

**Título del Proyecto de Investigación
al que corresponde el Reporte Técnico:**

Desarrollo de un alimento funcional con propiedades antioxidantes elaborado a partir de extractos de *Pinus arizónica*, *Quercus chihuahuensis* y *Quercus durifolia*

Tipo de financiamiento

Sin financiamiento

Fecha de Inicio: agosto 2021
Fecha de Término: Diciembre 2022

Tipo de Reporte

Parcial

Final

Autor (es) del reporte técnico:

Marcela Soto García
Yuridia Ortiz-Rivera
Mariana Sequeira Flores

TÍTULO DEL REPORTE TÉCNICO

Desarrollo de un alimento funcional con propiedades antioxidantes elaborado a partir de extractos de *Pinus arizonica*, *Quercus chihuahuensis* y *Quercus durifolia*

Resumen del reporte técnico en español:

Los alimentos funcionales contribuyen a reducir el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) tales como el cáncer, la diabetes o la obesidad, gracias a la acción de sus compuestos bioactivos. Estos alimentos representan una estrategia altamente costo-efectiva en la prevención de patologías que suponen un serio problema para los sistemas de salud mundiales. Por tal motivo, un últimos años la industria alimentaria ha desembocado en el interés del aprovechamiento de compuestos bioactivos de origen vegetal. En esta investigación, se propuso la elaboración de un alimento funcional con actividad antioxidante y calidad organoléptica aceptable empleando extracto de corteza de especies maderables. Para lograr el objetivo se llevó a cabo el desarrollo de formulaciones de snacks y su posterior evaluación sensorial a través de pruebas hedónicas, así como el consiguiente análisis de su actividad antioxidante por el método de DPPH. Los resultados obtenidos indicaron que la formulación 2, que corresponde a la formulación con Splenda, azúcar y extracto de *Quercus durifolia*, como la del mayor nivel de aceptación y preferencia, así mismo se pone a la vista que las formulaciones desarrolladas a partir del extracto con *Quercus durifolia* presentaron actividad antioxidante pese a la baja cantidad de extracto utilizado para su elaboración.

Palabras clave: alimentos funcionales, extracto, antioxidante.

Resumen del reporte técnico en inglés:

Functional foods contribute to reducing the risk of developing chronic non-communicable diseases (NCDs) such as cancer, diabetes or obesity, thanks to the action of their bioactive compounds. These foods represent a highly cost-effective strategy in the prevention of pathologies that represent a serious problem for global health systems. For this reason, in recent years the food industry has led to the interest in the use of

bioactive compounds of plant origin. In this investigation, the elaboration of a functional food with antioxidant activity and acceptable organoleptic quality was carried out using bark extract from timber species. To achieve the objective, the development of snack formulations and their subsequent sensory evaluation through hedonic tests were carried out, as well as the subsequent analysis of their antioxidant activity by the DPPH method. The results obtained indicated that formulation 2, which corresponds to the formulation with Splenda, sugar and *Quercus durifolia* extract, as the highest level of acceptance and preference, likewise it is shown that the formulations developed from the extract with *Quercus durifolia durifolia* presented antioxidant activity despite the low amount of extract used for its preparation.

Keys words: functional food, extract, antioxidants.

Usuarios potenciales (del proyecto de investigación)

El proyecto puede generar información para tener mas opciones de antioxidantes naturales en la industria de los alimentos, con la finalidad de desarrollar alimentos que aparte del aporte nutricional tengan algún efecto benéfico en la salud.

1. Introducción

Los alimentos funcionales son productos enfocados a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) mediante la acción de determinadas moléculas denominadas compuestos bioactivos (Doyon y Labrecque, 2008). A través de los años estos productos han presentado un aumento en su consumo derivado en gran medida del serio problema que las ECNT suponen tanto para los gobiernos y sistemas de salud en todo el mundo como para quienes las padecen, y es que el aumento en el número de casos de estas patologías, el deterioro de la calidad de vida de la población y los grandes costos que suponen los tratamientos, las convierte en un problema de salud difícil de combatir (Córdova-Villalobos et al., 2008). Afortunadamente, los alimentos funcionales representan una estrategia valiosa en la prevención de dichas enfermedades, por ende, este trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un alimento funcional con actividad antioxidante y calidad organoléptica aceptable elaborado a partir de extracto de *Quercus durifolia*, encino que posee compuestos antioxidantes capaces de neutralizar radicales

libres y evitar la oxidación de biomoléculas, logrando así prevenir la aparición de diversas enfermedades. En el presente trabajo se muestra el desarrollo y análisis de las cualidades organolépticas y antioxidantes de las gomitas elaboradas a partir de extracto de *Quercus durifolia*, donde los resultados revelaron una baja actividad antioxidante, que se sugiere es atribuida a la concentración de extracto empleada, asimismo se obtuvo a las gomitas elaboradas a partir de la combinación de azúcar, Splenda y el extracto de *Quercus durifolia* como las del nivel de aceptación más alto y de preferencia significativamente diferente respecto al resto de gomitas evaluadas.

Reconocimientos

A la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez por la infraestructura facilitada.

2. Planteamiento

2.1 Antecedentes

En años recientes, se ha podido observar un aumento en el consumo de alimentos funcionales que ayudan a reducir el riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles. Ejemplo de estos alimentos son algunos jugos de frutas o vegetales, productos lácteos y productos de panadería.

Si bien el aumento en el consumo de alimentos funcionales por parte de la población mexicana es notable, estos productos van dirigidos en su mayoría al cuidado y mejora de la apariencia física, es decir, van dirigidos principalmente a la reducción de peso, lo que hace evidente la falta de productos orientados a la prevención de enfermedades crónicas como lo son las asociadas al estrés oxidativo (diabetes mellitus, cardiovasculares, inflamatorias, cáncer por citar algunas) que afectan a la salud pública.

Dentro de la formulación de alimentos con carácter funcional, se ha destacado la adición de compuestos bioactivos como lo son los polifenoles. Estos últimos, presentes en fuentes de origen vegetal, se han asociado a efectos terapéuticos benéficos como lo es su propiedad antioxidante. Por ello, en años recientes se ha desembocado en su estudio a fin de ser utilizados dentro de matrices alimenticias.

La corteza por su origen, posee gran cantidad de compuestos de índole fenólica, lo que hace a este subproducto de la industria maderera, un recurso relevante en la investigación para la obtención de estos compuestos bioactivos.

Diversas investigaciones han demostrado que especies maderables exhiben propiedades biológicas relevantes. Soto-García et al. (2016) encontraron en algunas especies del género *Pinus* y *Quercus* importantes concentraciones de compuestos polifenólicos en extractos de ambos géneros.

