

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
Subprograma EDC – Biología

## **Informe Final Integrado de EDC**

Laboratorio de Investigación de Productos Naturales  
–LIPRONAT–

### **Periodo de Realización**

Enero 2017 – Enero 2018

Br. Jerry Javier González Cantoral  
Profesor Supervisor de EDC: Lic. Billy Alquijay

# Índice

<b>INFORME FINAL DE DOCENCIA Y SERVICIO</b> .....	3
Introducción .....	4
Cuadro Resumen de las Actividades de EDC .....	4
Actividades de Servicio .....	5
Actividades de Docencia.....	8
Actividades No Planificadas.....	9
Referencias Bibliográficas .....	11
Anexos .....	11
<b>INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN</b> .....	19
Resumen .....	20
Introducción .....	20
Planteamiento del Problema .....	21
Justificación .....	21
Referente Teórico.....	21
Objetivos.....	23
Hipótesis.....	23
Metodología.....	24
Resultados.....	26
Discusión .....	26
Conclusiones .....	29
Recomendaciones .....	29
Referencias Bibliográficas .....	29
Anexos .....	32

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
Subprograma EDC – Biología

## **Informe Final de Docencia y Servicio**

Laboratorio de Investigación de Productos Naturales  
-LIPRONAT-

### **Periodo de Realización**

Enero 2017 – Junio 2017

Br. Jerry Javier González Cantoral

Profesor Supervisor de EDC: Lic. Billy Alquijay

Asesor Institucional: Dra. Sully Cruz

## Introducción

Este informe expone las actividades realizadas en los primeros seis meses de las prácticas del programa de Experiencias Docentes con la Comunidad, haciendo énfasis en aquellas que prestaron servicio y docencia en la unidad de práctica elegida. La realización de este informe permite al supervisor de prácticas y al estudiante mismo visualizar el trayecto recorrido y los objetivos cumplidos en el programa de prácticas (Alquijay, 2016).

Las actividades de servicio y docencia iniciaron con algunas horas de servicio preestablecido para ayudar en las colecciones botánicas y zoológicas. Ya habiendo acabado esas horas preestablecidas, el estudiante inició servicio y docencia en la unidad de prácticas elegida. Con el propósito de apoyar a la institución, se llevaron a cabo múltiples actividades que iban acorde al eje de desarrollo de la unidad de práctica. Nótese que, debido a las fluctuaciones en las necesidades del laboratorio según los proyectos y trabajos que se estuvieron desarrollando en el mismo, las actividades que el estudiante realizó y el tiempo invertido en cada una de ellas varió con respecto a las proyectadas en el plan de trabajo. En este informe se enlistan las actividades realizadas durante los meses de enero a junio de 2017.

## Cuadro Resumen de las Actividades de EDC

Programa universitario	Nombre de la actividad	Fecha de la actividad	Horas EDC ejecutadas
Servicio	Servicio Preestablecido en el Herbario USCG	Febrero	20
	Servicio Preestablecido en la Colección de Invertebrados Acuáticos del Museo de Historia Natural	Febrero	20
	Elaboración de Extractos	Marzo – Abril	30
	Control de Calidad de Material Vegetal, Extractos y Productos.	Febrero – Abril	100
Docencia	Capacitaciones de Mejora Continua del Trabajo en Laboratorio sobre Calidad, Seguridad y Eficacia en las Técnicas Aplicadas a Productos Naturales	Abril	20
	Capacitación a Estudiantes y Voluntarios que Deseen Incluirse en la Unidad de Práctica	Marzo	20
	Capacitaciones en Técnicas Analíticas, Acreditación y Garantía de Calidad de Productos Naturales	Febrero – Junio	60
	Asistencia al Segundo Congreso Centroamericano de Productos Naturales Medicinales.	Junio	96

Programa universitario	Nombre de la actividad	Fecha de la actividad	Horas EDC ejecutadas
Actividades No Planificadas	Apoyo para la conferencia "La Importancia de los Escarabajos en la Vida de Darwin y Otras Cositas".	Febrero	5
	Participación como Jurado en la Feria Científica del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB)	Mayo	5
	Asistencia al Simposio de Seguridad Alimentaria, auspiciado por el IIQB.	Abril	5
	Apoyo en el establecimiento de un puesto informativo sobre la carrera de Química Farmacéutica en la Feria Informativa –INFOUSAC–.	Abril	10
	Participación en la Jornada Multidisciplinaria de Salud organizada por la Universidad de Luisiana y la Asociación de Estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia –AEQ–.	Junio	112

## Actividades de Servicio

### Actividad No. 1: Servicio Preestablecido en el Herbario USCG

- Objetivo: Brindar apoyo en las actividades rutinarias del herbario USCG.
- Descripción: Se realizó el procesamiento parcial de múltiples muestras de colecciones de proyectos realizados en el 2015 y el 2016. Este procesamiento incluía la formación de paquetes de intercambio, creación de base de datos de estos paquetes, montaje y cosido de las muestras botánicas.
- Resultados: Se montaron tres paquetes de intercambio de especies de encinos, se incluyeron estos paquetes en la base de datos del herbario, se montó varios especímenes de las ediciones 2015 y 2016 del proyecto de colecta de encinos del herbario y algunos otros especímenes.
- Objetivos alcanzados: La totalidad.
- Limitaciones o dificultades: Se pretendía incluir de una vez los especímenes del proyecto de encinos a la colección, sin embargo, por asuntos de fuerza mayor, las etiquetas de cada encino no salieron a tiempo y no se pudo concretar la acción.

### Actividad No. 2: Servicio Preestablecido en la Colección de Invertebrados Acuáticos del Museo de Historia Natural

- Objetivo: Brindar apoyo en las actividades rutinarias de la colección de invertebrados acuáticos del Museo de Historia Natural.

- Descripción: Se revisó el estado general de las muestras en alcohol de algunos armarios y se cambió el alcohol de los viales o tubos de ensayo, en caso de que este estuviera en bajos niveles o sucio.
- Resultados: Registros y muestras con niveles adecuados de alcohol en condiciones óptimas para su perduración en la colección.
- Objetivos alcanzados: La totalidad.
- Limitaciones o dificultades: No se encontró ningún problema ni limitación.

### **Actividad No. 3: Elaboración de Extractos**

- Objetivo: Realizar el extracto de varias muestras vegetales para su posterior utilización en protocolos de proyectos de investigación.
- Procedimiento: Se ha cubierto múltiples fases del proceso de elaboración de extractos, en distintas muestras. Se realizó la molienda mecánica de muestras vegetales, con ayuda de una malla. También se realizó la prueba de mejor solvente para determinar qué disolvente presenta mejor afinidad con la muestra vegetal a extraer.
- Resultados Alcanzados: Pulverización de muestras vegetales. Determinación del mejor solvente para muestras vegetales que se están procesando en el laboratorio.
- Objetivos alcanzados: La totalidad.
- Problemas y Limitaciones: No se encontró ningún problema ni limitación.

### **Actividad No. 4: Control de Calidad de Material Vegetal, Extractos y Productos.**

- Sub-actividad: Inventario de Reactivos en Líquido
  - Objetivo: Inventariar los numerosos frascos de reactivos en líquido, clasificarlos por categorías y establecer un sistema que permita la rápida y eficiente localización de los mismos.
  - Procedimiento: A cada frasco de reactivo se le asignó un código y se clasificó en gavetas, dependiendo de su naturaleza química. Para reactivos con varios frascos abiertos, se asignó uno como oficialmente en uso, y el resto se denominaron como stock. Con base en documentos anteriores, se elaboró una base de datos que permitiera el control de los reactivos. La base de datos incluye datos como el número de frascos restantes, el volumen de los frascos, la gaveta en que se localiza y el código en la base de datos. Luego de ello, se realizó listados de reactivos líquidos presentes en cada gaveta, para pegarlos en las gavetas correspondientes.
  - Resultados Alcanzados: Base de datos ya completa. Código asignado a todos los reactivos. Reactivos en líquido ubicados en sus gavetas.
  - Objetivos alcanzados: La totalidad.
  - Limitaciones o dificultades: La cantidad de reactivos era numerosa. La actividad consumió más tiempo de lo esperado.

