

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



INCENTIVOS PARA LA RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD
GENÉTICA DE *Agave tequilana* Weber: LOS AGAVEROS COMO AGENTES DE
CONSERVACIÓN

TESINA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN ECONOMÍA AMBIENTAL

PRESENTA

IRENE ZAPATA MORÁN

DIRECTOR DE LA TESINA: DR. ALEJANDRO LÓPEZ FELDMAN

MEXICO, AGUASCALIENTES

DICIEMBRE, 2018

Agradecimientos

Esta tesis se logró con el apoyo del Dr. Alejandro López Feldman y del Dr. Hernán Bejarano a quienes agradezco mucho por sus aportes, enseñanzas y comentarios para el futuro. También agradezco al Dr. Héctor Núñez Amórtegui por ayudarme a conseguir las entrevistas necesarias para esta tesis y sus invaluable consejos.

Agradezco al Consejo Regulador del Tequila que me permitió el acercamiento con los productores de agave azul en sus oficinas y a todos los agaveros quienes me proporcionaron sus valiosos datos, preferencias y enseñanzas del mundo del agave azul.

Resumen

La producción intensiva de Agave tequilana Weber var. Azul, aunque ventajosa a corto plazo, ha reducido la diversidad genética de los cultivos de esta planta. Incrementar dicha diversidad genética teóricamente puede traer beneficios para los productores, sin embargo, estos beneficios son públicos y de manera privada pueden no ser suficientes para un cambio en las prácticas de producción: lograr un incremento en la diversidad genética del agave azul conlleva la pérdida total de la planta dentro de la producción tequilera. Por ello la intervención de una política de conservación que facilite un cambio en la forma de producción se hace necesaria.

El objetivo de este estudio es encontrar que políticas son las más adecuadas para un cambio en las prácticas de producción que permitan la recuperación y conservación de la diversidad genética del agave azul siendo los productores de esta especie los principales involucrados.

Para lograr este objetivo se realizó un análisis preliminar por medio de entrevistas a productores de agave con el fin de conocer sus intereses hacia prácticas de conservación. Con tal análisis se determinaron tres políticas que podrían incentivar la recuperación y conservación de la diversidad genética del agave azul: cambios positivos en la producción de agave, ayuda no monetaria y ayuda monetaria. Para conocer el impacto que cada una de estas políticas tiene sobre la población de productores de agave azul, se realizó un experimento de elección.

La política de ayuda monetaria es la mejor percibida y esto se puede deber a la falta de seguridad que existe en el precio del agave azul. También se observó un efecto positivo en las preferencias generado de un aumento en la productividad de cosecha lo cual nos habla de una preferencia de los agaveros por generar un bien público gracias a la diversidad genética que ellos mismos están recuperando y conservando. Esto último abre la necesidad de tener resultados claros de cómo la diversidad genética puede beneficiar a la productividad y por lo tanto a la cadena productiva agave-tequila.

Índice general

1. Introducción	1
2. Antecedentes	4
2.1. La diversidad genética del género <i>Agave</i> y sus implicaciones en la industria tequilera y mezcalera	4
2.2. La diversidad genética como un seguro en la agricultura	6
2.3. Los agricultores como agentes de conservación	7
3. Método	9
3.1. Experimento de elección	9
3.2. Teoría económica del modelo de elección	10
3.2.1. Modelo Logit Multinomial	11
3.2.2. Modelo Logit Mixto	12
3.2.3. Medidas de bienestar	13
4. Experimento de Elección y Datos	14
4.1. Experimento de Elección e Hipótesis Subyacentes	14
4.2. Datos y Características de la Muestra	18
5. Resultados y Discusión	22
6. Conclusiones y Recomendaciones de Política	27

A. Resultados del modelo paralelo	33
B. Guión de entrevista y experimento de elección	34

Índice de tablas

4.1. Atributos del programa hipotético usados en el experimento de elección.	15
4.2. Información Socioeconómica y Demográfica	19
4.3. Actividades Agrícolas de <i>Agave tequilana</i>	21
5.1. Parámetros estimados en los dos modelos	23
A.1. Parámetros estimados en el modelo Logit Multinomial con 68 observaciones . .	33

Índice de figuras

4.1. Ejemplo de plantilla con atributos seleccionados	16
---	----

Capítulo 1

Introducción

En este estudio se busca generar un instrumento que permita reconocer estrategias efectivas y eficientes para la conservación genética del *Agave tequilana* Weber variedad azul a través de los agricultores de esta planta. El *A. tequilana* (o también conocido como agave azul) es utilizado en México para la elaboración del tequila, bebida alcohólica mundialmente famosa. Esta bebida sólo puede ser elaborada con el agave azul en los municipios que determina la declaración general de protección a la denominación de origen "tequila".

El cultivo de agave azul se realiza con pies clonales de una planta madre que son retirados y vueltos a sembrar; esta técnica de reproducción asexual es la que ha predominado en la industria tequilera desde hace varias décadas (Trejo-Salazar et al., 2016). Al ser esta la técnica de reproducción en los sembradíos de agave azul, la diversidad genética ha ido en detrimento (Gil Vega et al., 2001; Vargas-Ponce et al., 2009) Esto teóricamente podría conllevar a varios problemas en la producción del tequila, pues, poblaciones con baja diversidad genética son más propensas a plagas y enfermedades. Además la selección artificial es clave en la agricultura ya que es un proceso que permite seleccionar características benéficas para una mejor producción (ya sea en cantidad o calidad del cultivo), esta selección se puede dar gracias a la diversidad genética de las especies aprovechadas (Eguiarte and González, 2007). Por estas razones, la necesidad de

reproducción sexual del agave azul es creciente dentro de la industria.

La reproducción sexual en plantas como el agave se lleva a cabo por la polinización que realizan los murciélagos del género *Leptonycteris* (López-Hoffman et al., 2010); conocidos comúnmente como murciélagos magueyeros y principales polinizadores del género. Estos murciélagos tienen un estatus delicado en las diferentes listas de conservación (UICN-Red List y NOM-059-SEMARNAT-2010). Entre las principales causas de la reducción de las poblaciones de murciélagos magueyeros se encuentran la pérdida de hábitat de forrajeo y la destrucción y vandalismo de sus nidos (Medellín Legorreta and Knoop, 2012).

Actualmente, el programa *bat friendly* impulsado por Rodrigo Medellín insta a los productores de tequila a dejar el 5 % de cada hectárea cultivada para la polinización natural por murciélagos a cambio de un holograma *bat friendly* para las botellas producidas de esta hectárea. De esta forma se busca generar diversidad genética en los cultivos de agave azul y garantizar alimento para los murciélagos magueyeros (Trejo-Salazar et al., 2016). Esta estrategia de conservación es atractiva para las casas tequileras debido a que se posicionan en el mercado de empresas "verdes", esto sin embargo no incentiva a los agricultores de agave azul de la manera deseada pues los agaveros no reciben mejor precio por plantas producidas bajo este programa y no se generan los efectos deseados en toda la cadena productiva agave-tequila. El consejo regulador del tequila (CRT), tiene registrados aproximadamente 6500 productores de agave en la denominación de origen del tequila, podríamos decir que esta cantidad es lo mínimo de productores de agave que existen.

El principal objetivo del presente estudio es generar conocimiento que permita elaborar estrategias eficaces para la recuperación y conservación de la diversidad genética del agave azul, así como generar hábitat de forrajeo (recursos de alimentación) para los murciélagos magueyeros. Estas estrategias buscan estar enfocadas en las necesidades de los productores de agave azul para que sean ellos los principales participantes (es decir, que los productores de agave sean

los agentes de conservación de la diversidad genética de esta planta). Esto último basado en la creencia de que cuando las evaluaciones académicas no contemplan las necesidades de desarrollo de los agentes económicos, son evaluaciones fallidas que no logran ser aceptadas y aplicadas para el fin académico con el que se elaboró (Montes and Sala, 2007).