Por lo anterior, este trabajo tiene como propósito el desarrollo de un alimento funcional con propiedades antioxidantes utilizando extractos de *Pinus arizonica*, *Quercus chihuahuensis* y *Quercus durifolia*.

2.2 Marco teórico

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) son un conjunto de patologías cuya causa no se le atribuye a la presencia de microorganismos patógenos sino a factores de riesgo tales como una mala alimentación, la falta de actividad física, el tabaquismo y el abuso en el consumo de alcohol (Ministerio de Salud de la Nación, 2016). Las ECNT, entre las que se encuentran el cáncer, la diabetes, la obesidad y el sobrepeso, son consideradas actualmente como una epidemia y representan un reto importante para los sistemas de salud debido al aumento en el número de casos y el incremento en su mortalidad (Córdova-Villalobos et al., 2008) A pesar de las incontables desventajas que estas patologías desencadenan tanto a pacientes como a terceros, las ECNT pueden ser prevenidas al evitar o corregir los factores de riesgo ya antes mencionados.

La ciencia ha demostrado la estrecha relación entre la alimentación y la salud, es decir, como el consumo de determinados alimentos puede influir en el desarrollo, aparición y prevención de diversas enfermedades. Dentro de una alimentación saludable el consumo de los alimentos funcionales juega un papel importante en la prevención de las ECNT ya que estos alimentos previenen el desarrollo de determinadas patologías mediante la acción de sus compuestos bioactivos, los cuales son sustancias con cualidades más allá de las nutricionales que al ser ingeridas son capaces de interactuar mediante determinados mecanismos de acción con otros compuestos dentro de los tejidos vivos y aportar un beneficio a la salud (Guaadaoui, et al., 2014; Herrera et al., 2014). Ejemplo de estos se encuentran, beta-caroteno, el licopeno y el gingerol actúan como antioxidantes (Keservani, et al., 2010) y contribuyen a evitar el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cánceres y otro tipo de enfermedades (Zamora, 2007).

Los compuestos bioactivos pueden ser proteínas, lípidos, antioxidantes (Aranceta, 2011), minerales y carbohidratos (Keservani, et al., 2010), y pueden formar parte de alimentos tanto de origen animal como de origen vegetal, donde estos últimos resultan ser una fuente importante de dichos compuestos ya que existen en una numerosa diversidad y que si bien en muchas ocasiones son producidos en pequeñas cantidades no dejan de ser importantes recursos para la prevención de múltiples patologías. Los alimentos funcionales poseen una gran variedad de compuestos bioactivos y por ende diversos mecanismos de acción sobre el organismo. Los alimentos que poseen ácido graso omega-3 y ciertos tipos de lípidos de origen lácteo ayudan a reducir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (Aranceta, 2011), por el contrario, productos con fibra insoluble contribuyen en la en la prevención del cáncer de mama y colón (Cruz, 2007). Otro ejemplo son los alimentos funcionales que poseen isoflavonas, ciertos lípidos, almidón y ácido cafeico, los cuales intervienen en la prevención de la diabetes al ayuda en la regulación de la glicemia o en la protección de células beta-pancreáticas (Cázares et al., 2018). Los alimentos funcionales también ejercen su acción preventiva cuando a estos se les ha reducido o eliminado compuestos que contribuyen al desarrollo de algún tipo de ECNT, tal es el caso de un alimento funcional al cual se le ha reducido la cantidad de azúcares totales el cual participará en la prevención y/o el tratamiento del sobrepeso y la obesidad (Aranceta, 2011), por lo tanto, en base al alimento y los compuestos que este contenga es que será su mecanismo de acción y su objetivo en la promoción y mantenimiento de la salud. Cabe aclarar que muchos de los mecanismos por los cuales los compuestos bioactivos ejercen su acción protectora frente diferentes enfermedades no han sido completamente esclarecidos y en ocasiones inclusive existe falta de evidencia científica que corrobore la actividad biológica de dichos compuestos, destacando así la escasez de estudios epidemiológicos e investigaciones clínicas (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología [FECYT], 2005).

Antioxidantes y su relación con la prevención de ECNT

El cuerpo humano produce durante el metabolismo de las células y por acción de contaminantes, radiaciones solares e inclusive por el consumo de drogas, un grupo de moléculas denominadas radicales libres caracterizadas por poseer uno o más electrones

desapareados en su último orbital (Coronado et al., 2015; Rosales et al., 2006). Cuando los radicales libres se encuentran en exceso dentro del organismo estos son capaces de oxidar lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, generando así, por ejemplo, daños importantes en las membranas celulares y los tejidos (Rosales et al., 2006) lo que puede desencadenar la aparición de diversas patologías como el cáncer, la diabetes, aterosclerosis, artritis, etcétera, (Benavente et al., 1997), muchas de las cuales son catalogadas como ECNT. Los radicales libres también pueden intervenir en la activación de señales intracelulares sensibles al estrés oxidativo lo que comúnmente ocasiona daño celular tal y como lo describe Evans et al. (2003) en su artículo sobre la relación entre el estrés oxidativo y las vías de señalización de la diabetes. Afortunadamente el cuerpo humano cuenta con diversas proteínas y antioxidantes que lo protegen contra los radicales libres y el daño ocasionado por los mismos. Entre los mecanismos de defensa contra los radicales libres se encuentran los antioxidantes dietarios los cuales son moléculas exógenas o externas al cuerpo que se obtienen a partir de la ingesta de diversos alimentos y que son capaces de interactuar con los radicales libres y neutralizarlos (Ornelas-Paz et al., 2012; Rosales et al., 2006) de forma que la ingesta de antioxidantes en la dieta colabora en la prevención de múltiples patologías.

Entre las fuentes con compuestos bioactivos antioxidantes destacan las plantas, quienes poseen dichos fitoquímicos en partes como las hojas, raíces, flores y frutos, dado por ejemplo el resveratrol presente en uvas y moras, el licopeno presente en el tomate, o la luteolina que es un componente del brócoli, las espinacas y la coliflor (Gullett, 2010; Shimoi et al., 2000). Algunos de los antioxidantes más importantes, abundantes y destacados de las plantas son los compuestos fenólicos y la clorofila. Los compuestos fenólicos o fenoles son metabolitos secundarios producidos por las plantas que al ser incorporados en la dieta humana son capaces de promover una buena salud al participar en la protección contra enfermedades como la obesidad y ciertos tipos de cánceres (Manach et al., 2004; Marranazo et al., 2018) gracias a que actúan como antioxidantes. Los fenoles pueden ser clasificados como no flavonoides, en donde encontramos a los fenoles no carboxílicos y los ácidos fenólicos; y flavonoides como las antocianinas, taninos y flavonoles (Gimeno, 2004). Su poder antioxidante está dado por su capacidad de captar radicales libres, quelar metales e inhibir la lipoxigenasa (Decker, 1997), y son