- Sub-actividad: Inventario de Reactivos en Sólido
  - Objetivo: Inventariar los numerosos frascos de reactivos en sólido, clasificarlos por categorías y establecer un sistema que permita la rápida y eficiente localización de los mismos.
  - Procedimiento: A cada frasco de reactivo se le asignó un código y se clasificó en gavetas, dependiendo de su naturaleza química. Para reactivos con varios frascos abiertos, se asignó uno como oficialmente en uso, y el resto se denominaron como stock. Con base en documentos anteriores, se elaboró una base de datos que permitiera el control de los reactivos. La base de datos incluye datos como el número de frascos restantes, la cantidad de reactivo del frasco y el código en la base de datos.
  - Resultados: Base de datos ya completa. Código asignado a todos los reactivos. Reactivos en sólido ubicados en las estanterías del anexo del LI-PRONAT.
  - Objetivos alcanzados: La totalidad
  - Limitaciones o dificultades: La cantidad de reactivos era numerosa. La actividad consumió más tiempo de lo esperado.
  
- Sub-actividad: Determinación de pH de formulaciones
  - Objetivo: Determinar el pH de seis formulaciones.
  - Procedimiento: Se calibró el potenciómetro del laboratorio, sumergiendo el electrodo en tres soluciones estándares de distinto nivel de pH. Ya calibrado, se utilizó el mismo potenciómetro en seis formulaciones, para reportar el pH propio de cada muestra.
  - Resultados: Los pH de las seis formulaciones
  - Objetivos alcanzados: La totalidad
  - Limitaciones o dificultades: No se encontró limitación alguna.
  
- Sub-actividad: Apoyo en el diagnóstico de la metodología para la determinación cuantitativa de curcúmina.
  - Objetivo: Verificar la efectividad de la prueba de la metodología implementada en el laboratorio para la determinación de curcúmina en muestras desconocidas.
  - Procedimiento: Se realizó la metodología propuesta en el LIPRONAT para la determinación de curcúmina en muestras de cúrcuma. Para ello, se midió 0.025 g de materia vegetal y se disolvió en 15 mL de ácido acético. Se calentó el sistema a 90°C en baño María y se dejó reposar por una hora. Se añadió luego 2.00 g de ácido bórico y 2.00 g de ácido oxálico. Se calentó otros diez minutos y se dejó reposar hasta temperatura ambiente. Luego de ello, se diluyó en ácido acético hasta los 25 mL en un balón aforado. Se centrifugó la solución por cinco minutos y se diluyó el sobrenadante en un factor 1:10 con ácido acético. Luego de ello, se procedió a medir la absor-

bancia en el espectrofotómetro, con ácido acético como blanco. Todo el procedimiento se realizó por triplicado.

- Resultados: Las absorbancias de las muestras de curcúmina.
- Objetivos alcanzados: La totalidad
- Limitaciones o dificultades: La metodología es relativamente larga para su realización en una jornada de trabajo, lo que afecta la precisión y replicabilidad de la prueba.

## Actividades de Docencia

**Actividad No. 1:** Capacitaciones de Mejora Continua del Trabajo en Laboratorio sobre Calidad, Seguridad y Eficacia en las Técnicas Aplicadas a Productos Naturales

- Objetivo: Afinar ciertos aspectos del trabajo sinérgico del LIPRONAT que permitan al personal desarrollarse de manera óptima.
- Procedimiento: Se ha atendido a charlas mensuales programadas enfocadas en otorgar herramientas importantes para el desarrollo del laboratorio de investigación y del personal que ahí opera. Entre los temas tratados, se encuentra: “Cómo redactar un artículo científico”, “El papel de los químicos farmacéuticos en los productos naturales” y “Técnicas de evaluación de actividad antioxidante en el LIPRONAT”.
- Resultados alcanzados: Asistencia a estas charlas.
- Objetivos alcanzados: La totalidad.
- Problemas y Limitaciones: No se encontró ningún problema ni limitación.

**Actividad No. 2:** Capacitación a Estudiantes y Voluntarios que Deseen Incluirse en la Unidad de Práctica

- Objetivo: Impartir docencia directa a personas que requieran instrucción profunda sobre el LIPRONAT, su desarrollo y sus operaciones, así como la instrucción de voluntarios novatos que no conozcan el equipo ni los procedimientos.
- Procedimiento: Se realizó un taller de cortes histológicos, compuesto de una clase magistral y una práctica de laboratorio que incluyó los aspectos generales de los procesos de obtención de cortes histológicos de muestras vegetales, así como su observación e interpretación en el microscopio.
- Resultados alcanzados: Se impartió ese taller de forma óptima.
- Objetivos alcanzados: Un taller impartido.
- Problemas y Limitaciones: No se encontró ningún problema ni limitación.

**Actividad No. 3:** Capacitaciones en Técnicas Analíticas, Acreditación y Garantía de Calidad de Productos Naturales

- Objetivo: Reforzar las metodologías que se utilizan en laboratorios de Fitoquímica y Productos Naturales.
- Procedimiento: Se realizaron sesiones que permiten al estudiante afinar las capacidades analíticas psicomotrices que se requieren para manejar el equipo del laboratorio. En esta ocasión, se realizó un taller para capacitar al personal del laboratorio en la utilización del espectrofotómetro del laboratorio.
- Resultados alcanzados: El estudiante está capacitado para la utilización del espectrofotómetro.
- Objetivos alcanzados: La totalidad.
- Problemas y Limitaciones: No se encontró ningún problema ni limitación.

**Actividad No. 4:** Asistencia al Segundo Congreso Centroamericano de Productos Naturales Medicinales.

- Objetivo: Asistir al congreso, realizado en Comayagua, Honduras, por parte del Laboratorio de Investigación de Productos Naturales.
- Procedimiento: Del 19 al 24 de junio, un grupo de estudiantes de las carreras de Química Farmacéutica y Biología asistió al Segundo Congreso Centroamericano de Productos Naturales Medicinales, realizado en Tegucigalpa y Comayagua, Honduras. La actividad incluyó conferencias, mesas redondas y una noche cultural.
- Resultados alcanzados: Asistencia al congreso.
- Objetivos alcanzados: La totalidad.
- Problemas y Limitaciones: No se encontró ningún problema ni limitación.

## **Actividades No Planificadas**

**Actividad No. 1:** Apoyo para la conferencia “La Importancia de los Escarabajos en la Vida de Darwin y Otras Cositas”.

- Objetivo: Brindar apoyo logístico en la realización del evento. Presenciar la conferencia del doctor Enio Cano.
- Descripción: Antes de que iniciara la actividad, se apoyó a los desarrolladores del evento para coordinar los detalles de la logística, tales como colocar sillas en orden, colocar la cañonera, arreglar el marco de fotos, entre otras. Luego de ello, se asistió a la conferencia del doctor Enio Cano acerca del desarrollo de la evolución y los escarabajos.
- Resultados: El evento se desarrolló en óptimas condiciones.
- Objetivos alcanzados: La totalidad.
- Limitaciones o dificultades: No se encontró ningún problema ni limitación.

**Actividad No. 2:** Participación como Jurado en la Feria Científica del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB)

- Objetivo: Apoyar al desenvolvimiento del evento de premiación de los mejores proyectos ingresados en la feria científica del IIQB.
- Procedimiento: Se calificó las presentaciones de los jóvenes para luego, junto al resto de jueces, acordar el orden de los ganadores.
- Resultados alcanzados: El evento y la premiación se realizaron sin impedimento alguno.
- Objetivos alcanzados: La totalidad
- Problemas y Limitaciones: No se observó ningún problema ni limitación.

**Actividad No. 3:** Asistencia al Simposio de Seguridad Alimentaria, auspiciado por el IIQB.

- Objetivo: Asistir al simposio de seguridad alimentaria, realizado en la conmemoración del aniversario del IIQB.
- Procedimiento: Se asistió al simposio y se escuchó vehementemente las charlas.
- Resultados alcanzados: El simposio se realizó sin impedimento alguno.
- Objetivos alcanzados: La totalidad
- Problemas y Limitaciones: No se encontró ningún problema ni limitación.

**Actividad No. 4:** Apoyo en el establecimiento de un puesto informativo sobre la carrera de Química Farmacéutica en la Feria Informativa –INFOUSAC–.