Para lograr dicho objetivo, en la presente investigación se realiza un experimento de elección el cual es una herramienta que nos permite evaluar que estrategias o políticas pueden ser más eficaces en la adopción de un programa con los fines antes mencionados. Se plantearon dos hipótesis de acuerdo a teoría económica y la heterogeneidad observada en la población de estudio las cuales se evalúan en dos modelos ajustados a los datos. Los resultados van de acorde a la teoría económica y dan clara evidencia de cómo la heterogeneidad presente afecta las preferencias de los productores de agave. Por último, para satisfacer el objetivo, se hacen recomendaciones de política con el fin de que el programa planteado para esta investigación pueda ser plausible y llevarse a cabo.

Capítulo 2

Antecedentes

Uno de los aspectos más importantes de la actual investigación, la baja diversidad genética del agave azul ha sido reportada en varios estudios (Gil Vega et al., 2001; Vargas-Ponce et al., 2009; Vargas Ponce et al., 2007; Zizumbo-Villarreal et al., 2013)e. En la literatura también encontramos distintos ejemplos que dan luz del porque es importante la conservación de la diversidad genética en los cultivos y del cómo los agricultores sí podrían verse incentivados a cambiar sus prácticas bajo mecanismos adecuados.

2.1. La diversidad genética del género *Agave* y sus implicaciones en la industria tequilera y mezcalera

La diversidad genética se define como las variaciones heredables que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población y entre las poblaciones dentro de una especie. La conservación de esta es de vital importancia tanto para la salud pública, la sustentabilidad y la productividad agrícola, pecuarias, pesqueras y forestales. Si no existe variación en la base genética que determina ciertas características de los individuos, las especies no pueden ser mejoradas con selección artificial. No se puede aumentar el rendimiento, incrementar la resistencia a plagas y enfermedades o seleccionar organismos capaces de crecer en nuevas condiciones climáticas

(Piñero, 2008; Eguiarte and González, 2007).

Las plantas del género *Agave* representan la materia prima para la industria de bebidas alcohólicas tradicionales de México. Por esta razón, no es raro encontrar que dentro de las investigaciones de diversidad genética que se han llevado a cabo sobre plantas, después de las pináceas, las realizadas para este género son las segundas más abundantes (Piñero, 2008).

Varios de los estudios que se hacen sobre este género, buscan una medida de la diversidad genética en poblaciones silvestres y en poblaciones cultivadas o de manejo extractivo (manejo tradicional). Por ejemplo, Félix-Valdez et al. (2016) comparan la variación genética de *Agave potatorum* entre poblaciones silvestres y poblaciones donde se extrae la planta adulta para la producción de mezcal en el centro de México. En su análisis, los autores encuentran que los efectos del manejo en la diversidad genética de *A. potatorum* son leves y sugieren que puede estar relacionado con alteraciones de la biología reproductiva y los patrones de polinización. Algo similar encuentran Figueredo et al. (2015) en poblaciones de *A. inaequidens*, donde el manejo también es tradicional y de baja incidencia. El uso de estas dos especies es ejemplo de un manejo tradicional no intensivo que, aunque modifica de manera leve la variabilidad genética de las poblaciones, no representa una amenaza a la conservación de material genético ni a la producción del mezcal (Vargas Ponce et al., 2007; Zizumbo-Villarreal et al., 2013). Otro ejemplo de esto lo encontramos en Vargas-Ponce et al. (2009), donde hacen una comparación entre la diversidad genética de poblaciones aprovechadas de manera tradicional de *A. angustifolia* y poblaciones bajo un sistema agroindustrial de *A. tequilana*. En este análisis, encuentran que la diversidad genética que existe dentro de *A. tequilana* es 73 % menor que la de *A. angustifolia*.

Estos resultados son vitales para la importancia de este trabajo, pues, refleja la creciente necesidad de incrementar la diversidad genética de *A. tequilana* con inversión eficiente y de bajo costo. A continuación se describen los impactos económicos de la diversidad genética en diversos cultivos.

2.2. La diversidad genética como un seguro en la agricultura

Como ya se mencionó antes, la conservación de la diversidad genética es vital para la sustentabilidad y la productividad agrícolas. La conservación de los recursos genéticos de los cultivos se puede ver como un seguro contra los riesgos para la seguridad alimentaria (Martins et al., 2015). Además, como lo reporta Lanz et al. (2018), algunos estudios empíricos económicos encuentran que la diversidad genética y de especies en los cultivos reduce la variación del rendimiento y en ocasiones aumenta el rendimiento medio. Esto se ha encontrado tanto en sistemas agrícolas de baja intensidad y biológicamente diversos, como en sistemas agrícolas de alta intensidad y baja biodiversidad.

Un ejemplo claro de como la diversidad genética es un seguro lo reportan Rakotoson et al. (2017), donde gracias a la diversidad genotípica del arroz de tierras altas cultivado en el África subsahariana y en Madagascar, la deficiencia de nitrógeno que existe en las tierras no afecta a todo el cultivo; ya que este arroz se cultiva principalmente para la subsistencia de agricultores de escasos recursos en sistemas de producción de bajos insumos en suelos pobres. En este estudio se buscaron las características fenotípicas (características visibles) relacionadas con las características genotípicas (características no visibles) que hacen a la planta más eficiente en la fijación de nitrógeno. De esta forma, los agricultores podrían seleccionar la semilla más eficiente a las condiciones de cultivo que enfrentan.

Similarmente Buah et al. (2017) investigan el frijol común y la diversidad que existe en los cultivares de él en el este de África. Su estudio demuestra que gracias a las prácticas que tienen los agricultores al mantener mezclas de variedades de frijoles se apoya invariablemente la creación de nuevos genotipos que los agricultores eligen y mantienen. Además los autores recomiendan que las regiones investigadas estén bien caracterizadas y controladas; que la generación de nuevos genotipos se administre aprovechando la diversidad existente y con ello garantizar características al frijol que puedan mejorar los cultivos en esta región o en todo el mundo. Este es otro ejemplo de como la diversidad genética es parte de la seguridad alimentaria de muchos países.

La diversidad genética es la base para la selección artificial (Eguiarte and González, 2007), los agricultores encuentran en la diversidad genética una forma de mejorar sus cosechas y obtener mejores rendimientos. Sánchez-Toledano et al. (2017) analizan la disposición a pagar por semilla mejorada de maíz por parte de los agricultores en Chiapas, México. Los autores encuentran que la decisión de usar variedades de maíz mejoradas esta principalmente basada en la disposición a pagar por diferentes atributos. Los agricultores están dispuestos a usar variedades sólo si estas incluyen atributos que representen sus preferencias. De esta forma, el mejoramiento que se plantea en dicho estudio puede ser a través de la participación de los agricultores en el proceso de generación y selección de semillas para asegurar las características que priorizan se incorporen en las variedades locales existentes. El anterior estudio nos ejemplifica cómo el comportamiento de los agricultores puede verse modificado ante prácticas de mejoramiento de semillas que representen beneficios para ellos. Cabe recalcar que estas variedades y esta selección de características sólo es posible gracias a la diversidad genética que hasta hoy día se conserva del maíz de México.

Estos ejemplos dan pie al argumento de que la conservación de la diversidad genética de los cultivos es primordial para la permanencia de los mismos y en muchos casos de la seguridad alimentaria. En la siguiente sección encontramos casos donde los agricultores participan activamente en la generación y conservación de la diversidad dentro de sus cultivos.

