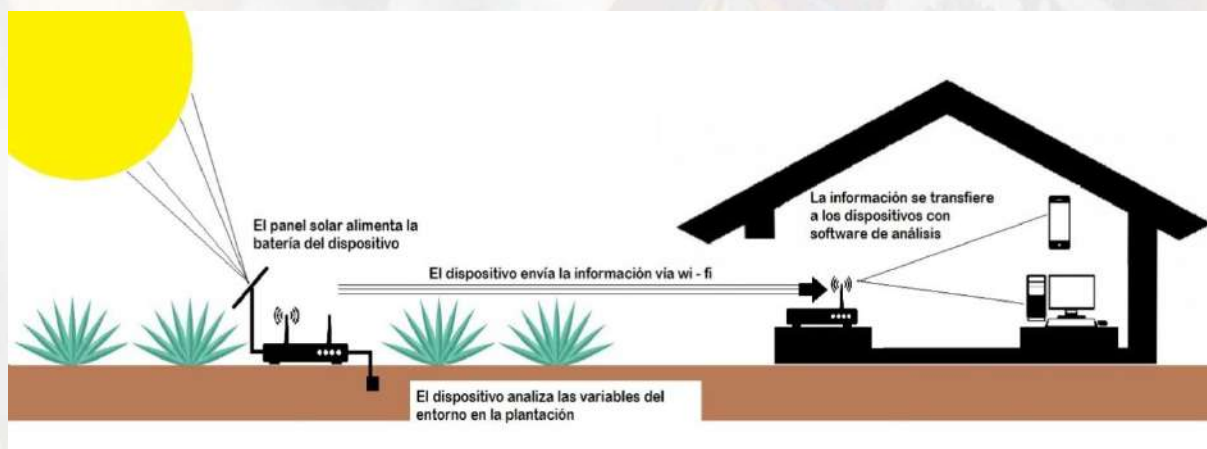
El funcionamiento de este prototipo, se realiza mediante la interacción de sensores ambientales, que arrojan valores, los cuales se comparan con las escalas de referencia y dicha información, se visualiza en una pantalla de LCD, directamente desde el dispositivo, y también se envía la información por Wi-fi³, hacia las respectivas terminales (PC, laptop, Tablet o teléfonos inteligentes), las cuales, cuentan con un software de análisis de información, que compara

³ Mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica, mediante la transmisión de radiofrecuencias, hacia un dispositivo que las recibe y retransmite a una terminal.



los valores actuales con los valores de referencia, e indica potenciales alteraciones en el ambiente, para que los productores, tomen las medidas necesarias, logren un proceso de producción eficiente y sustentable (Figura 4). Al ser un artefacto de medición, que estará en contacto directo con el medio ambiente, es necesario que cuente con una fuente de alimentación de energía adecuada, por tal motivo, se determinó que las celdas fotovoltaicas de reserva⁴, son las más convenientes, de la misma forma, la transmisión inalámbrica de información, por medio de Wi-fi se perfiló como la más idónea, considerando que otras fuentes de alimentación y transferencia de datos son cableadas, lo que es anti funcional, debido a que, los cables se pueden dañar por la acción del clima, lo que incrementaría significativamente, el costo de implementación del aparato al cablear todo el terreno. Actualmente la patente del prototipo, se encuentra en trámite (Figura 5).

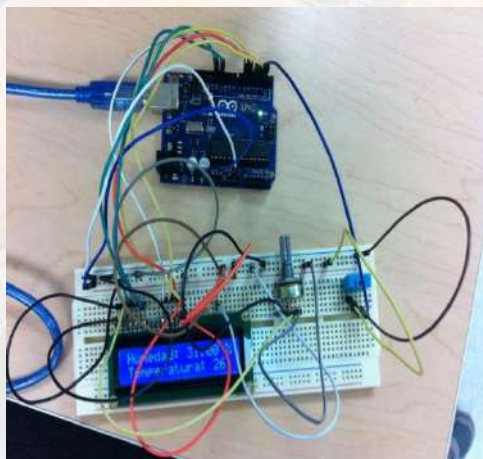
Figura 4
Funcionamiento del prototipo



Fuente: Elaboración propia

⁴ Batería que se alimenta mediante los rayos solares, la energía se almacena en una reserva, lo que permite su funcionamiento incluso en la oscuridad de la noche y días nublados.