- Objetivo: Apoyar en la actividad, dando charlas acerca de la carrera y resolviendo preguntas de los jóvenes aspirantes.
- Procedimiento: Se asistió al puesto de Química Farmacéutica y se impartió charlas hasta la finalización de la actividad.
- Resultados alcanzados: La actividad se realizó sin impedimento alguno.
- Objetivos alcanzados: La totalidad
- Problemas y Limitaciones: No se encontró ningún problema ni limitación.

**Actividad No. 5:** Participación en la Jornada Multidisciplinaria de Salud organizada por la Universidad de Luisiana y la Asociación de Estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia –AEQ–.

- Objetivo: Participar activamente en la Jornada Multidisciplinaria de Salud, realizada en cuatro pueblos de Chimaltenango durante la semana del 29 de mayo al 3 de junio.
- Procedimiento: 20 jóvenes de las cinco carreras de la Facultad, junto a estudiantes de Medicina de la Universidad de Luisiana, Estados Unidos, y algunos estudiantes de Odontología, fueron a cuatro pueblos del departamento de Chimalte-

nango, a realizar jornadas médicas integrales en donde se atendió a la población residente.

- Resultados alcanzados: El evento fue todo un éxito. Se brindó apoyo a las cuatro comunidades.
- Objetivos alcanzados: La totalidad
- Problemas y Limitaciones: Hubo una gran demanda de servicios, mucha gente llegó, y en algunos casos no se pudo atender a toda la población que deseaba servicio médico.

## Referencias Bibliográficas

Alquijay, B. (2016). *Programa Analítico. Experiencias Docentes con la Comunidad -EDC-*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

## Anexos



**Anexo 1.** Instalaciones del Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRO-NAT), ubicado en el laboratorio 106 del edificio T-11, USAC.



**Anexo 2.** Almacén de reactivos en líquido. Como resultado de las actividades de servicio del estudiante, los reactivos se encuentran ordenados, inventariados y con código asignado.



**Anexo 3.** Reconocimiento por el apoyo en el establecimiento de un puesto informativo sobre la carrera de Química Farmacéutica en la Feria Informativa –INFOUSAC–.

## Práctica de Cortes Histológicos Vegetales

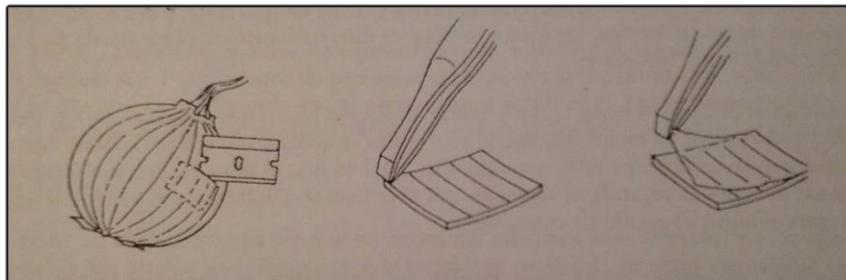
---

### Cortes Histológicos de Muestras Vegetales

1. Colocar agua destilada en un vidrio de reloj.
2. Con las hojas de afeitar, realizar cortes transversales del material vegetal, tratando de que estos sean lo más delgado posible.
3. Colocar estos cortes en el vidrio de reloj con agua destilada.
4. Preparar los otros dos vidrios de reloj del tren de tinción, agregando el colorante a uno y agua destilada al otro.
5. Cuando ya tenga varios cortes hechos, colocar todos en el vidrio de reloj que contiene el colorante, y esperar por 30 segundos.
6. Traspasar luego estos cortes al tercer vidrio de reloj, para eliminar el exceso de colorante.
7. Colocar el corte sobre un portaobjetos, y luego agregar una gota de agua destilada.
8. Colocar el cubreobjetos y observar al microscopio.

### Levantado Epidérmico

1. Cortar un pedazo rectangular de cebolla.
2. Obtener un trozo de epidermis de la superficie cóncava del pedazo extraído, tal como se observa en la figura.



3. Colocar esa pequeña tira de cebolla en un portaobjetos. Colocar sobre ella una gota de Lugol y un cubreobjetos.
4. Observar al microscopio.

### **Observación de Amiloplastos**

1. Raspar, con la hoja de afeitar, el interior de un tubérculo de papa. Colocar ese raspado encima de un portaobjetos.
2. Agregar luego una o dos gotas de Lugol y colocar el cubreobjetos.
3. Observar al microscopio.

### **Observación de Cromoplastos**

1. Raspar, con la hoja de afeitar, la parte carnosa de un tomate maduro. Colocar ese raspado encima de un portaobjetos.
2. Agregar luego una o dos gotas de agua destilada y colocar el cubreobjetos.
3. Observar al microscopio.

### **Bibliografía**

Cajas, M. (2015). *Manual de Laboratorio de Anatomía Vegetal*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

**Anexo 4.** Guía de práctica elaborada para jóvenes salvadoreños que visitaron el LIPRO-NAT durante el mes de febrero para realizar una pasantía. El estudiante impartió un taller de cortes histológicos, incluyendo una clase magistral y una práctica de laboratorio.



**Anexo 5.** Algunos de los cortes histológicos realizados por los jóvenes salvadoreños en el taller de cortes histológicos.



**Anexo 6.** Reconocimiento por participación en la Jornada Multidisciplinaria de Salud organizada por la Universidad de Luisiana y la Asociación de Estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia –AEQ–.



**Anexo 7.** Diploma en reconocimiento por la participación como jurado en la Feria Científica del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB).



# II CONGRESO CENTROAMERICANO DE PRODUCTOS NATURALES MEDICINALES

**20 de Junio: PRE CONGRESO**  
 Hora: 8:00 a.m. a 3:30 p.m.  
 Lugar: Auditorio Jesús Aguilar Paz  
 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
 Ciudad Universitaria, Tegucigalpa  
 Costo: \$50 Estudiantes  
 \$60 Profesionales

**21-23 de Junio: CONGRESO**  
 Hora: 9:00 a.m. a 2:00 p.m.  
 Lugar: Caxa Real, Comayagua  
 Costo: \$60 Estudiantes  
 \$100 Profesionales

**PRE CONGRESO + CONGRESO**  
 Costo: \$100 Estudiantes con carné  
 \$150 Profesionales

**Honduras**  
 21 - 23  
 Junio  
 2017

Para más información:  
 Tel PBX: 00(504) 2216-5100 Ext. 100201  
 Web: [quimica.unah.edu.hn/2congresocpnm](http://quimica.unah.edu.hn/2congresocpnm)

Email: [IIcongresocpnm@unah.edu.hn](mailto:IIcongresocpnm@unah.edu.hn)  
 fb: [facebook.com/quimica.unah.edu.hn/](https://facebook.com/quimica.unah.edu.hn/)

### LINEAS TEMÁTICAS

<p><b>PLANTAS MEDICINALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnicas de manejo de herbario</li> <li>- Cadena productiva</li> <li>- Metabolitos secundarios y propiedades biológicas</li> <li>- Síntesis de principios activos</li> <li>- Uso etnobotánico</li> </ul>	<p><b>PRODUCTOS NATURALES MEDICINALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materia prima de productos farmacéuticos</li> <li>- Desarrollo e innovación</li> <li>- Control de calidad</li> <li>- Marco regulatorio</li> </ul>	<p><b>FITOTERAPIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación en diferentes patologías</li> </ul>
---	--	---

DE FORMA SIMULTÁNEA

**XVIII JORNADA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**  
 PRODUCTOS DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Lugar: Casa de la Cultura, Comayagua  
 Hora: 9:00 a.m. a 2:00 p.m.



**Anexo 8.** Afiche del Segundo Congreso Centroamericano de Productos Naturales Medicinales.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HONDURAS  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



## II CONGRESO CENTROAMERICANO DE PRODUCTOS NATURALES MEDICINALES

XVIII JORNADA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Otorga el presente CERTIFICADO a:

**JERRY JAVIER GONZÁLEZ CANTORAL**

Por su participación en el  
II Congreso Centroamericano de Productos Naturales Medicinales,  
los días 21 – 23 de Junio de 2017, en la ciudad de Comayagua, Honduras.  
Duración de 15 horas.