2.3. Los agricultores como agentes de conservación

No son pocos los estudios que encuentran a los agricultores como agentes clave en la conservación. Prokopy et al. (2008) hace una revisión de 25 años de literatura encontrando 55 artículos que cuantitativamente modelan la adopción de la conservación por parte de los agricultores en Estados Unidos. En tal metaestudio, los autores identifican las características socio-económicas de los agentes que más influyen en la adopción efectiva de las prácticas de conservación. El

estudio concluye abordando el hecho de que las tasas de adopción pueden mejorar al centrar los esfuerzos en los determinantes más importantes para la adopción de las prácticas de conservación. Recientemente, (Floress et al., 2018) hicieron una guía para entender los propósitos y los usos apropiados de las distintas medidas del comportamiento de conservación existentes. Los autores en esta guía ejemplifican cada medida existente con estudios hechos en el comportamiento de los agricultores.

Un ejemplo más conciso lo reportan Montes and Sala (2007) donde los autores hacen un experimento de elección para conocer la valoración que los productores de longan (fruto altamente dependiente de la polinización) en Tailandia tienen sobre las abejas polinizadoras de sus cultivos; esto con la finalidad de conocer cuáles son las acciones de conservación preferidas por los agricultores. Los autores encuentran que la valoración está muy por debajo de los verdaderos costos que implicaría la pérdida de las abejas y por ende la pérdida en producción. Atribuyen este resultado a la falta de entendimiento de cómo es que las abejas ayudan a los cultivos y la poca cercanía que tienen los agricultores con el manejo de los polinizadores.

Uno de los mecanismos que México ha adoptado para la conservación de la biodiversidad son los Pagos por Servicios Ambientales (PSA), estos pagos son una compensación económica que se les ofrece a las comunidades con el fin de conservar la integridad ecosistémica de áreas naturales protegidas de las que las mismas comunidades hacen uso (Pisanty and Urquiza-Haas, 2008; Wunder et al., 2008). Con este tipo de programas se busca tanto la conservación de especies biológicas como de servicios que otorgan los ecosistemas a la humanidad (captación de agua). En temas de agricultura, recientemente Biodiversity Internacional está buscando generar una Recompensa por Servicios de Conservación de Agrobiodiversidad (ReSCA), operaciones de este programa ya se han efectuado en centroamérica y en México (Biodiversity International, 2011). Con esta iniciativa se busca la conservación de la biodiversidad y de diversidad genética de distintos cultivos alimenticios ante presiones industriales, de cambio climático y seguridad alimentaria (Biodiversity International, 2018).

Capítulo 3

Método

Para encontrar los mecanismos adecuados que incentiven a los agricultores de agave azul a tener prácticas a favor de la diversidad de esta planta se realizó un experimento de elección discreta. Este método es comúnmente usado en economía para el análisis de problemas ambientales, recursos de uso común y prácticas de conservación (Floress et al., 2018).

3.1. Experimento de elección

El experimento de elección es una técnica basada en preferencias declaradas realizada a través de una entrevista compuesta de varias preguntas de elección. Cada pregunta contiene un conjunto de alternativas hipotéticas mutuamente exclusivas. A los encuestados se les pide elegir la alternativa preferida, anticipando que escogerá la que le provea la mayor utilidad. Cada alternativa está definida por un conjunto de atributos que toman uno o mas niveles, de esta forma, las alternativas son compensaciones entre niveles de los atributos (Louviere et al., 2000). Con la inclusión de un costo o pago en cada alternativa, las estimaciones de utilidad marginal pueden convertirse fácilmente en estimaciones de disposición a pagar (WTP por sus siglas en inglés) o disposición a aceptar (WTA por sus siglas en inglés) por cambios en estos niveles de atributos (Louviere et al., 2000). Con ello podemos distinguir entre los atributos que son determinantes significativos para el bien, la importancia relativa de los atributos individuales, las

tasas marginales de sustitución entre los atributos y la utilidad asociada al costo o beneficio de diferentes combinaciones de atributos (Louviere et al., 2000).

3.2. Teoría económica del modelo de elección

De acuerdo al modelo de maximización de utilidad aleatoria (RUM por sus siglas en inglés), cuando los humanos son confrontados con un par o múltiples alternativas de elección, la elección puede ser explicada por un comportamiento de maximización de la utilidad (Champ et al., 2017; Narjes and Lippert, 2016; Louviere et al., 2000). Cada alternativa tiene un cierto nivel de utilidad que es conocido por el entrevistado pero el investigador no es capaz de observar esta utilidad, los elementos no observables son parte del error aleatorio. Este supuesto lo formalizamos en un modelo desde la perspectiva del investigador, donde la utilidad del individuo i derivada de la elección de la alternativa j (U_{ij} , donde $j = 1, \dots, J$) puede expresarse como la suma del componente sistemático (explicables, V) y el componente aleatorio (no explicables, ϵ) (Narjes and Lippert, 2016; Champ et al., 2017).

$$U_{ij} = V_{ij}(X_j, y_i - p_j) + \epsilon_{ij}, \quad (3.1)$$

donde X_j es un vector de atributos asociados con la alternativa j , p_j es el costo de la alternativa j y y_i es el ingreso. Del conjunto de alternativas J , el individuo i escoge la alternativa h que maximiza su utilidad, de tal forma que la utilidad en h sea estrictamente mayor a cualquier otra alternativa $j \in J$. La probabilidad P_{ih} de esta elección puede ser expresada como:

$$P_{ih} = P[(V_{ih} + \epsilon_{ih} > V_{ij} + \epsilon_{ij}); \forall j \in J] \quad (3.2)$$

Un supuesto común es que la utilidad es una función lineal de los atributos incluidos en el experimento de tal forma que la utilidad de la alternativa h es:

$$U_{ih} = \beta' X_h + \lambda(y_i - p_h) + \epsilon_{ih} \quad (3.3)$$

donde β es el vector de parámetros que ponderan la contribución relativa a la utilidad de individuo i de los atributos no monetarios y λ es la utilidad marginal del dinero (Champ et al., 2017; Narjes and Lippert, 2016).

Una propiedad importante de los modelos de elección discreta es que sólo las diferencias entre la utilidad de las alternativas afectan las probabilidades de elección, no los niveles absolutos de utilidad. Arreglando los términos de la ecuación (3.2) esto se puede observar:

$$P_{ih} = P[(V_{ih} - V_{ij}) > (\epsilon_{ij} - \epsilon_{ih}); \forall j \in J] \quad (3.4)$$

La estimación de la especificación mostrada en (3.3) se realizará con dos modelos diferentes: Modelo Logit Multinomial y Modelo Logit Mixto.

3.2.1. Modelo Logit Multinomial

La suposición estándar en un modelo RUM es que los términos de error son independientes e idénticamente distribuidos (IID) siguiendo una distribución de valor extremo tipo I. El modelo condicional o multinomial logit se basa en supuestos restrictivos y es famoso por la simplicidad de su estimación (Champ et al., 2017).

Supongamos que el experimento de elección consiste en un set de elección que contiene N alternativas ($j = 1, \dots, N$). Bajo el supuesto de la distribución del término de error, la probabilidad de que el encuestado i escoja la alternativa $h \in N$ es:

$$P_{ih} = \frac{\exp(\mu V_{ih})}{\sum_{j=1}^N \exp(\mu V_{ij})}, \quad (3.5)$$

donde μ es el parámetro de escala que refleja la parte de la varianza no observada de la utilidad. Para efectos de este estudio, el parámetro de escala se iguala a uno.