sus propiedades antioxidantes aunado al hecho de que su presencia en el organismo de animales se debe a la ingesta de plantas y alimentos de origen vegetal (Gimeno, 2004), lo que permite categorizarlos como fitoquímicos importantes para la salud humana. La importancia de los fenoles no solo radica en su capacidad antioxidante, sino que además estos intervienen en el color y sabor de muchos alimentos (Gimeno, 2004) lo que los convierte en moléculas atractivas para la industria alimentaria. Por su parte la clorofila es un pigmento de color verde presente en plantas y algas, encargado de utilizar la luz solar para generar energía y que además se ha evidenciado su propiedad antioxidante al interrumpir la reacción de la peroxidación y al interaccionar con los radicales libres (Esquerra-Brauer y Chan-Higuera, 2021). Pese al prometedor efecto de los antioxidantes y los alimentos funcionales, es importante recordar que para lograr una buena salud y prevenir enfermedades no solo basta con una buena alimentación, sino que es importante incorporar otros hábitos saludables como el deporte, el descanso y prevenir los factores de riesgo ya antes mencionados.

Compuestos bioactivos de los extractos de Pinus arizonica, Quercus chihuahuensis y Quercus durifolia.

México es un país megadiverso que cuenta con una amplia variedad de plantas entre las cuales hay registradas 4,000 especies con propiedades medicinales (Loraine y Mendoza-Espinoza, 2010) las cuales son capaces de prevenir y tratar un gran número de enfermedades gracias a la acción de sus diferentes compuestos, entre los que se encuentran los fitoquímicos o compuestos bioactivos. Dentro de la amplia lista de árboles con la que México cuenta, los géneros de Pinus y Quercus llegan a destacar por su impacto positivo a nivel económico y ecológico, atribuido en gran medida a su diversidad, endemismo y sus aplicaciones maderables y no maderables tales como sus usos medicinales, alimenticios, de colorante, de forraje y artesanales (Farjon, 1996; Lunaet al., 2003; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2021; Valencia-A, 2004). Pinus es un género de pino que en México posee una amplia diversidad de especies y una numerosa variedad de compuestos bioactivos con aplicaciones alimenticias y medicinales como lo son por ejemplo la capacidad de sus aceites esenciales de reducir y controlar los síntomas que causan el cáncer (Kobus-

Cisowska y Stachowiak, 2021; Instituto Nacional de Cáncer, 2021; Sánchez-González, 2008). Entre la lista de especies para este género se encuentra el pino de arizona o por su nombre científico *Pinus arizonica* el cual es una especie que pertenece a la familia de los pinaceae y que posee gran presencia en los estados de Sonora, Chihuahua y Durango (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2018; Mirov, 1961). Dentro de los fitoquímicos presentes tanto en esta especie como en otras del género *Pinus*, encontramos a los antioxidantes (Rosales et al., 2006), ácidos resínicos, terpenoides y polifenoles (Sáenz-Esqueda et al., 2010).

Quercus es un género de encino reconocido en México por su gran diversidad de especies (Rocha-Guzmán et al., 2019) y por ser el segundo productor más importante de madera del país (Arámbula-Salazar et al., 2015). Las actividades destinadas a la tala de *Quercus* se centran en la obtención de madera, lo que muy comúnmente deja a las hojas, raíces y cortezas del encino como producto de desecho, sin embargo, son estas partes del árbol las que le brindan sus propiedades medicinales y donde es posible encontrar una gran variedad de fitoquímicos tales como terpenoides, esteroides y compuestos fenólicos como flavonoides y ácidos fenólicos (Burlacu et al., 2020; Rocha-Guzmán et al., 2019; Taib et al., 2020). *Quercus durifolia* y *Quercus chihuahuensis* son dos ejemplos de especies con usos alimenticios (Luna-José, et al., 2003) y con un gran valor medicinal. Existen diversos reportes que muestran la composición de fitoquímicos dentro de estos géneros, tal es el caso de Burlacu et al. (2020) quienes identifican a la corteza del encino como una fuente importante de polifenoles, en especial de ácidos fenólicos, taninos y flavonoides; así mismo Rosales-Castro et al. (2011) señalaron la presencia de proantocianidina en la corteza de *Q. durifolia*. Por su parte Rocha-Guzmán et al. (2012) en su evaluación química hacia diferentes infusiones herbales con hojas de varias especies de *Quercus*, señalan que en el caso de *Q. durifolia* se encontraron los siguientes compuestos fenólicos: ácido gálico, ácido protocatechuico, ácido siríngico, vanilina, ácido benzoico y ácido cafeico. Como es posible observar, dentro de la amplia variedad de fitoquímicos presentes en el género de *Quercus* destacan los compuestos fenólicos, que como se discutió en el apartado anterior presentan una alta diversidad bioquímica, capacidad antioxidante y una abundancia importante en plantas, sin embargo, es la amplia variedad de compuestos bioactivos lo que en conjunto le brinda a las especies de estos árboles

propiedades antioxidantes, antibacteriales, antiinflamatorias, antidiabéticas, anticancerígenas, etcétera (Burlacu et al., 2020; Taib et al., 2020), las cuales ayudan a mantener una buena salud. Es por esta razón que el uso de *Pinus arizonica*, *Quercus chihuahuensis* y *Quercus durifolia* suponen una valiosa oportunidad para el desarrollo de alimentos funcionales y que como es materia de este trabajo se pretenden utilizar para elaborar un alimento tipo gomita que presente propiedades antioxidantes.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general:

Elaborar un alimento funcional con propiedad antioxidante y calidad organoléptica aceptable adicionando extractos propuestos.

3.2 Objetivos específicos:

1. Desarrollar un alimento tipo snack con extractos propuestos para brindarle propiedades antioxidantes.
2. Comparar el nivel de aceptación y preferencia del alimento tipo snack frente a los elaborados con y sin adición de extractos.
4. Determinar la actividad antioxidante en el alimento tipo snack.

4. Metodología

Elaboración del alimento tipo snack

Se prepararon dos tipos de formulaciones para las gomitas empleando dos concentraciones de azúcar y edulcorante Splenda. Para ello se disolvió la gretina en 30 mL de agua y se dejó hidratar por 13 minutos. Por otro lado, se colocaron 70 ml de agua a 39°C y el extracto en cuestión, agitando la mezcla por 3 minutos para integrarlo completamente, después de esto se incorporó la Splenda y/o el azúcar (según corresponda la formulación) y se disolvieron a fuego lento por 10 minutos cuidando que la temperatura máxima de la mezcla no rebase los 80°C. Posteriormente se agregó el jugo de limón y el jarabe de maíz y se mezcló por 2 minutos. Transcurrido el tiempo señalado se adicionó y disolvió la gretina previamente hidratada mezclando por 2 minutos,

procurando obtener una mezcla homogénea, luego se retiró del fuego y se le añadió el saborizante de piña. La mezcla resultante se dejó enfriar por aproximadamente 2 minutos para ser vaciada en moldes de silicón, dejándolos reposar a temperatura ambiente por 15 horas aproximadamente. Finalmente, las gomitas resultantes se desmoldaron y se almacenaron en envases herméticos (Sequeira et al., 2022).