  
M.Sc. VICTORIA ZELAYA  
Decana  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Presidenta del Comité Organizador

  
M.Sc. SALOMON  
Dirección de Investigación Científica y Posgrado  
(DICyP)

**Anexo 9.** Certificado de participación en el Segundo Congreso Centroamericano de Productos Naturales Medicinales.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Programa Experiencias Docentes con la Comunidad  
Subprograma EDC – Biología

## **Informe Final de Investigación**

Caracterización Fitoquímica de las Semillas de Especies Cultivadas de Amaranto en la Región Suroccidental de Guatemala

Laboratorio de Investigación de Productos Naturales  
–LIPRONAT–

### **Periodo de Realización**

Enero 2017 – Enero 2018

Br. Jerry Javier González Cantoral

Profesor Supervisor de EDC: Lic. Billy Alquijay

Asesor Institucional: Dra. Sully Cruz

## Resumen

Se realizó la caracterización fitoquímica de semillas de amaranto cultivado en dos fincas de la región suroccidente de Guatemala, en los departamentos de Totonicapán y Sololá, con el propósito de determinar qué especies de amaranto se cultivan en la región, identificar las familias de metabolitos secundarios presentes en las semillas de cada finca y relacionar estos metabolitos con posibles efectos farmacológicos que puedan presentarse luego de su ingesta. La identificación, tanto de la especie de amaranto como de los metabolitos secundarios presentes en la semilla, permite a los productores evidenciar la composición química de su producto, lo que mejora la percepción de este en el mercado. Se recogió muestras de semilla de ambas fincas, se realizó un reconocimiento de la finca en una de ellas para la identificación de la especie de amaranto y se trasladaron las muestras al laboratorio. Se realizó el tamizaje fitoquímico de alcaloides, taninos, saponinas, flavonoides, aceites grasos y carotenoides a ambas muestras. Se encontró que el perfil fitoquímico de las semillas es similar: ambas presentan flavonoides y aceites grasos, y carecen de taninos y saponinas; no obstante, alcaloides y carotenoides estuvieron presentes solamente en una muestra. Según la identificación en el campo, se demostró que se cultivan semillas de amaranto de las especies *Amaranthus cruentus* y *A. hypochondriacus*, además de algunas especies de amaranto de semilla negra. Los perfiles fitoquímicos de estas semillas responden a la historia evolutiva y la domesticación de las semillas de amaranto, así como al rol que estos metabolitos desempeñan en la bioquímica de la planta. Estos perfiles fitoquímicos son de gran importancia, puesto que a la mayoría de los metabolitos presentes en el amaranto se les puede adjudicar efectos farmacológicos positivos, como efectos anticarcinogénicos, antioxidantes y antiinflamatorios.

## Introducción

En Guatemala se mantiene un sistema de agricultura que promueve el monocultivo para la cosecha de mejores productos, con propiedades organolépticas más agradables al ser humano, al utilizar metodologías especializadas en cierta especie. El amaranto no es la excepción. En ciertas fincas del país, se está cultivando amaranto a nivel comercial, para la cosecha de granos y de hojas en calidad de alimento (Oquendo, 2011). Sin embargo, este cultivo no ha tenido el éxito comercial que han tenido algunos alimentos principales, como la papa, el tomate y el café. Esto está muy relacionado con la falta de procesos de estandarización y reconocimiento del amaranto que se está vendiendo.

Con esta investigación, se pretende auxiliar a algunas fincas que están produciendo grandes cantidades de amaranto, mediante la determinación taxonómica de la especie que cada finca está vendiendo, y un reporte específico acerca de los metabolitos secundarios que exhiben las semillas de amaranto que se están vendiendo. Para ello, se utilizaron claves botánicas que incluyan la identificación de especies del género *Amaranthus* y un tamizaje fitoquímico para la determinación cualitativa de los metabolitos secundarios que ahí aparezcan, así como las determinaciones cuantitativas que se puedan realizar para ciertos metabolitos secundarios.

## Planteamiento del Problema

En numerosos cultivos de amaranto localizados alrededor del altiplano de Guatemala, es común que los encargados no conozcan el nombre científico de la especie de amaranto que están cosechando. En Guatemala, se cultivan tres especies de amaranto: *Amaranthus cruentus*, *A. caudatus* y *A. hypochondriacus*, y las tres especies presentan distintas características de cultivo, como el tiempo de germinación, el color del penacho, los porcentajes de contenidos nutricionales y la composición de metabolitos secundarios, entre otras (Oquendo, 2011; Cornejo, 2007). Además de ello, existen algunas fincas de producción no industrial que no manejan la composición fitoquímica de sus semillas de amaranto, factor esencial para garantizar un buen producto, según las reglas de control de calidad.

## Justificación

Ante este vacío de información, los esfuerzos se orientarán a la determinación taxonómica de las especies vegetales del cultivo, así como su caracterización fitoquímica. Los resultados de ambos procesos, tanto la obtención del nombre científico correcto de la especie de amaranto cultivada en cada finca como el reporte de los metabolitos secundarios presentes en las semillas de estas plantas, son recursos que permiten a los agricultores tomar decisiones certeras para el mejoramiento de los procesos de cosecha y sembrado, así como la venta del producto (Fundación Pública Andaluza para la Investigación Biosanitaria, 2007).

## Referente Teórico

Múltiples investigaciones realizadas a nivel nacional, como aquellas dirigidas por Bressani y Rodas (2007) y Cáceres (2015), han remarcado el sobresaliente perfil nutricional de las semillas de amaranto, proponiéndolo como un recurso clave en la resolución de la temática de la hambruna extrema que se vive en la realidad guatemalteca.

El amaranto, también conocido como huanthi, bleado o alegría, es una dicotiledónea perteneciente a la subclase Caryophyllidae, la familia Amaranthaceae y al género *Amaranthus*. Existen aproximadamente 60 especies del género *Amaranthus* distribuidas en todas las regiones tropicales y subtropicales; sin embargo, a nivel mesoamericano solo se cultivan las semillas de tres especies: *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus hypochondriacus* (Montero-Quintero, Moreno-Rojas, Molina, & Sánchez-Urdaneta, 2011; Cornejo, 2007; Flores, 2014).

La diferenciación taxonómica entre las tres especies utiliza la morfología del penacho de la inflorescencia y el tamaño del individuo adulto. *A. cruentus* cuenta con matas de crecimiento erecto hasta los dos metros de altura, con espigas suaves y laxas en la parte inferior y panículas en la parte superior. *A. caudatus*, por otro lado, es una planta herbácea

anual que puede llegar a medir dos metros de altura, y se caracteriza por espigas extremadamente largas y colgantes, así como los bordes rojos en sus semillas de color marfil. Por último, *A. hypochondriacus* es una hierba anual que llega a medir hasta los tres metros de altura. Su inflorescencia es de gran tamaño, muy densa, erecta y espinosa (Cornejo, 2007).

La semilla cultivada del amaranto es pequeña, lisa, aproximadamente de 1 o 1.5 mm de diámetro, de color amarillento, mientras que la semilla silvestre generalmente es de color negro (Cornejo, 2007). La domesticación de la semilla de amaranto ha conducido a la aparición de grandes beneficios para la producción y consumo de este grano, dado a que su digestibilidad es muy alta (entre un 80% y un 92% en humanos) y que presenta un rápido crecimiento, un buen potencial de producción, bajos costos de producción, baja susceptibilidad a las enfermedades vegetales y un excelente valor nutritivo (Flores, 2014).

Numerosos estudios concuerdan con que la semilla del amaranto es una fuente de alta calidad en cuanto a requerimientos nutricionales. Esto se refleja en los altos niveles de proteínas, grasas, fibras, minerales, vitaminas y compuestos bioactivos que este presenta (Barba de la Rosa et al., 2009; Montero-Quintero, Moreno-Rojas, Molina, & Sánchez-Urdaneta, 2011). Tanto Bressani y Rodas (2007) como Flores (2014) aseveran que el amaranto cuenta con un alto y equilibrado contenido de aminoácidos esenciales, en particular de lisina, así como un atractivo balance entre ácidos grasos saturados, semisaturados y poliinsaturados. Los minerales que se encuentran en altas proporciones incluyen el calcio, el fósforo, el hierro y el cinc. En cuanto a vitaminas, se ha reportado la presencia de niacina, ácido ascórbico, tiamina, biotina, ácido fólico, beta-carotenos y flavonoides, los cuales otorgan una increíble capacidad antioxidante (Oquendo, 2011; Barba de la Rosa et al., 2009). Asimismo, también se ha reportado la presencia de factores antinutricionales, como el ácido fólico, el ácido oxálico, nitratos, saponinas, inhibidores de tripsina y taninos (Gómez, 2013).