Figura 5
Construcción física y lógica del prototipo



```

Archivo  Editar  Sketch  Herramientas  Ayuda
SensorHumedadConDisplay$
lcd.begin(16,2);
}

void loop() {
    float h = dht.readHumidity();
    float t = dht.readTemperature();

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Humedad: ");
    lcd.print(h);
    lcd.print(" %");

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Temperatura: ");
    lcd.print(t);
    lcd.print(" *C ");
    delay(250);
}

```

Fuente: Archivo del autor.

Factibilidad económica

Los costos emanados hasta el momento, de los circuitos y pruebas, hacen factible que se pueda diseñar un artefacto, con medidas realmente pequeñas (20 cm. X 20 cm.), así como un precio menor a \$2000.00 MXN, por concepto de compra de componentes (tarjeta Arduino UNO, módulo Wi-fi, circuitos especializados, etc.). En ese costo, también se incluye el trazado de circuitos, debido a que esta actividad, se está realizando, basado en la información existente, en los repositorios gratuitos de consulta libre que tiene Arduino.

Lo anterior, representa un costo realmente bajo, comparado con otras alternativas existentes en el mercado. No se consideraron costos de licencias de software, puesto que no se adquirió ninguna, debido a que para la programación de los circuitos y funcionalidades de este prototipo, se utilizó software libre, el cual no tiene costo y es de acceso público.

Considerando el fácil manejo de los componentes y su bajo costo, es posible crear y capacitar cuadros, que estén enfocados en la instalación y mantenimiento de los componentes, mediante la colaboración entre instituciones educativas y los productores interesados, permitiendo a los productores incluirse de forma paulatina, al uso de tecnologías más sofisticadas.

Comentarios finales

Ante el actual panorama de sobreexplotación del agave, se desprende la necesidad de monitoreo continuo, a fin de detectar y corregir anomalías, de forma oportuna y evitar que la actual crisis, de extinción de los agaves mezcaleros se siga agravando, por lo que se deben identificar, monitorear y controlar las siguientes variables: plagas, humedad del ambiente, humedad del suelo y pH del suelo.



El prototipo desarrollado en esta investigación, fue diseñado a la medida de las necesidades del proceso de producción artesanal de agave mezcalero, tomando en consideración la medición y el control de las variables citadas, y además cuenta con las siguientes ventajas competitivas: bajo costo, fácil manejo, resistencia al medio ambiente y ser una herramienta complementaria.

Esta investigación, responde a la pregunta planteada, derivada de un objeto de estudio claramente identificado, en relación al proceso de producción del agave mezcalero y aporta al conocimiento teórico y práctico, en la disciplina de la informática administrativa, ofreciendo un proceso metodológico riguroso, basado en referencias teóricas con argumentos suficientes y sustentables.

Este prototipo, mide los factores críticos que afectan directamente el ciclo antes mencionado y que representa una herramienta útil para el productor, para tomar y ejecutar las medidas pertinentes, en relación al proceso de producción del agave mezcalero, lo que le ayudará a revertir la actual tendencia negativa, con respecto a la extinción de la planta y a su vez, ayudará a preservar una fuente de materia prima, necesaria para el desarrollo de la actividad en los palenques.

Sin embargo, es importante aclarar, que el desarrollo de este prototipo, no resolverá por si solo la problemática; sino que, se trata de un primer paso, que implica la revisión de toda la cadena productiva, así como, la optimización de procesos de fabricación y sobre todo, la revisión de las normas regulatorias, con la finalidad de promover un auténtico proceso sustentable, que permita revertir la problemática que se presenta hoy en día.



El prototipo dentro de un contexto de un modelo de negocio

La información, es un recurso que está presente, en todos los modelos de negocio y el proceso de producción del agave artesanal no es la excepción. La presencia de variables que indican factores de desequilibrio, en la producción de mezcal artesanal, hace necesario contar con herramientas adecuadas, que permitan levantar esta información de forma íntegra y sin sesgos, lo que permitirá tomar decisiones y ejecutar acciones oportunamente.



Obtener dicha información, mediante el uso de herramientas y procesos convencionales, no sólo afectaría la calidad de la información, debido a que esta se encontraría sesgada, ya que las herramientas están enfocadas hacia producciones industriales o de invernadero, las cuales no son sustentables (Brundtland, 1987); lo anterior traería como consecuencia, una toma de decisiones errada, que afecta al negocio de diferentes maneras. Se debe considerar, que si no existe, una forma de medir adecuadamente un indicador, este no es controlable y si no se puede controlar, no es posible tomar decisiones, para mejorar los procesos de la organización y ejecutar acciones correctivas.