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los productos se llevó a cabo a través de la valoración de 30 panelistas, conformados por 14 hombres y 16 mujeres, con edades comprendidas entre los 17 y los 56 años de edad. A cada panelista se le presentaron cuatro muestras del producto correspondientes a 2 formulaciones con extracto y las mismas formulaciones sin el extracto. Las muestras fueron codificadas por tres números aleatorios y presentadas a en vasos de plástico transparentes junto con la escala hedónica de 7 puntos y la ficha de puntaje preferencial.

Prueba de aceptación

Se llevó a cabo mediante una prueba hedónica en la cual se calificó cada el grado de aceptación del alimento por parte de los panelistas. Para tal efecto se proporcionó una escala estructurada de 7 puntos donde indicaron si las gomitas fueron o no de su agrado y en qué medida

Prueba de preferencia

Con el fin de determinar la preferencia del panelista hacia las cuatro formulaciones de los alimentos previamente descritos, se realizó una prueba de ordenamiento donde los panelistas asignaron dentro de una ficha de puntaje preferencial un valor a las diferentes muestras, expresando así su preferencia por las mismas (Sequiera et al., 2022).

Evaluación de la actividad antioxidante por el método DPPH

La actividad antioxidante del alimento tipo snack (gomitas) se evaluó mediante la técnica 2,2-difenilo-1-picrylhidracilo (DPPH) propuesta originalmente por Brand-Williams, Cuvelier y Berset (1995) con modificaciones por Soto-García y Rosales-Castro (2016). Para ello se empleó como control, las gomitas panditas sabor piña de Ricolino® y el ácido ascórbico (vitamina C).

Se preparó la solución DPPH (Sigma-Aldrich) con una concentración de 6.09×10^{-5} M. Cada muestra de alimento y ácido ascórbico se emplearon a una concentración de 100 000 mg/L, disueltos en metanol al 80%. Posteriormente se tomó un volumen de 50 μ l de cada muestra y se colocaron en tubos de ensayo a los cuales se les adicionaron 1950 μ l de la solución DPPH. Los tubos de ensayo fueron agitados para homogeneizar la disolución y se dejaron reposar por 30 minutos a temperatura ambiente y en oscuridad para finalmente medir su absorbancia a 515 nm con un espectrofotómetro (VELAB 5000). Se realizaron cuatro repeticiones de cada muestra y los resultados se expresaron como % de Inhibición del radical DPPH*.

Análisis estadístico de los datos recabados para el análisis sensorial

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA), y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$) fue utilizada para comparar los valores promedios de los datos. Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico Minitab® 21 (64-bit).

En el caso de la prueba de preferencia, se analizaron los datos mediante la prueba de Kramer a través del software Microsoft 365® Excel® versión 2111.

5. Instituciones, organismos o empresas de los sectores social, público o productivo participantes (Si aplica)

No aplica.

6. Resultados

Elaboración del alimento tipo snack

Los géneros de *Pinus* y *Quercus* cuentan con una amplia variedad de compuestos bioactivos o fitoquímicos localizados en sus hojas, corteza, raíces y frutos, lo que los convierte en recursos valiosos para el desarrollo de alimentos funcionales (Burlacu et al., 2020, Dziedzinski et al., 2021).

La ubicación geográfica de estos géneros suele ser de complicado acceso, lo cual ha traído como limitante de este proyecto el adquirir las muestras totales de las especies de estudio. Por tal motivo, al no contar con las especies de *Pinus arizónica* y *Quercus*

chihuahuensis, los resultados presentados en el presente reporte técnico solo mantiene el alcance total de los objetivos para la especie *Quercus durifolia*.

Con el extracto del encino *Quercus durifolia* se logró el desarrollo de alimento tipo snack (gomita) con base a dos formulaciones planteadas, dando como resultado gomitas sabor piña con un volumen de 1.5 cm³ y un peso aproximado de 2 g y cuya valoración antioxidante se especifica posteriormente. De esta forma se de cumplimiento al objetivo inicial de este estudio.

Evaluación sensorial

De los resultados arrojados en el análisis del grado de aceptación y preferencia del alimento desarrollado, a través del análisis sensorial, se obtuvo que el alimento con el extracto de *Quercus durifolia* presentó una calidad organoléptica aceptable. Al realizar los análisis de resultados en las pruebas de aceptación se encontró que la formulación 2, fue la que presentó el mayor nivel de aceptación. De igual manera no se obtuvieron resultados desfavorables hacia las demás gomitas y esto se observa en el hecho de que menos del 21% de los encuestados catalogó a las gomitas con alguna calificación de disgusto.

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) y la metodología de Tukey, se encontró que las formulaciones de gomitas presentan diferencia significativa entre sí en el nivel de aceptación, así mismo estas diferencias arrojaron a la formulación 2 con y sin extracto como las del nivel de aceptación más alto sin llegar a mostrar diferencias significativas entre sí y siendo significativamente diferentes del resto de las muestras, además, se rescata el hecho de que el uso de *Quercus durifolia* no produjo una divergencia significativa en el nivel de aceptación dentro de una misma formulación lo que significa que las cualidades organolépticas atribuidas por el extracto de encino en la concentración empleada no llega a ser desfavorable para la elaboración de las gomitas, siendo así que los panelistas no lograron diferenciar entre una misma formulación con y sin extracto.

Del análisis de los resultados para la prueba de preferencia arrojó a la formulación 2 con extracto como las gomitas preferidas, así mismo la prueba de Kramer, se indica que la formulación 2 con y sin extracto son significativamente preferidas sobre las demás gomitas. Estos resultados complementan los obtenidos en la prueba de aceptación

logrando así concluir que no existe una diferencia en la preferencia de las gomitas con y sin extracto y por ende es posible el desarrollo satisfactorio del alimento funcional con una calidad organoléptica aceptable (Sequeira et al., 2022).

Para ambas pruebas (de aceptación y preferencia) se observa como el uso del extracto de *Q. durifolia* no repercute en la aceptación de las gomitas, hecho que respalda la razón de su éxito y es que como lo señalan Jones y Jew (2007), los alimentos que poseen las entidades, en este caso funcionales, que brindan la menor cantidad de atributos de sabor y sensación en la boca como lo es por ejemplo la astringencia del extracto, tiene mayores posibilidades de éxito. Con estos resultados se da cumplimiento al objetivo 2 de este estudio.