Además de las biomoléculas y los metabolitos principales, las plantas sintetizan ciertos compuestos químicos que cumplen funciones no esenciales, pero confieren ventajas selectivas interviniendo en las interacciones ecológicas entre la planta y su ambiente (Valares, 2011). La determinación de los metabolitos secundarios de estas plantas se puede realizar a través de un tamizaje fitoquímico, que comprende pruebas sencillas que detectan cualitativamente la presencia de determinados grupos de compuestos, mediante reacciones de formación de precipitados o viraje de coloración (Guapi, 2014).

El amaranto contiene componentes bioactivos con propiedades antioxidantes, entre ellos flavonoides específicos (como la rutina) y ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido p-hidroxibenzoico y ácido vanílico) (Alemayehu, Bendevis, & Jacobsen, 2015). Su fracción de aceites es similar a la de los cereales, siendo los ácidos grasos insaturados, con ácido linoleico, el ácido graso predominante. Esta fracción incluye también altos niveles de escualeno y la presencia de tocotrienoles, una forma de vitamina E que disminuye los contenidos de colesterol. Todos estos componentes se encuentran a diferentes concentraciones en las distintas partes de la planta (Alemayehu et al., 2015; Li et al., 2015). Los flavonoides son la mayor parte del contenido fenólico. De todos los compuestos fenólicos, la

rutina fue el más encontrado. En general, los flavonoides eran quercetin-3-rutinósido (rutina) y kaempferol-3-O-rutinósido (Li et al., 2015).

El color morado propio de este cultivo se debe a la presencia de betacianinas, en específico la amarantina e isoamarantina, compuestos que presentan una alta capacidad antioxidante. Cabe resaltar que existe una mutua exclusión en la secreción de antocianinas y betacianinas. Siendo así, una planta que produce betacianinas, como el amaranto, no puede producir antocianinas, y viceversa (Li et al., 2015). Tanto los compuestos fenólicos como las betacianinas en *Amaranthus* son los mayores contribuyentes a la actividad antioxidante. Entre órganos de la planta, la mayor capacidad antioxidante se observa en las hojas, y la menor, en las semillas (Li et al., 2015).

En cuanto a antinutrientes, el grano de amaranto presenta nitratos, ácido fítico, taninos, fibra dietética y ácido oxálico, pero carece de saponinas. Sin embargo, estos niveles son muy bajos y no afectan de manera significativa a las propiedades nutricionales de su ingesta (Gómez, 2013).

## Objetivos

- Determinar las especies de semillas de amaranto cultivadas en distintos departamentos de la región suroccidente de Guatemala.
- Identificar metabolitos secundarios presentes en las distintas especies de amaranto encontradas, mediante tamizaje fitoquímico.
- Relacionar la fitoquímica de las semillas de especies cultivadas de amaranto con posibles efectos farmacológicos.

## Hipótesis

Debido a la naturaleza explicativa de la investigación, no se plantea una hipótesis a falsar.

## **Metodología**

### **Recolección y Procesamiento de Muestras**

El estudio se enfocó en dos fincas localizadas en los departamentos de Sololá y Totonicapán. En el departamento de Sololá, se consiguió acceso a una finca ligada al Instituto Mesoamericano de Permacultura –IMAP–. En el departamento de Totonicapán, se consiguió acceso a unas parcelas propias de la Asociación para Mujeres CDRO. En cada finca se consiguió dos libras de semilla de amaranto. En la finca dependiente de IMAP fue posible entrar a las parcelas y observar las matas, mientras que en la otra finca solo se consiguió las muestras de semillas. Las muestras se ingresaron al Laboratorio de Investigación de Productos Naturales –LIPRONAT– y se guardaron en bolsas ziploc etiquetadas con sus respectivos datos (material vegetal colectado, colector, peso total y fecha y lugar de colecta). Las muestras fueron maceradas con mortero y pistilo de modo que las testas de las semillas se rompieran y las biomoléculas estuvieran disponibles para su detección.

### **Tamizaje Fitoquímico**

Para el tamizaje fitoquímico de cada familia de metabolitos secundarios de las muestras de semillas se realizó las pruebas según los procedimientos estándar de operación (PEO) del laboratorio. En casos en los que el laboratorio no contaba con el PEO para alguna familia de metabolitos en específico, se buscó procedimientos efectivos y factibles en literatura científica y se replicaron.

### **Aceites Grasos**

Se extrajo 1 gramo de semillas de cada muestra de amaranto con 5 mililitros de diclorometano durante 5 minutos, con constante agitación. Estas muestras fueron luego sembradas en una cromatografía junto a un estándar de aceite de cocina. La cromatografía se corrió con una fase móvil de éter y luego una fase móvil de diclorometano. El revelado se realizó asperjando la cromatografía con una solución de ácido fosfomolibdico y luego se calentó en un horno durante 3 minutos.

### **Alcaloides**

Se disolvió 0.1 gramos de cada muestra en metanol y se agregó hidróxido de amonio al 10 por ciento (p/v). Se filtró y se acidificó el medio con ácido clorhídrico 2 N. Esta mezcla se separó en cuatro tubos para realizar tres pruebas cualitativas y tener un tubo control. Las tres pruebas se realizaron aplicando el reactivo de Mayer's, el reactivo de Dragendorff y el reactivo de Wagner, respectivamente. Para confirmar la presencia de alcaloides se corrió la cromatografía correspondiente con estándar de papaverina y atropina en fase móvil de una mezcla de tolueno – acetato de etilo – dietilamina en una proporción 70:20:10. El revelado se realizó asperjando la cromatografía con reactivo de Dragendorff.

## **Carotenoides**

Por cada una de las muestras de semillas de amaranto, se adicionó 5 gramos de muestra, 5 gramos de sulfato de sodio anhidro y 0.5 gramos de carbonato de sodio a un beaker de 100 mililitros, junto a 40 mililitros de tetrahidrofurano y se dejó en baño de hielo durante 5 minutos. Se filtró las dos soluciones y se aplicó a una cromatoplaca. A esta cromatoplaca se le aplicó también un estándar de carotenoides y se corrió con una fase móvil de éter de petróleo – acetona en una proporción 7:3. No se requirió de revelador dado que los carotenoides tienen color propio.

## **Flavonoides y Antocianinas**

Se extrajo 1 gramo de cada muestra de semillas de amaranto en 10 mililitros de metanol y luego de 5 minutos se filtró. Se aplicó luego cuatro pruebas en sendos tubos de ensayo: ácido sulfúrico concentrado, cloruro férrico al 10 por ciento, ácido clorhídrico concentrado y baño de maría, y magnesio metálico con ácido clorhídrico. Se realizó una cromatografía en capa fina como prueba confirmatoria definitiva. Para la cromatografía en capa fina, se extrajo 1 gramo de semilla en metanol en baño de maría. La solución se filtró y se aplicó sobre las cromatoplasmas de sílicagel. Se utilizó rutina, hiperósido, quercetina y ácido clorogénico como estándares. La cromatografía se corrió con cloroformo como fase móvil apolar y se reveló con luz ultravioleta.

## **Taninos**

Se colocó 1 gramo de cada muestra de semilla en beakers con metanol y se filtraron y se evaporaron a sequedad. A cada beaker luego se le añadió agua caliente, se agitó y se filtró de nuevo. Se añadió luego solución de cloruro de sodio al 10 por ciento y se filtró. Se aplicó luego cuatro pruebas en sendos tubos de ensayo para cada muestra: cloruro de sodio, gelatina al 1 por ciento (p/v), gelatina-sal, solución de cloruro férrico al 10 por ciento. De aparecer reacción alguna en los tubos de ensayo, se evidenciaba la presencia de taninos. La ausencia de reacción evidenciaba la ausencia de taninos.

## **Saponinas**

Para cada muestra, se colocó un tubo de ensayo con 0.1 gramos de muestra. A otro tubo se le colocó 2 mililitros de estándar de saponinas y a otro tubo se le colocó agua destilada. A cada tubo se le adicionó 10 mL de agua destilada. Se calentó en baño María durante 30 minutos. Se dejaron enfriar y se taparon los tubos, se agitaron vigorosamente por 30 a 40 segundos. Se dejaron reposar los tubos durante 30 minutos y se observó la formación de una capa de espuma. Si una capa de espuma mayor de 3 cm persiste en la superficie líquida después de 30 minutos se presume la presencia de saponinas.