3.2.2. Modelo Logit Mixto

Este modelo se basa en el supuesto de que los parámetros poblacionales son distribuidos de forma aleatoria y es una extensión del modelo logit multinomial (Champ et al., 2017; Narjes and Lippert, 2016). El investigador no observa los parámetros individuales β_i , entonces, la probabilidad de escoger P_{ih} es el valor esperado de la probabilidad logit multinomial sobre todos los posibles valores de β_i . Estos son ponderados por una función de distribución $f(\beta)$, la forma funcional es especificada por el investigador. En este estudio la densidad de todos los parámetros β se supone normal. Así, la probabilidad de elección es dada por

$$P_{ih} = \int \frac{\exp(\beta X_h)}{\sum_{j=1}^J \exp(\beta X_j)} \varphi(\beta|\theta) d\beta \quad (3.6)$$

donde θ colectivamente denota los momentos de la densidad normal, los cuales son los parámetros a ser estimados. Los parámetros aleatorios distribuidos normalmente ingresan al modelo de la siguiente manera

$$\beta_i = \beta + \delta w_i + \sigma v_i, \quad v_i \sim N(0, 1) \quad (3.7)$$

donde β es la media poblacional fija, w_i son las características observadas específicas individuales que inducen heterogeneidad alrededor de la media, v_i es la heterogeneidad específica individual no observada y σ es la desviación estándar de β_i alrededor de β .

La integral (3.6) no tiene forma cerrada y las probabilidades de elección P_{ih} deben entonces ser aproximaciones a través de simulaciones computacionales.

3.2.3. Medidas de bienestar

Los experimentos de elección proveen medidas cuantitativas a las compensaciones entre los atributos. Estas pueden ser usadas para estimar cuanto dinero los encuestados están dispuestos a pagar por un cambio en los niveles de los atributos. El hecho de que los experimento de elección provean estimaciones de la función de utilidad indirecta permite calcular la disposición a pagar por las ganancias o pérdidas por cualquier cambio en los niveles de los atributos (Champ et al., 2017).

Los coeficientes estimados β con los modelos descritos anteriormente pueden ser usados para derivar las medidas de bienestar. Estas se definen como un cambio en la esperanza del excedente del consumidor $E(CS_i)$ debido a cambios en las alternativas y/o set de elección. Tales cambios están dados por

$$\Delta E(CS_i) = -\frac{1}{\lambda} \left[\ln \left(\sum_{j=1}^{J^1} \exp(V_{ij}^1) \right) - \ln \left(\sum_{j=1}^{J^0} \exp(V_{ij}^0) \right) \right] \quad (3.8)$$

donde la suma de los logaritmos expresa la utilidad máxima esperada a una situación inicial $t = 0$ y después el cambio a $t = 1$, y su diferencia es dividida por el coeficiente negativo del costo λ (el costo de la desutilidad marginal). El cambio total en el excedente del consumidor en la población puede ser computado como la suma ponderada de $\Delta E(CS_i)$, donde los pesos reflejan la proporción de individuos quienes comparten las mismas utilidades. El $\Delta E(CS_i)$ es consistente con el RUM y se refiere a este como la disponibilidad a pagar (WTP) por cambios en una alternativa de elección. La forma simple de ello, conocido como la disponibilidad marginal a pagar (MWTP por sus siglas en inglés) por un atributo k , dado iguales cambios en dicho atributo en todas las alternativas se expresa de la siguiente forma

$$MWTP_k = -\frac{\beta_k}{\lambda} \quad (3.9)$$

donde β_k es el coeficiente estimado para el atributo de interés.

Capítulo 4

Experimento de Elección y Datos

Para generar un instrumento más eficaz y acorde a las necesidades de los productores de agave azul, se realizó un análisis preliminar en abril de 2018 en el cual se presentó el instrumento y los posibles atributos a investigadores que hayan trabajado en temas relacionados a la conservación de la diversidad genética del agave azul para conocer su opinión. Paralelo a esto, se entrevistaron a algunos productores de agave azul con la finalidad de conocer prácticas "verdes" dentro de sus cultivos que ya pudieran estar llevando a cabo y/o cuales son los incentivos que encuentran de estas prácticas.

4.1. Experimento de Elección e Hipótesis Subyacentes

Con el análisis preliminar se seleccionaron cuatro atributos para el experimento de elección: inversión, productividad, ayuda no monetaria o en especie y ayuda monetaria. Tales atributos se describen a continuación.

Inversión. Este atributo corresponde al costo en el que se incurre (como parte del experimento) y es el número de plantas que se les pide a los productores de agave dejar madurar (permitir que crezca el escape floral) a cambio de recibir el programa. Los niveles de este atributo se pensaron en consideración a lo planteado por el programa *bat friendly*. El nivel más alto es 5 % del cultivo (150 plantas en una plantación de tres mil plantas por ha); los demás niveles son 3, 2 y 1 %. Se

realizó de esta forma para conocer el mínimo dispuesto a invertir por los agricultores a cambio de los beneficios del programa hipotético.

Productividad. Este atributo corresponde a los beneficios naturales de tener diversidad genética dentro de la plantación de agave azul (ver Antecedentes). Debido a la falta de información acerca de cuales son estos beneficios de manera puntual y dadas sólo las suposiciones teóricas, este atributo sólo tiene dos niveles (tabla 4.1). El atributo intenta evaluar la apreciación que tienen los productores de agave a tener cosechas más productivas gracias a la diversidad genética.

Ayuda no monetaria o en especie. Este atributo corresponde a una ayuda planteada en insumos necesarios para usar las semillas que se recuperarían de la inversión (invernaderos, almácigos, capacitaciones, etc).

Ayuda monetaria. La ayuda monetaria se plantea en términos de un pago de un cierto porcentaje de la inversión. Es decir, la ayuda monetaria esta en función de cuantas plantas está dispuesto a invertir el productor de agave (tabla 4.1) . El pago se haría en relación al peso promedio del cultivo y al precio de ese año.

En la tabla 4.1 se muestran los cuatro atributos con sus respectivos niveles y definición. En la figura 4.1 se muestra un ejemplo de pregunta que contiene los cuatro atributos y tres alternativas distintas. Las primeras dos alternativas corresponden a una forma distinta del programa hipotético mientras que la tercera corresponde al estado actual.

Tabla 4.1: Atributos del programa hipotético usados en el experimento de elección.

Atributo	Niveles	Descripción
Inversión	150, 90, 60, 30	Plantas de agave por ha destinadas a la reproducción sexual (inversión del agricultor por el programa hipotético).
Productividad	Ninguno, Positivo	Cambios en la productividad de cosecha de agave. Dada la falta de evidencia empírica, uno de los niveles es "ninguno" ante la posibilidad de no tener cambio en la productividad.
Apoyo no Monetario	No, Sí	Apoyo en forma de capacitaciones, invernaderos e insumos necesarios para el aprovechamiento de la semillas obtenidas por la inversión.
Apoyo Monetario	0 %, 20 %, 50 %	Porcentaje de plantas que se le pagan al productor de agave en relación al número de plantas invertidas.

Tipo 2 Q4 Alternativa	A	B	Estado actual
Inversión	150 plantas/ha	90 plantas/ha	0 plantas/ha
Cambios en productividad de cosecha	 Positivo	 Ninguno	 Ninguno
Apoyo no monetario 			
Apoyo monetario 	Ninguno	\$22,500 eq. pago por 45 plantas	Ninguno

Figura 4.1: Ejemplo de plantilla con atributos seleccionados

El diseño de cada conjunto de elección se realizó por medio de un paquete de R (support.CEs) con el método de "mix-and-match."^{el} cual permite tener un diseño más eficiente y menos abrumador para el entrevistado (Aizaki, 2012). De esta forma y eliminando los conjuntos con alternativas estrictamente dominantes se obtuvieron dos bloques de conjuntos de elección con cinco preguntas cada uno.