Evaluación antioxidante por el método DPPH

Este método fue empleado para evaluar la actividad antioxidante de las gomitas desarrolladas a partir del extracto de *Quercus durifolia*, con lo cual se da cumplimiento al objetivo 3 de esta investigación. Los resultados que se reportan usualmente de esta técnica son el porcentaje de inhibición del radical DPPH, la concentración efectiva media, o bien, concentraciones específicas que refieren el comportamiento antioxidante de los compuestos bioactivos. En este caso se tuvo que la muestra con el mayor porcentaje de inhibición del radical DPPH corresponde al control de referencia, ácido ascórbico (70%), mientras que el más bajo se le atribuye al control de las gomitas de Ricolino® (3.5%) (Sequeira et al., 2022). Tomando de referencia la clasificación del poder de reducción para las bebidas antioxidantes evaluadas por Argüelles et al., (2011), se considera como una alta capacidad antioxidante a un valor de porcentaje de inhibición igual o mayor al 70%, una capacidad antioxidante media para el rango de 40-69% y una baja capacidad antioxidante a valores por debajo de 40%; siguiendo estos porcentajes de antecedente las gomitas elaboradas a partir de extracto de *Quercus durifolia* presentaron una baja actividad antioxidante (10.4 y 10.3%). Además, se encontraron diferencias significativas entre las muestras, donde se observa que la actividad antioxidante para las formulaciones de gomitas con extracto de *Quercus durifolia* es diferente de las gomitas control y de las mismas gomitas sin extracto, sin embargo, los resultados también arrojaron que la formulación 2 con extracto y la formulación 1 sin extracto son iguales,

esto podría atribuirse al poder antioxidante propio del jugo de limón presente en ambas formulaciones de gomitas. La actividad antioxidante de los cítricos es atribuida a diferentes compuestos bioactivos, por ejemplo, el jugo de la especie de *Citrus aurantifolia* evaluada por Abd et al. (2010).

La cantidad de extracto empleado, el efecto de la matriz alimentaria en uno o varios compuestos bioactivos del extracto, la incompatibilidad por parte de algún ingrediente de la gomita y el extracto, un proceso que no permitió la incorporación correcta del extracto, las características físico-químicas del extracto, pudieron ser los responsables de la baja actividad antioxidante de las gomitas con *Quercus durifolia*.

7. Productos generados

Inicialmente se planteó como meta el desarrollo de un snack tipo gomita con características funcionales y aceptación sensorial, de lo cual se confirma el alcance de dicha meta. Con ello se logró la realización de los objetivos específicos estipulados para el alcance del objetivo general del proyecto. Además, se propuso la formación de recursos humanos (1) del cual se desprende 1 tesis de licenciatura, meta que también fue posible concretar. Con la información obtenida de la tesis desarrollada por la estudiante Mariana Sequeira Flores, se permitió la derivación del presente reporte técnico. Por último, se generó como producto la difusión de los resultados obtenidos de esta investigación, dentro de un congreso Internacional.

Evidencias

DESARROLLO DE UN ALIMENTO FUNCIONAL TIPO "GOMITA" CON
PROPIEDADES ANTIOXIDANTES ELABORADO A PARTIR DE EXTRACTO
DE *Quercus durifolia*.

POR

MARIANA SEQUEIRA FLORES

TESIS



DRA. YURIDIA ORTIZ RIVERA
DIRECTORA DE INVESTIGACION



DRA. MARCELA SOTO GARCÍA
CODIRECTORA DE INVESTIGACIÓN



JOSE ALBERTO NUÑEZ GASTELUM
COORDINADOR DEL PROGRAMA



DR. JOSÉ ALBERTO LÓPEZ DÍAZ
JEFE DE DEPARTAMENTO



C.D. SALVADOR DAVID NAVA MARTÍNEZ
DIRECTOR DEL INSTITUTO

MAYO, 2022

DFIE/22/E4/068EA/4/Cg&M/61/241022-271022

EL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, LA RED DE BIOTECNOLOGÍA DEL IPN, LA UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA Y LA SOCIEDAD ESTUDIANTIL DE INGENIERÍA BIOTECNOLÓGICA

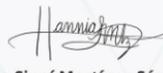
Otorgan la presente constancia a:

Mariana Sequeira Flores, Yuridia Ortiz Rivera, Marcela Soto García, Claudia Carolina Hernández Peña

Por su participación como **PONENTE** con la presentación en CARTEL de su trabajo titulado:

"Development of a functional food type "gummy" with antioxidant properties made from extract of *Quercus durifolia*"

en el **3rd Biotechnology World Symposium** y **4^o Congreso Estudiantil de Ingeniería Biotecnológica SEIBT**.

 Dra. María Guadalupe Sotelo Directora de UPIBI	 Dra. Norma Leyva Coordinadora de la Red de Biotecnología	 Hannia Siná Martínez Sánchez Presidenta de la SEIBT
--	--	---

Mazatlán, Sinaloa, México del 24 al 27 de octubre de 2022



8. Conclusiones

El presente trabajo de investigación permitió elaborar un alimento funcional con actividad antioxidante y calidad organoléptica aceptable empleando el extracto *Quercus durifolia*, dicho producto corresponde al desarrollado a partir de la combinación de azúcar, Splenda y extracto de corteza de *Quercus durifolia*, el cual presentó una preferencia y un nivel de aceptación significativamente diferente frente al resto de gomitas evaluadas. Los resultados del análisis de actividad antioxidante además que las gomitas desarrolladas presentaron una actividad antioxidante baja, sugiriendo así a la concentración de extracto empleada como la razón de dicho resultado.

9. Mecanismos de transferencia

La aplicación de este extracto antioxidante puede aplicarse a diversos alimentos con características similares al desarrollado en este estudio puesto que con ello se da mayor garantía de ser aceptado ya que permite su enmascaramiento en su sabor y astringencia, lo que representa una ventaja importante en el desarrollo de alimentos funcionales.

10. Contribución e impacto del proyecto

La generación de información básica del proyecto en la pretención de la elaboración de alimentos con carácter funcional, a través de la adición de compuestos bioactivos de fuentes no convencionales, permite el aprovechamiento integral y sustentabilidad de subproductos naturales con potencialidad nutracéutica.