## Resultados

### Identidad de semillas cultivadas de amaranto

Las dos fincas de amaranto proveyeron semillas para los análisis de metabolitos secundarios. A pesar de tratarse del mismo cultivo en ambas localidades, se observó que la semilla de la finca dependiente del IMAP es de color amarillo crema mientras que la finca de la Asociación CDRO posee semillas de color negro. Cabe resaltar que los responsables de la finca dependiente del IMAP ya tenían conocimiento de qué especies manejan en su cultivar: *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus hypochondriacus*. Debido a limitaciones en tiempo y recursos, no fue posible contactar a los responsables de la finca de la Asociación CDRO para la determinación de las especies cultivadas de amaranto.

### Metabolitos secundarios de las semillas

Las pruebas de tamizaje fitoquímico revelaron diferencias en la composición química de metabolitos secundarios en las semillas de las dos fincas. Tal como se observa en el cuadro 1, el perfil fitoquímico es idéntico, excepto en alcaloides y carotenoides. Ambas muestras de semilla de amaranto presentan aceites grasos y flavonoides; por otro lado, en ninguna de las dos se reportó saponinas ni taninos. Alcaloides y carotenoides se encontraron únicamente en la muestra de la finca de IMAP.

**Cuadro 1.** Tamizaje fitoquímico de semillas de amaranto de dos fincas del suroccidente de Guatemala.

Metabolitos	IMAP	CDRO
Aceites grasos	+	+
Alcaloides	+	-
Carotenoides	+	-
Flavonoides	+	+
Saponinas	-	-
Taninos	-	-

IMAP: Instituto Mesoamericano de Permacultura; CDRO: Asociación CDRO; +: presente; -: ausente

## Discusión

El amaranto es una planta nativa de América, que fue domesticada por más de 4,000 años para ser un pseudocereal de alta calidad nutritiva. Las semillas de amaranto de grano de color claro que se cultivan suelen provenir de un complejo taxonómico de tres especies: *Amaranthus cruentus*, *A. caudatus* y *A. hypochondriacus* (Wu & Blair, 2017). De estas especies, las especies *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* fueron domesticadas en

Mesoamérica, mientras que la especie *A. caudatus* fue domesticada en Perú y Bolivia, de modo que existe cierto grado de diferenciación en el genoma de las semillas desarrolladas entre estas dos regiones (Loaiza, López-Malo, & Jiménez-Munguía, 2016). Esto concuerda con el cultivo de las especies *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* en la finca del Instituto Mesoamericano de Permacultura, ya que esta institución ha procurado mantener los linajes de las semillas nativas (Instituto Mesoamericano de Permacultura, 2017). Por otro lado, las semillas de color oscuro provienen de linajes relacionados con el bleado, incluyendo a especies como *Amaranthus quitensis* y *Amaranthus viridis*. Estas especies fueron domesticadas promoviendo la mejora en el perfil nutricional de las hojas, sin seleccionar las semillas. Por tanto se puede aseverar que la especie de las semillas de amaranto de la finca de la Asociación CDRO no pertenecen al complejo taxonómico de semillas claras, sino que está más relacionado con especies como *A. quitensis* y *A. hybridus* (Wu & Blair, 2017).

Los ácidos grasos están presentes en ambas muestras de semillas. Los resultados de Loaiza, López-Malo y Jiménez-Munguía (2016), así como los de Rodas y Bressani (2009), concuerdan en que las semillas de amaranto presentan un porcentaje entre el 5 – 8% de aceites en su composición química, el cual posee un balance ideal entre ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Los principales aceites grasos presentes son el ácido linoleico y el ácido oleico, los cuales ambos pertenecen a la familia de ácidos grasos omega-3 que son esenciales para el funcionamiento del organismo, al ser precursores de diferentes clases de eicosanoides proinflamatorios o antiinflamatorios (Tang & Tsao, 2017). El ácido oleico, además, beneficia la salud cardiovascular, al aumentar la cantidad de lipoproteínas de alta densidad (HDL) y reducir las lipoproteínas de baja densidad (LDL) en la sangre, lo que disminuye los niveles de “colesterol malo”. Participa además en la agregación plaquetaria y en la regulación del metabolismo lipídico (Loaiza et al., 2016).

Los alcaloides, taninos y saponinas son metabolitos que, dependiendo de su estructura, pueden afectar de manera negativa a los organismos consumidores. Estos compuestos se conocen como antinutrientes, puesto que tienen la capacidad de formar complejos insolubles con los minerales de la dieta, como el cinc, el hierro, el calcio, el magnesio, entre otros, y reducir la absorción, digestión y biodisponibilidad de estos en el tracto intestinal (Bruneton, 2001). Los procesos de domesticación de los cultivos promueven la eliminación o la reducción de este tipo de metabolitos en la medida de lo posible. Por tanto, no es de extrañar que ninguna de las muestras presente saponinas ni taninos. La presencia de alcaloides en la muestra de IMAP refleja la persistencia de estos compuestos. Por otro lado, se ha comprobado que algunos de estos compuestos pueden interactuar con ciertos tejidos y generar actividades anticarcinogénicas y antioxidantes al inhibir la producción de radicales hidroxilo y normalizar la homeostasis celular, de modo que su mantención en los cultivos sí genera un efecto farmacológico relevante (Caselato-Sousa & Amaya-Farfán, 2012; Tang & Tsao, 2017).

Los carotenoides son compuestos lipofílicos de grandes cadenas hidrofóbicas relacionados de manera intrínseca con el proceso de fotosíntesis. En plantas, funcionan como pig-

mentos accesorios que reciben ciertas longitudes de onda y transfieren electrones para la producción de energía química. Por otro lado, en animales y humanos, los carotenoides cumplen su función como provitamina A y son fuertes antioxidantes. También regulan la transcripción génica celular, aumentan la comunicación intercelular por canales y activan la función inmunitaria (Caselato-Sousa & Amaya-Farfán, 2012). Los carotenoides encontrados para semillas de amaranto son únicamente la zeaxantina y la luteína. Estas dos moléculas tienen potencial efecto antiinflamatorio y anticarcinógeno como agentes quimioprotectores (Caselato-Sousa & Amaya-Farfán, 2012; Nelson & Cox, 2013; Tang & Tsao, 2017). La presencia de carotenoides en la muestra de amaranto de semilla clara, pero no en semilla oscura, puede deberse a la estructura y composición de la testa de las semillas. La presencia de los carotenoides se denota en la coloración amarillenta de la semilla (Nelson & Cox, 2013), de modo que las semillas claras (*Amaranthus caudatus*, *A. cruentus* y *A. hypochondriacus*) presentan mayor contenido de carotenoides en su composición química que las semillas de especies no pertenecientes a ese complejo taxonómico.

En cuanto a los flavonoides, se observa que ambas muestras de semilla los presentan. Los flavonoides son compuestos fenólicos hidrofílicos de gran diversidad estructural que cumplen con varias funciones importantes en los mecanismos bioquímicos vegetales, como la protección contra los efectos dañinos de la radiación ultravioleta y ser sustrato de reacciones anabólicas (Hopkins & Hüner, 2009; Ogrodowska et al., 2012). En semillas de amaranto, los compuestos fenólicos suelen estar ubicados en la cobertura, sin embargo, su extracción no es tan sencilla, debido a que pueden estar conjugados con macromoléculas o incluso pueden estar unidos a polímeros de las paredes vegetales. Esto dificulta en gran medida su detección (Loaiza et al., 2016). Los flavonoides que se suelen encontrar en semillas de amaranto son la rutina, el ácido p-hidroxibenzoico y el ácido vanílico. Estos flavonoides presentan características anticarcinogénicas, antiinflamatorias, antioxidante, entre muchos otros efectos farmacológicos. (Bruneton, 2001; Caselato-Sousa & Amaya-Farfán, 2012; Tang & Tsao, 2017).