Dado que en el experimento de elección se utilizaron alternativas etiquetadas de forma genérica (ver figura 4.1, i.e. A o B) y la forma actual de cultivo (estado actual), se incluyen en la especificación del modelo constantes específicas de alternativa (ASC por sus siglas en inglés). Estas constantes toman el valor de 1 para la alternativa A o B y 0 para el estado actual. Puntualizado esto, la especificación econométrica general la podemos formalizar de la siguiente forma

$$U_{ijs} = \beta_{i1}ASC_{ijs} + \beta_{i2}Inver_{ijs} + \beta_{i3}Prod_{ijs} + \beta_{i4}ANM_{ijs} + \beta_{i1}AM_{ijs} + \epsilon_{ijs}$$

donde u_{ijs} es la utilidad derivada de la elección; $Inver_{ijs}$ es el nivel de inversión, $Prod_{ijs}$ variable binaria de productividad, ANM_{ijs} variable binaria de ayuda no monetaria y AM_{ijs} variable binaria de ayuda monetaria. i , j y s corresponden al individuo, la alternativa de elección y el conjunto de elección, respectivamente. β es el coeficiente asociado a cada atributo y ϵ es el término de error.

De acuerdo a los atributos descritos anteriormente y la función de utilidad general, las hipótesis alternativas para el experimento de elección son:

H_1 : Los valores positivos de los atributos derivados del programa tendrán una contribución positiva a la utilidad de los individuos. Por ejemplo, un incremento en la productividad de la cosecha derivado de un aumento en la diversidad genética dentro de los cultivos de *A. tequilana* aportará positivamente a la utilidad. Esto se verá reflejado en efectos positivos marginales en los parámetros econométricos del modelo.

H_2 : Los atributos que constituyen las alternativas del programa tendrán efectos diversos entre los

agaveros. Tal heterogeneidad se verá reflejado en las desviaciones estándar que serán significativamente distintas de cero y en los parámetros que interactúen con características individuales de los productores de agave.

4.2. Datos y Características de la Muestra

Los datos para esta investigación fueron recolectados en el estado de Jalisco, México, en junio del año 2018. Las entrevistas y el experimento de elección se realizaron en tres oficinas del Consejo Regulador Tequila (este consejo cuenta con 5 oficinas en el estado de Jalisco); las oficinas en las que se realizaron las encuestas (oficina de Amatitlán, oficina de Atotonilco y oficina de Tequila) fueron escogidas con la intención de tener una muestra de todos los estados que integran la denominación de origen del tequila (Jalisco, Guanajuato, Michoacan, Nayarit y Tamaulipas).

En la tabla 4.2 se puede ver la información socioeconómica y demográfica de la muestra. De un total de 91 personas encuestadas, 96 % son del sexo masculino. En promedio tienen 50 años, sin embargo se lograron entrevistas a jóvenes (min 23 años) y a adultos mayores (máx 88 años). En promedio los productores de agave han completado 9 años de educación (correspondiente a terminar nivel secundaria), aunque hubo una proporción de personas que no tenía ningún estudio y personas con algún estudio de posgrado. La heterogeneidad tanto en edad y estudio también se ve reflejada en los ingresos, sin embargo más del 50 % de personas encuestadas tienen un ingreso por debajo de \$7,500. Aunque se intento obtener una muestra de todos los estados que conforman la denominación de origen no se logró entrevistar ninguna persona del estado de Tamaulipas; la mayoría de los entrevistados viven en el estado de Jalisco.

En la tabla 4.3 se muestra el resumen de las actividades agrícolas relacionadas con la producción de *Agave tequilana*. En estos datos observamos de nueva cuenta la heterogeneidad

Tabla 4.2: Información Socioeconómica y Demográfica

	Promedio	Desv. Est.				
Edad	49.54	12.04				
Escolaridad	9.02	4.26				
Proporciones						
	Masculino	Femenino				
Sexo	0.967	0.033				
	1	2	3	4	5	6
Ingreso^a	0.26	0.26	0.19	0.11	0.10	0.08
	Gto	Jal	Mich	Nay	CDMX	
Estado de residencia	0.14	0.71	0.05	0.08	0.01	

^aIngreso: 1) Menos de 4,500 pesos, 2) Entre 4,501 y 7,500 pesos, 3) Entre 7,501 pesos y 11,500 pesos, 4) Entre 11,501 y 17,500 pesos 5) Entre 17,501 y 48,000 pesos y 6) Más de 48,000 pesos.

entre los productores de agave, pues se entrevistaron personas que tienen menos de una hectárea sembrada de agave hasta personas con más de mil hectáreas de agave. La pertenencia de la tierra y la experiencia son historias similares de heterogeneidad. El número de agaves plantados por hectárea es muy similar entre los entrevistados.

En la tabla 4.3 también se muestran las respuestas obtenidas a preguntas sobre prácticas de diversidad y prácticas "verdes" dentro de los cultivos. Encontramos que la mayoría de las personas entrevistadas tienen al agave azul como su siembra principal; como nota al pie, muchas personas que tienen al agave azul como su siembra principal lo hacen porque en estos años se ha visto un crecimiento en los precios y prefieren no diversificar mucho sus cultivos. En relación a esto, vemos que el 79 % de entrevistados no incluyen otra cosecha en el mismo terreno que el agave ya que no lo consideran una práctica común alegando que se sombrea el agave y además muchos no tienen el interés de otra cosecha. El 21 % que sí diversifica de esta forma su siembra lo hacen para aprovechar el terreno los primeros años cuando el agave todavía es pequeño, con lo que pueden obtener más ingresos, y para tener seguridad ante la merma del agave cuando todavía no

se ha invertido mucho tiempo.

Una práctica más común es sembrar alguna cosecha entre una siembra de agave y la próxima. El 97 % de los productores que tienen esta práctica lo hacen con la finalidad de mejorar el suelo: varios comentan que de esta forma las plagas propias del agave se dispersan y también se reincorporan los residuos productos de la jima al suelo (penca y raíces del agave). El 66 % declara que lo hacen para aprovechar terreno pues los nutrientes proporcionados por los fertilizantes que se usaron en el agave ayudan a las otras cosechas. Sólo el 29 % declaran tener esta práctica como un seguro ante el precio y merma del agave.

El tema del agave orgánico es muy interesante pues, aunque sean pocos los que declaren realizar tal práctica (15 %), el 65 % de las personas que no la realizan demuestran tener interés en el agave orgánico. Además, el 86 % de personas que sí producen agave orgánico lo hacen para cuidar la tierra donde cultivan. Muy pocos agaveros han intentado sembrar el agave azul con algo diferente a hijuelos (sólo el 7 %); las personas que lo han hecho ha sido por experimentar, sin embargo han tenido decepciones y lo han dejado. Sólo una persona lo sigue intentando con semillas y es precisamente para "mejorar la genética de sus plantas". Otro dato interesante que recuperamos de las encuestas es que hay poco conocimiento sobre otros métodos de siembra de agave, sin embargo hay buena disposición a intentarlos y conocerlos (32 %). Las personas que expresaron disposición a usar otro método condicionaban su uso a tener mejores resultados en sus cultivos.