11. Impacto económico, social y/o ambiental en la región

El proyecto tiene fines de generación de información básica para su posterior aplicación, de modo que de ser implementado, se considera que dicho proyecto puede impactar socialmente al ofertar alternativas en productos alimenticios dentro de la dieta saludable. De igual manera, se considera que se tendría impacto ambiental, al hacer uso de subproductos que pueden representar una posible fuente de contaminación como lo es la corteza de aserrío. Además, ello representaría un impacto económico al darle valor agregado a subproductos con escaso o nulo valor comercial, como lo es la corteza.

12. Referencias

Abd Ghafar, M. F., Nagendra Prasad, K., Kin Weng, K., y Ismail, A. (2010). Flavonoid, hesperidine, total phenolic contents and antioxidant activities from citrus species. *African Journal of Biotechnology*, 9(3), 326-330.

Amic, D., Davidoviü-Amiü, D., Beñlo, D., y Trinajstiü, N. (2003). Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croatica Chemical Acta* 76(1), 55-61.

Arámbula-Salazar, J. A., Almaraz-Abarca, N., Corral-Rivas, J. J., Delgado-Alvarado, E. A., Díaz-Moreno, R., y Montiel-Antuna, E. (2015). Variability in Foliar Phenolic Composition of Several *Quercus* Species in Northern Mexico. *Pakistan Journal of Science and Industrial Research Series*, 58(2), 79-89.

Aranceta Bartrina, J. (2011). Alimentos funcionales y salud. En J. M. Rodríguez (Coord.), *Atención primaria de calidad: Guía de buena práctica clínica en alimentos funcionales* (p. 15-27). Madrid: International Marketing & Communication.

Argüelles Martínez, L., Hernández Ramírez, I., Méndez Iturbide, D., y Méndez Hernández, P. (2011). Evaluación de la capacidad antioxidante de alimentos preparados y bebidas típicas del estado de Tlaxcala. *Revista Médica Universidad Veracruzana*, 11(1), 25-28.

Bedolla Bernal, S., Dueñas Gallegos, C., Esquivel Ibarra, I., Favela Torres, T., Guerrero Huerta, R., Mendoza Madrid, E., Navarrete López, A., Olguín Martínez, L.E., Ortiz Gama, J., Pacheco Puc, O., Quiroz Bravo, M., Ramírez Shoettlin, A., y Trijillo Castillo, M. (2005). *Introducción a la 35 tecnología de los alimentos: Academia del área de plantas piloto de alimentos* (2da ed.). Limusa.

Beltrán De Heredia, M. R. (2016). Alimentos funcionales. *Farmacia Profesional*, 30(3), 12-14.

Burboa, E. A., Ascacio-Valdés, J. A., Zugastri-Cruz, A., Rodríguez-Herrera, R., y Aguilar, C. N. (2014). Capacidad antioxidante y antibacteriana de extractos de residuos de candelilla. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 45(1), 51-56.

Burlacu, E., Nisca, A., y Tanase, C. (2020). A comprehensive review of phytochemistry and biological activities of *Quercus* species. *Forests*, 11(9), 1-24. doi:10.3390/f11090904

Cázares Camacho, R., Romo Robles, P., Preciado Saldaña, A. M., Domínguez Avila, J. A y González A, G. A. (2018). Alimentos funcionales y su papel en problemas de salud nacional: caso de la diabetes. En G. A. González-Aguilar, A. Hernández-Mendoza, J. Milán-Carrillo, B. Vallejo-Cordoba y A. F. González-Córdova (Ed), *Aprovechamiento de subproductos de la industria alimentaria para la obtención de compuestos bioactivos* (p. 755- 786). AGT Editor.

Cedeño-Pinos, C., Marcucci, M. C., y Bañón, S. (2021). Contribution of green propolis to the antioxidant, physical, and sensory properties of fruity jelly candies made with sugars or fructans. *Foods*, 10(11), 1-16. <https://doi.org/10.3390/foods10112586> 36

Cervera, P., Clapés, J., y Rigolfas, R. (2004). Alimentación y dietoterapia: Nutrición aplicada en la salud y la enfermedad. (4ª ed.). McGraw-Hill Interamericana. Córdova-Villalobos, J., Barriguete-Meléndez, J. A., Lara-Esqueda, A., Barquera, S., Rosas-Peralta, M., Hernández-Ávila, M., de León-May, M. E., y Aguilar-Salinas, C. A. (2008). Las enfermedades crónicas no transmisibles en México: sinopsis epidemiológica y prevención integral. *Salud pública en México*, 50(5), 419-427.

Coronado H, M., Vega y León, S., Gutiérrez T, R., Vázquez F, M., y Radilla V, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206-212. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182015000200014>

Cuadros, T. R., y Aguilera, J. M. (2015). Gel as precursor of porous matrices for use in foods: a review. *Food Biophysics*, 10(4). doi:10.1007/s11483-015-9412-5 Decker, E. A. (1997). Phenolics: prooxidants or antioxidants? *Nutrition reviews*, 55(11), 396-407. doi: 10.1111/j.1753-4887.1997.tb01580.x.

Dziedzinski, Cisowska, J., y Stachowiak, B. (2021). Pinus species as prospective reserves of bioactive compounds with potential use in functional foods-Current state of knowledge. *Plants*, 10(7), 1-28. <https://doi.org/10.3390/plants10071306>

Edelstein, S. (Ed.). (2013). *Food Science: An ecological approach* (1a ed.). Jones and Bartlett Learning.

Evans, J. L., Goldfine, I. D., Maddux, B. A., y Grodsky, G. M. (2003). Are oxidative stress-activated signaling pathways mediators of insuline resistente and beta-cell dysfunction? *Diabetes*, 52(1), 1-8. doi: 10.2337/diabetes.52.1.1.

Ezquerria-Brauer, J. M., y Chan-Higuera, J. E. (2021). Capacidad antioxidante y mecanismo de acción de pigmentos en organismos marinos. *CienciaUAT*, 15(2), 186-197. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1501>

Farjon F.L.S., A. (1996). Biodiversity of Pinus (Pinaceae) in Mexico: speciation and palaeo-endemism. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 121(4), 365-384. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1996.tb00762.x>

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2005). Alimentos funcionales. Gimeno Creus, E. (2004). Compuestos fenólicos: un análisis de sus beneficios para la salud. *Ámbito farmacéutico*, 36(6), 80-84.