Las muestras de semillas de amaranto de las dos fincas ciertamente difieren en su composición fitoquímica, de modo que los efectos nutricionales y farmacológicos que se producirán en los consumidores serán distintos, dependiendo de los componentes fitoquímicos de cada muestra. Se puso a prueba la presencia de las familias de metabolitos más comunes en amaranto, según lo reportado por varios autores (Caselato-Sousa & Amaya-Farfán, 2012; Prakash & Pal, 1991; Tang & Tsao, 2017); sin embargo, un estudio profundo debería tomar en cuenta el resto de familias de metabolitos secundarios para confirmar su ausencia, incluyendo metabolitos como cumarinas, lignanos, quinonas, entre otros (Bruneton, 2001). También cabe resaltar que la caracterización de las semillas de una región requiere de un mayor esfuerzo de muestreo, puesto que dos fincas no representan la población total. Este estudio se expone como un acercamiento a la caracterización fitoquímica del grano nativo de amaranto, por lo que futuras investigaciones deben procurar abarcar otras regiones y/o ampliar los resultados obtenidos para obtener un panorama más amplio de las poblaciones de amaranto cultivado a nivel nacional.

## Conclusiones

- En el suroccidente de Guatemala, se cultivan semillas de amaranto de las especies *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus hypochondriacus*, así como otras especies de semilla negra.
- Ambas muestras de semilla presentaron flavonoides y aceites grasos, y ninguna presentó taninos ni saponinas. La muestra de IMAP sí presentó carotenoides y alcaloides. La presencia de todos estos metabolitos responde a la historia evolutiva y la domesticación de las semillas de amaranto, así como al rol que estos metabolitos desempeñan en la bioquímica de la planta.
- La mayoría de los metabolitos presentes en el amaranto presentan efectos farmacológicos de gran interés para la industria farmacéutica, como el efecto anticarcinogénico, el efecto antioxidante y el efecto antiinflamatorio.

## Recomendaciones

- Ampliar el número de fincas a muestrear para obtener datos significativos de la región suroccidental de Guatemala.
- Extender el estudio hacia otras regiones del país, para percibir un panorama más amplio de la fitoquímica de este grano nativo.
- Realizar análisis cuantitativos que permitan comparar los valores obtenidos con valores patrón de otras cepas de amaranto a nivel mundial.

## Referencias Bibliográficas

- Alemayehu, F. R., Bendevis, M. A., & Jacobsen, S. E. (2015). The Potential for Utilizing the Seed Crop Amaranth (*Amaranthus* spp.) in East Africa as an Alternative Crop to Support Food Security and Climate Change Mitigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*. <http://doi.org/10.1111/jac.12108>
- Barba de la Rosa, A. P., Fomsgaard, I., Laursen, B., Mortensen, A., Olvera-Martínez, L., Silva-Sánchez, C., . . . De León-Rodríguez, A. (2009). Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. *Journal of Cereal Science*(49), 117-121.
- Bressani, R., & Rodas, B. (2007). Caracterización Química y Nutricional de Variedades de Grano de Amaranto y Algunas Aplicaciones. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*(16), 42-62.
- Bruneton, J. (2001). *Farmacognosia*. España: Acribia.

- Cáceres, A. (2015). *Informe: Determinación y Evaluación del Contenido y Disponibilidad de Oligoelementos en Hojas de Vegetales Nativos de Uso Tradicional en la Alimentación del Guatemalteco y Presencia de Agentes Antioxidantes y Antinutricionales. (Proyecto FODECYT 69-2012)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Caselato-Sousa, V. M., & Amaya-Farfán, J. (2012). State of Knowledge on Amaranth Grain: A Comprehensive Review. *Journal of Food Science*, 77(4), 93-104. <http://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02645.x>
- Cornejo, C. (2007). *Generalidades del Amaranto (Amaranthus spp.), Usos y Aplicaciones en la Industria Alimentaria. (Tesis de Licenciatura)*. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Coahuila, México.
- Flores, A. (2014). *Desarrollo de una harina a base de semilla de Amaranto (Amaranthus cruentus), Chía (Salvia hispanica) y Ayote (Cucurbita moschata) (Tesis de Licenciatura)*. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias de la Salud, Guatemala.
- Fundación Pública Andaluza para la Investigación Biosanitaria. (2007). *Taxonomía*. Obtenido de <http://medmol.es/glosario/44/>
- Gómez, A. (2013). *Selección de un proceso de transformación para la disminución de compuestos antinutricionales en el grano y hojas de amaranto (Amaranthus caudatus L.) y sangorache (Amaranthus hybridus L.). (Tesis de licenciatura)*. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Ecuador.
- Guapi, J. (2014). *Caracterización bromatológica y fotoquímica de los granos y hojas del chocho (Lupinus mutabilis Sweet), quinua (Chenopodium quinoa Willd.), amaranto (Amaranthus caudatus L.) y sangorache (Amaranthus hybridus L.). (Tesis de licenciatura)*. Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Ecuador.
- Hopkins, W., & Hüner, N. (2009). *Introduction to Plant Physiology* (4th ed.). Estados Unidos: John Wiley & Sons.
- Instituto Mesoamericano de Permacultura. (2017). Instituto Mesoamericano de Permacultura. Recuperado a partir de <http://imapermacultura.org/quienes-somos/>
- Li, H., Deng, Z., Liu, R., Zhu, H., Draves, J., Marcone, M., ... Tsao, R. (2015). Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three Amaranthus species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 75-81. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.09.003>
- Loaiza, M. A. P. P., López-Malo, A., & Jiménez-Munguía, M. T. (2016). Nutraceuical Properties of Amaranth and Chia Seeds. En *Functional Properties of Traditional Foods* (pp. 189-198). Boston, MA: Springer US. [http://doi.org/10.1007/978-1-4899-7662-8\\_13](http://doi.org/10.1007/978-1-4899-7662-8_13)

- Montero-Quintero, K., Moreno-Rojas, R., Molina, E., & Sánchez-Urdaneta, A. (2011). Composición química del *Amaranthus dubius*: una alternativa para la alimentación humana y animal. *Revista de la Facultad de Agronomía*(28), 619-627.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2013). *Lehninger. Principios de Bioquímica*. (6a ed.). Barcelona: Omega.
- Ogrodowska, D., Czaplicki, S., Zadernowski, R., Mattila, P., Hellström, J., & Naczek, M. (2012). Phenolic acids in seeds and products obtained from *amaranthus cruentus*. *Journal of Food and Nutrition Research*, 51(2), 96-101.
- Oquendo, L. P. (2011). *Evaluación de la Emergencia, Biomasa y Análisis Nutricional de Tres Especies de Bledo (Amaranthus cruentus, Amaranthus caudatus y Amaranthus hypocondriacus) en San Pedro Las Huertas, Antigua Guatemala, Sacatepéquez. (Tesis de Licenciatura)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Prakash, D., & Pal, M. (1991). Nutritional and antinutritional composition of vegetable and grain amaranth leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 57(4), 573-583. <http://doi.org/10.1002/jsfa.2740570410>
- Rodas, B., & Bressani, R. (2009). Contenido de aceite, ácidos grasos y escualeno en variedades crudas y procesadas de grano de amaranto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(1), 82-87.
- Tang, Y., & Tsao, R. (2017). Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: A review. *Molecular Nutrition and Food Research*, pp. 1-16. <http://doi.org/10.1002/mnfr.201600767>
- Valares, C. (2011). *Variación del Metabolismo Secundario en Plantas debida al Genotipo y al Ambiente. (Tesis de Doctorado)*. Universidad de Extremadura, Departamento de Biología Vegetal, Ecología y Ciencias de la Tierra, España.
- Wu, X., & Blair, M. W. (2017). Diversity in Grain Amaranths and Relatives Distinguished by Genotyping by Sequencing (GBS). *Frontiers in Plant Science*, 8, 1960. <http://doi.org/10.3389/fpls.2017.01960>

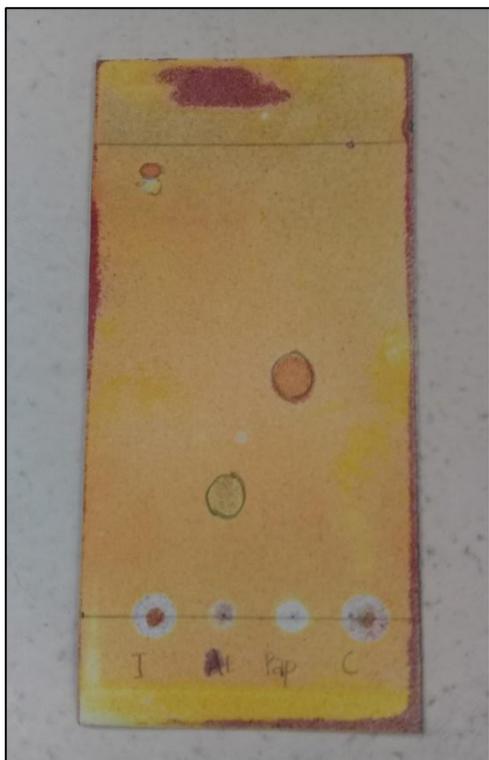
## Anexos



**Anexo 1.** Visita a la finca ligada al Instituto Mesoamericano de Permacultura (IMAP), ubicada en el departamento de Sololá. Las plantas con penachos anaranjados pertenecen a la especie *Amaranthus hypochondriacus*, mientras que las plantas de penachos corinto pertenecen a la especie *Amaranthus cruentus*. Fotografías tomadas por Myrnamaría Galindo.