Tabla 4.3: Actividades Agrícolas de *Agave tequilana*

	Promedio	Desv. Estándar	Gto	Jal	Mich
Ha sembradas	59.07	418.65	0.14	0.68	0.05
Ha propias	21.02	106.98			
Plantas por Ha	3472.55	658.45	Nay	Jal y Gto	Jal y Mich
Experiencia (años)	15.93	13.05	0.09	0.02	0.01
Proporciones					
	Sí	0.21	Sí	0.15	
	Aprovechar terreno	1.00	Vender a mejor precio	0.57	
	Ganar más dinero	0.68	Cuidar la tierra de cultivo	0.86	
	Seguridad ante el precio	0.21			
	Seguridad ante merma	0.53	No	0.85	
Incluyen otra cosecha dentro de la siembra agave	No	0.79	Cultivo de agave azul orgánico		
	S/Experiencia	0.19	S/Experiencia	0.68	
	S/Interés	0.53	No saber como venderlo	0.43	
	No es práctica común	0.46	Ser muy caro y difícil	0.43	
			S/Interés	0.35	
	Sí	0.64	Sí	0.07	
	Aprovechar terreno	0.66	No	0.93	
	Mejorar el suelo	0.97	Siembra con algo diferente a hijuelos		
	Ganar más dinero	0.43	Siempre lo han hecho así	0.95	
	Seguridad ante el precio	0.29	No conocen otras formas	0.78	
Incluyen otra cosecha entre siembras de agave	Seguridad ante merma	0.29	Lo consideran más fácil y rápido	0.86	
	No	0.36	Semillas	Micropropágulos	
	S/Experiencia	0.21	0.38	0.35	
	S/Interés	0.67			
	No es práctica común	0.27	0.12		
			Afiliación a alguna asociación de agaveros		
Categoría de A. tequilana dentro de sus cultivos	1	0.77	Disposición a cultivar otro tipo de agave	0.23	
	2	0.15	Disposición a usar otro método de siembra	0.32	
	3	0.07			
	4	0.01			

Capítulo 5

Resultados y Discusión

En la tabla 5.1 se muestran los parámetros estimados (coeficientes, errores estándar y desviaciones estándar) por los dos modelos ajustados a los datos obtenidos para esta investigación. En esta misma tabla podemos observar la disposición a pagar de los productores de agave por cada uno de los atributos del programa hipotético en cada modelo.

Observando el signo de los coeficientes y la significancia de los mismos en el modelo logit multinomial podemos no rechazar la hipótesis de que los atributos positivos generan efectos positivos en la utilidad de los agaveros (hipótesis alternativa 1). Tanto los atributos de ayuda y un incremento en la productividad muestran una contribución positiva a la utilidad de los participantes (tabla 5.1). Bajo este mismo modelo los atributos para los que hay mayor disposición a invertir son los de ayuda monetaria. Esto hace sentido bajo un tema de seguridad ante la venta del agave, pues como observamos en la tabla 4.3 y como fue comentado varias veces en las entrevistas, los productores de agave no tienen ninguna seguridad ante el precio que al final del periodo obtendrán por el producto. Hubo varios comentarios de productores de agave donde mencionaban que un programa como el planteado en esta investigación sería muy bueno cuando el precio del agave es muy bajo y nadie quiere vender, de esta forma la inversión para los productores no representaría gran pérdida pero la ganancia por la ayuda monetaria sería muy apreciada.

Esta apreciación de los productores lo vemos reflejado en la cantidad de plantas que están dispuestos a invertir cuando la ayuda monetaria es positiva y como aumenta conforme aumenta el porcentaje de plantas pagadas.

Narjes and Lippert (2016) encuentran un incremento positivo en la población de abejas polinizadoras y la ayuda en especie proporcionada por el gobierno genera un efecto positivo en la utilidad de los productores de longan (fruto de Tailandia), lo cual es similar a lo mencionado anteriormente. Algo similar lo encuentra Bro (2016), los agricultores de café en Nicaragua encuentran una aportación positiva a su utilidad tener diversidad de cafés dentro de sus cultivos.

El coeficiente negativo y significativo de la variable ASC en ambos modelos (tabla 5.1) nos indica que pese a una disposición de inversión positiva por los atributos correspondientes al programa hipotético, los productores también tienen una disposición positiva por el estado actual. Esto mismo se ha encontrado en Birol et al. (2007), donde dos clases preferían seguir sembrado sus cultivos de maíz como hasta entonces lo habían hecho. En el caso del agave este resultado se puede fundamentar en la composición de los entrevistados; varios entrevistados (25 %) escogían por defecto el estado actual en cada una de las preguntas, en algunos casos sin siquiera observar las distintas alternativas. Para evaluar esta situación, se hizo el modelo logit multinomial quitando las observaciones antes mencionadas: La variable ASC sigue siendo significativa pero con un efecto contrario (ver Apéndice A), esto implica que las personas que no escogían por defecto el estado actual sí tienen una preferencia por el programa hipotético (los efectos de los atributos del programa no cambian en este modelo).

En la tabla 5.1 podemos observar los parámetros estimados por el modelo Logit Mixto y la disposición a pagar por cada uno de los atributos. Cuando se considera heterogeneidad en los parámetros, a diferencia del modelo Logit Multinomial, sólo la estimación de la media de ASC, productividad e inversión resultaron estadísticamente significativos. El resultado de ASC

nos confirma que los entrevistados tienen predisposición por mantenerse en el estado actual. Los resultado de productividad e inversión van en sentido con la H_1 y la teoría del RUM. La preferencia por una productividad mayor derivada de la diversidad genética también lo encuentra Sánchez-Toledano et al. (2017), donde los agricultores de maíz prefieren el cultivo de semillas mejoradas a cambio de mayores rendimientos.

Un resultado interesante lo observamos en la media y desviación estándar (DE) de la ayuda monetaria del 20 %, aunque la media de este atributo no sea significativa la desviación estándar sí lo es (tabla 5.1). Al observar la media vemos que es negativa, lo que podría indicar que las personas encuentra un efecto negativo en el pago del 20 % de plantas invertidas. Sin embargo, si sumamos dos desviaciones estándar y dado que asumimos distribución normal, vemos que el 95 % de la población se encuentra bajo el rango de (-6.7069, 5.1723) lo que nos indica que a poco menos de la mitad de la población la ayuda monetaria por el 20 % de la inversión sí les genera un efecto positivo en su utilidad; el resto de la población simplemente no prefiere esa opción. Esto mismo lo observamos si nos fijamos en la media y la DE de la disposición a pagar, dónde aunque la disposición a pagar es negativa la desviación estándar no nos permite descartar disposiciones a pagar positivas. Estos resultados nos dan evidencia de la heterogeneidad de la muestra que es lo planteado y esperado en la H_2 .

En el mismo sentido que el párrafo anterior, las interacciones de los atributos con variables individuales generan estimaciones del parámetro poblacional estadísticamente significativas (tabla 5.1). Las personas que expresaron interés en el uso de otra forma de sembrar agave encontraron un efecto positivo en la ayuda no monetaria -cabe aclarar que se a los entrevistados se les explicaba bien en que consistía la ayuda no monetaria o en especie- y una disposición a invertir 70 plantas por este atributo. La heterogeneidad observada por el ingreso sí condiciona la respuesta ante la ayuda monetaria que tiene un efecto positivo en la utilidad de los entrevistados, así mismo la disposición a pagar por la ayuda monetaria es mayor cuando se condiciona al ingreso del entrevistado.

Evidencia en la heterogeneidad de la muestra existe (tablas 4.2 y 4.3), así mismo hay evidencia de heterogeneidad en preferencias con respecto a las distintas formas de ayuda (tabla 5.1) por lo que la H_2 no se puede rechazar. Sin embargo, con los datos obtenidos no es posible puntualizar hacia que sectores de la población de agaveros se debe dirigir los tipos de ayuda. Para hacer más factible un programa como el que esta investigación plantea, se recomienda hacer estudios que aborden la heterogeneidad de la población objetivo a modo de conocer tipos de preferencias dentro de la población de agaveros. Por ejemplo, en este estudio no se realizó ninguna pregunta relacionada para estimar la aversión al riesgo o las tasas de descuento temporales que se pueden presentar; preguntas que busquen controlar esta heterogeneidad abrirán paso a análisis más finos (ej. clases latentes) para una implementación factible del programa.