González-Torres, M. C., Betancourt-Rule, M., y Ortiz-Muñiz, R. (2000). Daño oxidativo y antioxidantes. *Bioquímica*, 25(1), 3-9. 38 Guaadaoui, A., Benaicha, S., Elmajdoub, N., Bellaoui, M., y Hamal, A. (2014). What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(3), 174- 179. doi:10.11648/j.ijnfs.20140303.16

Gullett, N. P., Ruhul Amin, A. R. M., Bayraktar, S., Pezzuto, J. M., Shin, D. M., Khuri, F. R., Aggarwal, B. B., Surh, Y. J., y Kucukb, O. (2010). Cancer prevention with natural compounds. *Seminars in Oncology* 37(3), 258-281. doi:10.1053/j.seminoncol.2010.06.014

Hernández, M., Echeverría, F. J., e Iglesias, J.R (2011). La leche como alimento funcional. En J. M. Rodríguez (Coord.), *Atención primaria de calidad: Guía de buena práctica clínica en alimentos funcionales* (p. 93-106). Madrid: International Marketing & Communication. Herrera Chalé, F., Betancur Ancona, D., y Segura Campos, M.R. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutrición Hospitalaria*, 29(1), 10-20. doi:10.3305/nh.2014.29.1.6990

INECOL. (s.f.). Alimentos funcionales. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/1135-alimentos-funcionales#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20hay%20numerosos%20alimentos,alimentos%2C%20adem%C3%A1s%20de%20contener%20antioxidantes.> Instituto Nacional de Cáncer. (2021). Aromaterapia con aceites esenciales (PDQ®)-

Versión

para

pacientes.

<https://www.cancer.gov/espanol/cancer/tratamiento/mca/paciente/aromat erapia-pdq 39>

Jones, P. J., y Jew, S. (2007). Functional food development: concept to reality. *Trends in Food Science & Technology*, 18(7), 387-390. doi:10.1016/j.tifs.2007.03.008 Keservani, R. K., Kesharwani, R. K., Vyas, N., Jain, S., Raghuvanshi, R., y Sharma, A.K. (2010). Nutraceutical and functional food as future food: A review. *Der Pharmacia Lettre*, 2(1), 106-116.

Konrad, T., Vicini, P., Kusterer, K., Höflich, A., Assadkhani, A., Böhles, H.J., Sewell, A., Tritschler, H.J., Cobelli, C., y Usadel K.H.(1999) alfa-Lipoic acid treatment decreases serum lactate and pyruvate concentrations and improves glucose effectiveness in lean and obese patients with type 2 diabetes. *Diabetes care*, 22(2), 280-287.

Lim, J. (2011). Hedonic scaling: A review of methods and theory. *Food quality and preference*, 22(8), 733-747. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.05.008>

Loraine, S., y Mendoza-Espinoza, J. A. (2010). Las plantas medicinales en la lucha contra el cáncer, relevancia para México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 41(4), 18-27.

Luna-José, A. L., Montalvo-Espinosa, L., y Rendón-Aguilar, B. (2003). Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (72), 107-117.

Maldonado Saavedra, O., Jiménez Vázquez, E. N., Guapillo Vargas, M. R. B., Ceballos Reyes, G. M., y Méndez Bolaina, E. (2010). Radicales libres y su papel en las enfermedades crónico-degenerativas. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 10(2), 32-39.

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., y Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747. doi: 10.1093/ajcn/79.5.727

Marranzano, M., Rosa, R. L., Malaguarnera, M., Palmeri, R., Tessitori, M., y Barbera, A. C. (2018). Polyphenols: Plant Sources and Food Industry Applications. *Current Pharmaceutical Design*, 24(35), 4125-4130. doi:10.2174/1381612824666181106091303

Martínez-Cervantes, M. A., Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., y Muñiz-Márquez, D. B. (2019). Valor funcional de bebidas tradicionales con posible potencial prebiótico. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 13(22), 8-14. Ministerio de Salud de la Nación. (2016). *Manual para el cuidado de personas con enfermedades crónicas no transmisibles: Manejo integral en el primer nivel de atención*. (1a ed.).

Mirov, N. T. (1961). Composition of gum turpentine of pines. United States Department of Agriculture, Forest Service. Olguín Contreras, G., Meléndez Mier, G., Zúñiga R, A., y Pasquetti Ceccatelli, A. (2004). Antioxidantes y aterosclerosis. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 12(4), 199-206.

Olveira Fuster, G., y González-Molero, I. (2007). Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. *Nutrición Hospitalaria*, 22(S2), 26-34. Organización Mundial de la Salud. (2017). *Enfermedades no transmisibles*. https://www.who.int/topics/noncommunicable_diseases/es/ 41

Ornelas-Paz, J., Yahia, E. M., Gardea-Béjar, A. A., Pérez-Martínez, J. D., Ibarra-Junquera, V., Ibarra-Junquera, M., Ruiz-Cruz, S., y Ochoa-Reyes, E. (2012). Actividad antioxidante y protectora de selectos compuestos bioactivos de frutas y hortalizas. En E. A. Parrilla, L. A. de la Rosa, G. A. González Aguilar y J. F. Ayala Zavala (Coords), *Antioxidantes en alimentos y salud* (p. 97-132). México: Clave editorial.

Rejeb, I.B., Dhen, N., Kassebi, S., y Gargouri, M. (2020). Quality evaluation and functional properties of reduced sugar jellies formulated from citrus fruits. *Journal of Chemistry*, 2020, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2020/5476872>

Rocha-Guzmán, N. E., González-Laredo, R. F., Vázquez-Cabral, B. D., Moreno-Jiménez, M. R., Gallegos-Infante, J. A., Gamboa-Gómez, C. I., y Flores-Rueda, A. G. (2019). Oak leaves as a new potential source for functional beverages: Their antioxidant capacity and monomer flavonoid composition. *Functional and Medical Beverages*, 11, 381-411. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816397-9.00011-X>

Rocha-Guzman, N. E., Medina-Medrano, J. R., Gallegos-Infante, J. A., Gonzalez-Laredo, R. F., Ramos-Gomez, M., Reynoso-Camacho, R., Guzman-Maldonado, H. y Gonzalez-Herrera, S. M. (2012). Chemical evaluation, antioxidant capacity, and consumer acceptance of several oak infusions. *Journal of Food Science* 77(2), 162-166. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02524.x

Rosales Castro, M., Pérez López, M. E., y Ponce Rodríguez, M. C. (2006). Propiedades antirradicales libres y antibacterianas de extractos de corteza de pino. *Madera y Bosques* 12(1), 37-49.