El desarrollo de este prototipo, diseñado específicamente para un proceso de producción de agave mezcalero artesanal, además de la medición, el control de las variables y la interpretación de indicadores, arrojarán alertas a los productores. Con esta información, ellos podrán decidir y ejecutar las medidas necesarias, para vigilar el ciclo de vida de los agaves y detectar oportunamente agentes que puedan dañar el entorno donde crecen estas plantas, lo que en un mediano y largo plazo, permitirá revertir la tendencia negativa actual de su extinción, con el fin de garantizar el abastecimiento de insumos básicos, para la producción del mezcal de forma indefinida.

Bibliografía

Aguiar, V. (2013). Análisis de la Evolución del Sector Manufacturero 1990-2008. En Flacso Ecuador, & Ministerio de Industrias y Productividad, Estudios Industriales de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (pág. 307). Quito: Flacso, Sede Ecuador. MIPRO.

Besterfield, D.; Besterfield, G.; Besterfield, H. (1817). On the Principles of Political Economy and Taxation. Cambridge University.



Cheung, H., & Chan, A. (2012). Increasing the Competitive Positions of Countries through Employee Training. *International Journal of Manpower*, 33, 144-158.

Erdogan, K. (2009). A review of country tourism competitiveness, research performance and overall country competitiveness. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 19, 119-133.



Esser, K., Hillebrand, W., Messner, D., & Meyer-Stamer, J. (1996). Documento: Competitividad Sistémica. *Revista de la CEPAL No. 59*, 39-52.

Ferrer, J. (2005). Competitividad Sistémica. Niveles analíticos para el fortalecimiento de sectores de actividad económica. *Revista de Ciencias Sociales*, 11(1), 25.

Gary, H. (1993). Large Firms, Small Firms and the Governance of Flexible Specialization: The Case of Baden Wurttemberg and Socialized Risk.

Krugman, P. (1991). Strategic Trade Policy and the New International Economics. Fondo de Cultura Económica.

Lesakova, L. (2008). Influence of globalization on small and medium enterprises. *Ekonomicky Casopis*.

MIPRO, & FLACSO. (2010-2012). Estudios Industriales de la micro, pequeña y mediana empresa.



Peña-Vinces, J., Acedo, F., & Roldán, J. (2014). Model of the International Competitiveness of SMNEs for Latin American Developing Countries. *European Business Review*, 26, 552-567.

Saavedra García, M., & Tapia Sánchez, B. (2011). Mejores Prácticas y factores de competitividad en las micro, pequeñas y medianas empresas mexicanas. *Economía*, 36(32), 11-36.



Saavedra, M. L. (2010). El Sistema de Garantías para el apoyo de la PYME en México.

Salem, D., Foster-Fishman, P., & Goodkind, J. (2002). The Adoption of Innovation in Collective Action Organizations. *American Journal of Community Psychology*, 710.

Sarduy Domínguez, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista Cubana de Salud Pública*.

Smith, A. (1776). *The Wealth of Nations*. Escocia.

Solvell, O. (2015). The Competitive Advantage of Nations 25 years - Opening up new perspectives on Competitiveness. . *Competitiveness Review*, 25, 471-481.

Taylor, F. W. (1973). *Principios de la Administración Científica*. Buenos Aires: El Ateneo.

Tutzauer, C., & Sanders, L. (1999). Strategic Information Systems Planning Success: Refinement of Segars and Grover's Measurement Model. *State University of New York at Buffalo*.

Tybout, J. (2000). Manufacturing Firms in Developing Countries: How Well Do They Do, and Why? *Journal of Economic Literature*, 11-44.

Tyson, L. D. (1992). Who's Bashing Whom?. Trade Conflict in High-Technology Industries.

Tyson, T. (1992). The Nature and Environment of Cost Management among early nineteenth century U.S. textile manufacturers. *The Accounting Historians Journal*, 19(2), 24.

UTE. (2000). *Análisis del Sector Industrial Maderero en el Ecuador*. Universidad Tecnológica Equinoccial.

Valdivia Altamirano, W. (2011). Asociatividad y Competitividad, Una Aproximación. *Economía, Sociedad y Territorio*, 11 (36), 19-29.