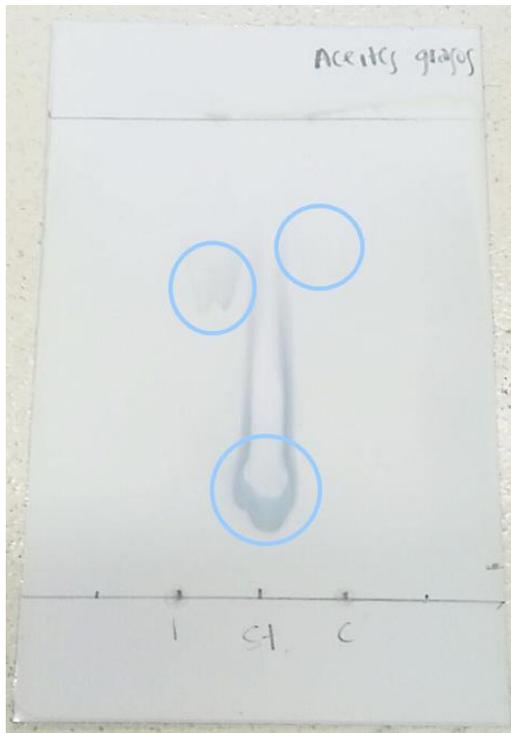
**Anexo 2.** Almacenado de las dos muestras de semillas de amaranto. La bolsa con semillas de color claro pertenece a la finca ligada al IMAP, mientras que la bolsa con semillas de color negro pertenece a la asociación CDRO.



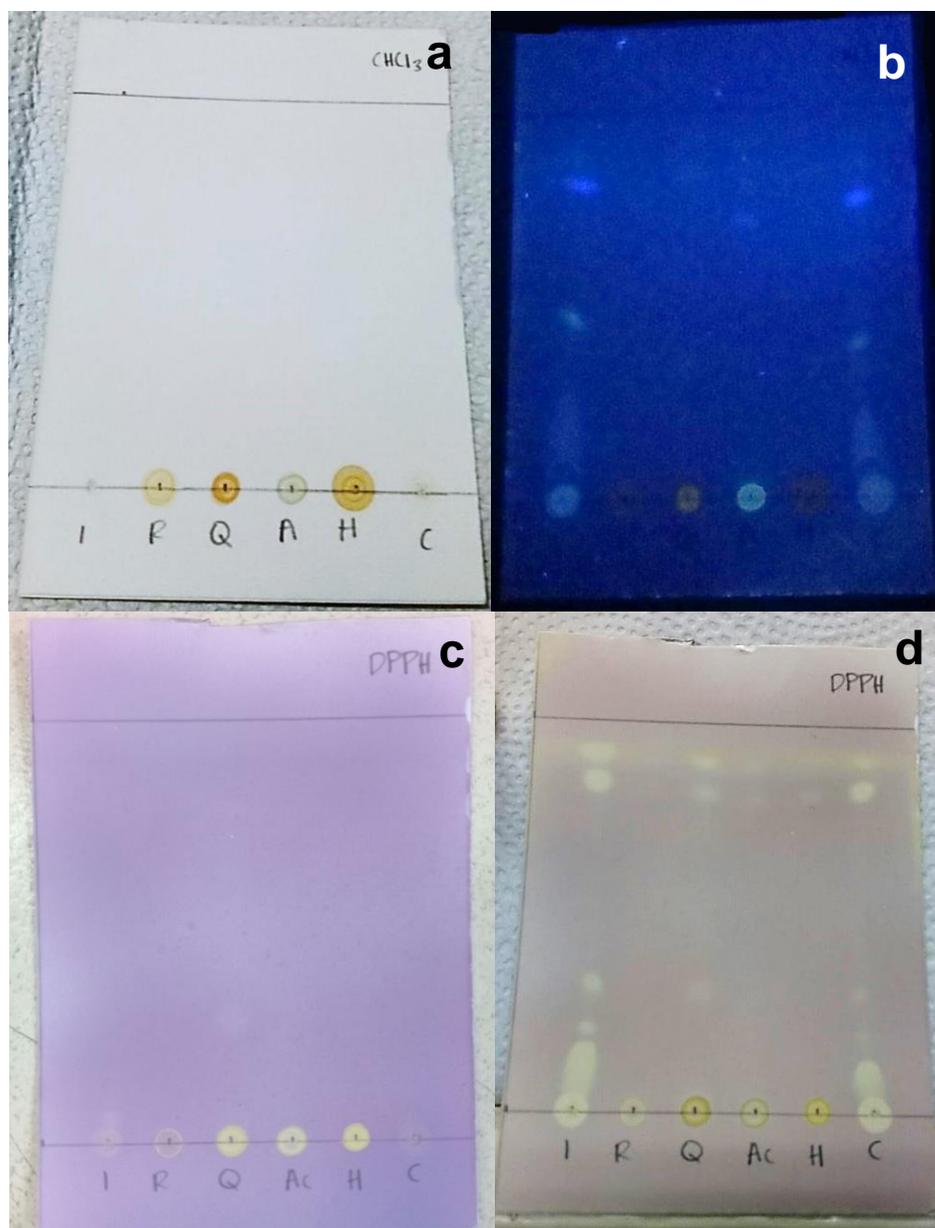
**Anexo 3.** Cromatografía en capa fina para la detección de alcaloides de dos muestras de semillas de amaranto. Los alcaloides se observan como manchas de color contrastante. Se observa que, además de los estándares de atropina y papaverina, la muestra de semillas de IMAP presenta dos manchas. I: muestra de IMAP, At: estándar de atropina, Pap: estándar de papaverina, C: muestra de asociación CDRO.



**Anexo 4.** Cromatografía en capa fina para la detección de carotenoides de dos muestras de semillas de amaranto. Los carotenoides se observan como manchas de color naranja o amarillo. Además de las dos manchas prominentes que corrieron a partir del estándar de mandarina, existe una mancha de color naranja apenas perceptible que surge de la muestra de semillas de la finca ligada a IMAP. I: muestra de IMAP, M: estándar de mandarina,  $\beta$ : estándar de  $\beta$ -caroteno ya caducado, C: muestra de asociación CDRO.



**Anexo 5.** Cromatografía en capa fina para la detección de aceites grasos de dos muestras de semillas de amaranto. Las manchas azules difusas, arriba de las muestras, confirman la presencia de ácidos grasos en las semillas de amaranto. Por efectos de claridad, se encerró las manchas en círculos celestes. I: muestra de IMAP, St: estándar de aceites grasos, C: muestra de asociación CDRO.



**Anexo 6.** Cromatografía en capa fina para la detección de flavonoides de dos muestras de semillas de amaranto. **(a)** Cromatografía corrida con las muestras y los estándares de flavonoides con fase móvil de cloroformo. **(b)** Cromatografía revelada bajo luz ultravioleta. Las manchas fluorescentes son flavonoides de las muestras en cuestión. **(c)** Cromatografía corrida con las muestras y los estándares de flavonoides, recién rociada con solución del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). **(d)** Cromatografía de flavonoides rociada con DPPH, treinta minutos después del rociado. Las manchas blanquecinas son resultado de la actividad antioxidante de los flavonoides que corrieron en la cromatografía. I: muestra de IMAP, R: rutina, Q: quercetina, H: hiperósido, Ac: ácido clorogénico, C: muestra de asociación CDRO.