En la siguiente sección se comentarán las implicaciones que este y los resultados anteriores tienen en una posible política que busque rescatar la diversidad genética del agave azul.

Capítulo 6

Conclusiones y Recomendaciones de Política

La falta de diversidad genética del *A. tequilana* es un asunto que se debe tratar en el menor tiempo posible. Los resultados de esta investigación generan sugerencias acerca de como este tema puede empezarse a abordar sin dejar de lado a los principales perjudicados de esta problemática: los productores de agave. Uno de los objetivos fundamentales de la investigación fue encontrar la participación activa de este sector de la cadena productiva agave-tequila pues de ellos depende que la industria no se vea íntimamente afectada en un plazo de tiempo no muy corto. Gracias a los resultados del primer modelo encontramos que uno de los principales incentivos para empezar a generar y conservar la diversidad genética es la ayuda monetaria. Como se mencionó anteriormente, los agricultores no tienen un seguro ante el precio del agave, lo que implica que afiliarse a un programa que les asegure un pago, resulta muy beneficioso para la población de agaveros. De esta forma, la ayuda monetaria siempre será un buen incentivo ya sea para la conservación de la diversidad genética del agave azul como para cualquier otro programa que busque un acercamiento con este sector de la cadena productiva. En general los pagos que proveen organismos gubernamentales o internacionales para la protección de la biodiversidad, y como en este caso de la agrobiodiversidad, siempre van encaminados a generar un bien de

uso público; el caso de la conservación de la diversidad genética del agave azul sólo beneficia a un estrato de la población mexicana. Estas razones generan incertidumbre de la fuente de la ayuda monetaria; objetivamente la industria tequilera es muy grande (con un valor de 16,500 millones de pesos para el año 2016 (Cámara Nacional de la Industria Tequilera, 2017)) y depende altamente de la diversidad genética de su materia prima, lo cual nos permite observar que es dentro de la misma industria dónde se puede producir el pago necesario.

Un resultado por demás interesante es que en ambos modelos un incremento en la productividad tiene un efecto positivo y hay una disposición a invertir por ella también positivo y estadísticamente diferente de cero (tabla 5.1). Bajo esta observación se recomiendan futuras investigaciones acerca de los beneficios puntuales de la diversidad genética en los cultivos de agave azul. Dados los resultados, se considera que una afirmación certera y veraz acerca de los beneficios podría motivar por sí sola a los productores de agave a empezar a generar y conservar la diversidad genética del *A. tequilana*. Por otro lado, en esta investigación los beneficios teóricos de la diversidad genética (mayor resistencia a plagas y enfermedades y generación de características beneficiosas) se englobaron en un sólo atributo: Productividad (ver Apéndice B). Para futuras investigaciones se recomienda generar un atributo para cada uno y poder obtener los efectos marginales de cada beneficio.

La heterogeneidad que existe dentro de los productores de agave puede ser usada en la generación de políticas encaminadas a la generación y conservación de diversidad genética del agave azul. Por ejemplo, aunque la ayuda no monetaria o en especie resulto ser el atributo menos atractivo en general para los productores de agave, cuando existe un interés por nuevas formas de siembra, la recepción de este tipo de ayuda genera un efecto positivo en la utilidad de los agentes así como una disposición a invertir considerable (tabla 5.1).

Entre las principales fallas de esta investigación se encuentra la cantidad de datos obtenidos lo cual no permite esclarecer la dimensión de la heterogeneidad y mucho menos como abordarla

de forma concisa para beneficio de la conservación de la diversidad genética, sin embargo con los pocos datos obtenidos se observa que esta heterogeneidad existe y permea en las decisiones que tienen los agaveros. Esta investigación es un primer acercamiento y abre las puertas para preguntas mas focalizadas y primeras recomendaciones para una política aun no planteada.

Referencias

- Aizaki, H. (2012). Basic Functions for Supporting an Implementation of Choice Experiments in R. *Journal of Statistical Software*, 50(Code Snippet 2).
- Biodiversity International (2011). Payment for agrobiodiversity conservation services (PACS).
- Biodiversity International (2018). Inyectando diversidad para reforzar la inmunidad al cambio climático y a la inseguridad alimentaria.
- Birol, E., Rayn Villalba, E., and Smale, M. (2007). *Farmer Preferences for Milpa Diversity and Genetically Modified Maize in Mexico: A Latent Class Approach*. International Food Policy Research Institute.
- Bro, A. S. (2016). *Biodiversity, Climate Change, and Livelihoods: A study on economic and ecological sustainability among coffee producers in the highlands of Nicaragua*. PhD thesis, Michigan State University.
- Buah, S., Buruchara, R., and Okori, P. (2017). Molecular characterisation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) accessions from Southwestern Uganda reveal high levels of genetic diversity. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64(8):1985–1998.
- Cámara Nacional de la Industria Tequilera (2017). Información Básica de la Industria Tequilera. Technical report, Cámara Nacional de la Industria Tequilera.
- Champ, P. A., Boyle, K. J., and Brown, T. C., editors (2017). *A Primer on Nonmarket Valuation*, volume 13 of *The Economics of Non-Market Goods and Resources*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Eguiarte, L. E. and González, A. (2007). De genes y magueyes, estudio y conservación de los recursos genéticos del tequila y el mezcal. *Ciencias*, 87:28–35.
- Félix-Valdez, L. I., Vargas-Ponce, O., Cabrera-Toledo, D., Casas, A., Cibrian-Jaramillo, A., and de la Cruz-Larios, L. (2016). Effects of traditional management for mescal production on the diversity and genetic structure of *Agave potatorum* (Asparagaceae) in central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 63(7):1255–1271.
- Figueredo, C. J., Casas, A., González-Rodríguez, A., Nassar, J. M., Colunga-GarcíaMarín, P., and Rocha-Ramírez, V. (2015). Genetic structure of coexisting wild and managed agave populations: implications for the evolution of plants under domestication. *AoB Plants*, page plv114.