Rosales-Castro, M., González-Laredo, R. F., Rocha-Guzmán, N. E., Gallegos-Infante, J. A., Peralta-Cruz, J., Morré, J., y Karchesy, J. J. (2011). Chromatographic análisis of bioactive proanthocyanidins from *Quercus 42 durifolia* and *Quercus eduardii* barks. *Acta Chromatographica*, 23(3), 521- 529. doi:10.1556/AChrom.23.2011.3.12

Sáenz-Esqueda, M. A., Rosales-Castro, M., Rocha-Guzmán, N. E., Gallegos-Infante, J. A., y González-Laredo, R. F. (2010). Contenido fenólico y acción antioxidante de extractos de acículas de *Pinus cooperi*, *P. durangensis*, *P. engelmannii* y *P. teocote*. *Madera y Bosque* 16(3), 37-48. Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Maderas y Bosques*, 14(1), 107-120. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2021). Anuarios

estadísticos forestales. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>

Shimoi, K., Saka, N., Kaji, K., Nozawa, R., y Kinae, N. (2000). Metabolic fate of luteolin and its functional activity at focal site. *BioFactors*, 12(1-4), 181-186. doi:10.1002/biof.5520120129

Soto-García, M., y Rosales-Castro, M. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de *Pinus durangensis* y *Quercus sideroxyla*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(4), 701-714. doi:10.4067/S0718-221X2016005000061

Taib, M., Rezzak, Y., Bouyazza, L., y Lyoussi, B. (2020). Medicinal uses, phytochemistry, and pharmacological activities of *Quercus* species. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020, 1-20. <https://doi.org/10.1155/2020/1920683>

Tamuly, C., Hazarika, M., Bora, J., y Gajurel, P. R. (2014). Antioxidant activities and phenolic content of *Piper wallichii* (Miq.) Hand.-Mazz. *International Journal of Food Properties*, 17(2), 309-320. doi:10.1080/10942912.2011.631250.

Universidad Nacional Autónoma de México. (2018). *Pinus arizonica* Engelm. <https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:FS7065> Valencia-A., S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (75), 33-53. Vicentini, A., Liberatore, L. y Mastrocola, D. (2016). Functional foods: Trends and development of the global market. *Italian Journal of Food Science*, 28(2), 338-351. doi:10.14674/1120-1770/ijfs.v211

1. ANEXO

ANEXO A. Taxonomía de los Roles de Colaborador (con las actividades logradas)

Roles	Definición de los roles	Nombre de él(la) investigador(a)	Figura	Grado de contribución	Actividades logradas durante el proyecto	Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto
Responsable de dirección	Coordina y organiza las actividades a realizar por cada colaborador	Marcela Soto García	Director del proyecto	Principal	Creadora de la idea y planificadora de actividades.	3
Realización y redacción de la propuesta	Preparación, creación y redacción de la propuesta de investigación, específicamente la redacción, revisión de coherencia del texto, presentación de los datos y la normatividad aplicable para garantizar el cumplimiento de los requisitos	Marcela Soto García	Redactor de la propuesta	Principal	Crea y prepara la propuesta en conjunto al colaborador.	
Elaboración del análisis formal de la investigación	Verifica los resultados preliminares de cada etapa del análisis, los experimentos implementados y otros productos comprometidos en el proyecto.	Marcela Soto García	Analista de datos	De apoyo	Se realizó la verificación de datos preliminares y productos comprometidos en el proyecto.	
Desarrollo o diseño de la metodología	Contribuir con el diseño de la metodología, modelos a implementar y el sustento teórico, empírico y científico para la aplicabilidad de los instrumentos en la ejecución del proyecto.	Marcela Soto García	Diseñador de la metodología	Principal	Se contribuyó al diseño metodológico y científico para la ejecución en el proyecto.	
Elaboración del análisis formal de la investigación	Preparar la redacción del reporté técnico de avance parcial y el reporte técnico final. Se hace la revisión crítica, la recopilación de las observaciones y comentarios del grupo de investigación. Y finalmente se procede a la edición del documento a entregar.	Marcela Soto García	Editor de reportes técnicos	Principal	Preparó la redacción del reporte técnico y se procedió a la edición del documento a entregar.	
Recopilación/recolección de datos e información	Ejecuta las estrategias propuestas en acciones encaminadas a obtener la información, haciendo la recopilación de datos y la inclusión de la evidencia en el proceso.	Marcela Soto García	Recopilador de datos	Principal	Capacitó y apoyo en las actividades experimentales encaminadas al alcance de los objetivos planteados en la investigación.	

ANEXO A.1 Taxonomía de los Roles de Colaborador (con las actividades logradas)

Roles	Definición de los roles	Nombre de él(la) investigador(a)	Figura	Grado de contribución	Actividades logradas durante el proyecto	Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto
Responsabilidad de supervisión	Elaborar la planificación de las actividades de la investigación (cronogramas y controles de seguimiento), describe los		Supervisor del proyecto	Principal	Supervisó que cada etapa del proyecto se ejecute adecuadamente.	2

	roles identificados por el director del proyecto y facilita el apoyo constante a todos los roles para conseguir un trabajo integral, coherente y que llegue a buen término.	Yuridia Ortiz Rivera				
Realización y redacción de la propuesta	Preparación, creación y redacción de la propuesta de investigación, específicamente la redacción, revisión de coherencia del texto, presentación de los datos y la normatividad aplicable para garantizar el cumplimiento de los requisitos	Yuridia Ortiz Rivera	Redactor de la propuesta	Apoyo	Crea y prepara la propuesta en conjunto al responsable.	
Elaboración del análisis formal de la investigación	Verifica los resultados preliminares de cada etapa del análisis, los experimentos implementados y otros productos comprometidos en el proyecto.	Yuridia Ortiz Rivera	Analista de datos	Principal	Se realizó la verificación de datos preliminares, experimentos implementados y productos comprometidos en el proyecto.	
Desarrollo o diseño de la metodología	Contribuir con el diseño de la metodología, modelos a implementar y el sustento teórico, empírico y científico para la aplicabilidad de los instrumentos en la ejecución del proyecto.	Yuridia Ortiz Rivera	Diseñador de la metodología	Apoyo	Se contribuyó al diseño metodológico y científico para la ejecución en el proyecto.	
Recopilación/recolección de datos e información	Ejecuta las estrategias propuestas en acciones encaminadas a obtener la información, haciendo la recopilación de datos y la inclusión de la evidencia en el proceso.	Yuridia Ortiz Rivera	Recopilador de datos	Principal	Capacito y apoyó en las actividades experimentales encaminadas al alcance de los objetivos planteados en la investigación.	
Preparación, creación y/o presentación de los productos o entregables	Preparar la redacción del reporté técnico de avance parcial y el reporte técnico final. Se hace la revisión crítica, la recopilación de las observaciones y comentarios del grupo de investigación. Y finalmente se procede a la edición del documento a entregar.	Yuridia Ortiz Rivera	Editor de reportes técnicos	Apoyo	Preparó la redacción del reporte técnico a entregar.	

1.1 Estudiantes participantes en el proyecto

Nombre de estudiante(s)	Matrícula	Tiempo promedio semanal (en horas) dedicado al proyecto	Actividades logradas en la ejecución del proyecto
Mariana Sequeira Flores	177550	3	La estudiante logro acreditar las asignaturas de tesis en la carrera de biotecnología, realizar la presentación final de tesis, así como la presentación del trabajo en congreso.