- Floress, K., Reimer, A., Thompson, A., Burbach, M., Knutson, C., Prokopy, L., Ribaudó, M., and Ulrich-Schad, J. (2018). Measuring farmer conservation behaviors: Challenges and best practices. *Land Use Policy*, 70:414–418.
- Gil Vega, K., González Chavira, M., Martínez de la Vega, O., Simpson, J., and Vandemark, G. (2001). Analysis of genetic diversity in *Agave tequilana* var. Azul using RAPD markers. *Euphytica*, 119(3):335–341.
- Lanz, B., Dietz, S., and Swanson, T. (2018). The Expansion of Modern Agriculture and Global Biodiversity Decline: An Integrated Assessment. *Ecological Economics*, 144:260–277.
- López-Hoffman, L., Varady, R. G., Flessa, K. W., and Balvanera, P. (2010). Ecosystem services across borders: a framework for transboundary conservation policy. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(2):84–91.
- Louviere, J. J., Hensher, D. A., Swait, J. D., and Adamowicz, W. (2000). *Stated Choice Methods*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Martins, S., Carnide, O. P., de Carvalho, C. R., and Carnide, V. (2015). Assessing Genetic Diversity in Landraces of *Cucurbita* spp. Using a Morphological and Molecular Approaches. *Procedia Environmental Sciences*, 29:68–69.
- Medellín Legorreta, R. A. and Knoop, L. T. (2012). Evaluación de Riesgo de Extinción de *Leptonycteris yerbabuenae* de acuerdo al numeral 5.7 de la NOM-059- SEMARNAT-2010. Technical report, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Montes, C. and Sala, O. (2007). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. *Ecosistemas*, 13(3):137–147.
- Narjes, M. E. and Lippert, C. (2016). Longan fruit farmers' demand for policies aimed at conserving native pollinating bees in Northern Thailand. *Ecosystem Services*, 18:58–67.
- Piñero, D. (2008). La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. In *Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento Actual de la Biodiversidad*. CONABIO, México.
- Pisanty, I. and Urquiza-Haas, E. (2008). Instrumentos de conservación in situ en México: logros y retos. In *Capital Natural de México. Vol. IV: Capacidades humanas e institucionales*, chapter 8. CONABIO.
- Prokopy, L., Floress, K., Klotthor-Weinkauff, D., and Baumgart-Getz, A. (2008). Determinants of agricultural best management practice adoption: Evidence from the literature. *Journal of Soil and Water Conservation*, 63(5):300–311.
- Rakotoson, T., Dusserre, J., Letourmy, P., Ramonta, I. R., Cao, T.-V., Ramanantsoanirina, A., Roumet, P., Ahmadi, N., and Raboin, L.-M. (2017). Genetic variability of nitrogen use efficiency in rainfed upland rice. *Field Crops Research*, 213:194–203.

- Sánchez-Toledano, B. I., Kallas, Z., and Gil-Roig, J. M. (2017). Farmer preference for improved corn seeds in Chiapas, Mexico: A choice experiment approach. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(3):e0116.
- Trejo-Salazar, R.-E., Eguiarte, L. E., Suro-Piñera, D., and Medellín, R. A. (2016). Save Our Bats, Save Our Tequila: Industry and Science Join Forces to Help Bats and Agaves. *Natural Areas Journal*, 36(4):523–530.
- Vargas Ponce, O., Zizumbo Villarreal, D., and Colunga GarcíaMarín, P. (2007). In Situ Diversity and Maintenance of Traditional Agave Landraces Used in Spirits Production in West-Central Mexico. *Economic Botany*, 61(4):362–375.
- Vargas-Ponce, O., Zizumbo-Villarreal, D., Martínez-Castillo, J., Coello-Coello, J., and Colunga-GarcíaMarín, P. (2009). Diversity and structure of landraces of Agave grown for spirits under traditional agriculture: A comparison with wild populations of *A. angustifolia* (Agavaceae) and commercial plantations of *A. tequilana*. *American Journal of Botany*, 96(2):448–457.
- Wunder, S., Engel, S., and Pagiola, S. (2008). Taking stock: A comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. *Ecological Economics*, 65(4):834–852.
- Zizumbo-Villarreal, D., Vargas-Ponce, O., Rosales-Adame, J. J., and Colunga-GarcíaMarín, P. (2013). Sustainability of the traditional management of Agave genetic resources in the elaboration of mezcal and tequila spirits in western Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 60(1):33–47.

Apéndice A

Resultados del modelo paralelo

La tabla A.1 muestra el modelo Logit Multinomial ajustado a observaciones que no sólo respondieron la opción de estado actual en el experimento de elección.

Tabla A.1: Parámetros estimados en el modelo Logit Multinomial con 68 observaciones

Variable	Coficiente	(EE)		MWTP ^a	(EE)	
ASC	0.6119	0.3065	*	57.23	24.682	*
Productividad	0.8447	0.1847	***	79.00	21.042	***
Ayuda no monetaria	0.5704	0.2174	**	53.34	14.262	***
Ayuda monetaria por 20 % ^b (vs 0 %)	1.0018	0.2001	***	93.69	31.073	**
Ayuda monetaria por 50 % ^b (vs 0 %)	1.3939	0.2405	***	130.36	49.117	**
Inversión ^a	-0.0106	0.0036	**	-1.00	—	
N	340.00					
AIC	631.28					
BIC	654.26					
Log-Likelihood (LL)	-309.64					

Códigos de significancia 0 ‘****’ 0.001 ‘***’ 0.01 ‘**’ 0.05 ‘*’

^aMedida en plantas de *A. tequilana* destinadas a la producción de semillas

^bPorcentaje con respecto a la inversión

Apéndice B

Guión de entrevista y experimento de elección

Buenas tardes, mi nombre es Irene Zapata Morán y vengo de un centro de investigación del CONACYT. Me acerco a usted para hacerle una entrevista como parte de mi tesis de maestría. Los datos que usted me dé sólo los utilizare con el fin de realizar mi tesis. La entrevista que le realizaré tiene que ver con su forma de sembrar el agave azul. ¿Me permite hacerle la encuesta?. Muchas gracias por acceder a hacer la encuesta. La encuesta tiene dos partes, primero es una serie de preguntas y luego un ejercicio de elección donde usted elijará entre diferentes alternativas dependiendo de que le guste más a usted. (Empieza la parte de preguntas).

Como pudo ver, mi interés radica en la siembra de agave azul con semillas.¿Esto porque? Porque las semillas tienen diferente material genético que la planta madre, a diferencia de los hijuelos que son prácticamente clones. En los últimos años se ha encontrado en varios estudios que dentro y entre las plantaciones de agave azul la diversidad genética es muy baja gracias a la forma de siembra tradicional con hijuelos; esto quiere decir que las plantas que están sembradas en su cultivo y con el cultivo de los demás productores son prácticamente iguales. Esto tiene algunas consecuencias pues si alguna plaga o enfermedad llega a una de sus plantas es muy probable que las demás también se enfermen pues no tienen mecanismos de defensa diferentes entre ellas. La diversidad genética también es clave en la selección de plantas y características de interés que nosotros podemos hacer. Ahora bien, lo que vengo buscando con mi tesis es como los productores de agave azul, como usted, pueden cambiar un poco su forma de sembrar el agave en beneficio de la diversidad genética del agave azul. La forma que yo propongo es la siembra con semillas. Sin embargo la obtención de semillas tiene un costo, pues se necesita dejar a la planta quietar y producir la semilla lo que implica perder ese agave para la producción de tequila.

Con el ejercicio de elección que ahora vamos a hacer yo estoy proponiendo un programa imaginario que incentive a los productores de agave como usted a empezar a usar semillas. Le vuelvo a mencionar que lo que usted en estos momentos me responda no lo responsabiliza con nadie ni con nada. El programa tiene cuatro características (mostrando las características en papel):

- La primera característica es la cantidad de plantas que se le pedirían dejar quietar por hectárea con el fin de recolectar semillas de agave azul.
- La segunda característica es la posibilidad de tener cambios positivos en la cosecha a raíz

del incremento en la diversidad genética que se daría por la siembra de las semillas que usted mismo produciría.

- La tercera característica es un apoyo no monetario en forma de capacitaciones, invernaderos e insumos para el uso de estas mismas semillas.
- Y por último, también planteo un apoyo monetario que consiste en el pago de un porcentaje de las plantas que ustedes están dejando quiotar. El pago se realizaría al precio del agave de ese año.

Yo le voy a mostrar cinco hojas como esta, en cada hoja podemos ver que el programa tiene dos formas, forma A y forma B. También vemos que en cada hoja esta la opción *estado actual*, esta opción implica no entrar al programa, es decir, no dejar ninguna planta quiotar y no recibir ninguno de los beneficios del programa. Entonces, yo le pregunto: Si hoy el programa existiera, ¿bajo que forma del programa le gustaría participar? ¿Forma A, forma B, o el estado actual?.