



UNODC

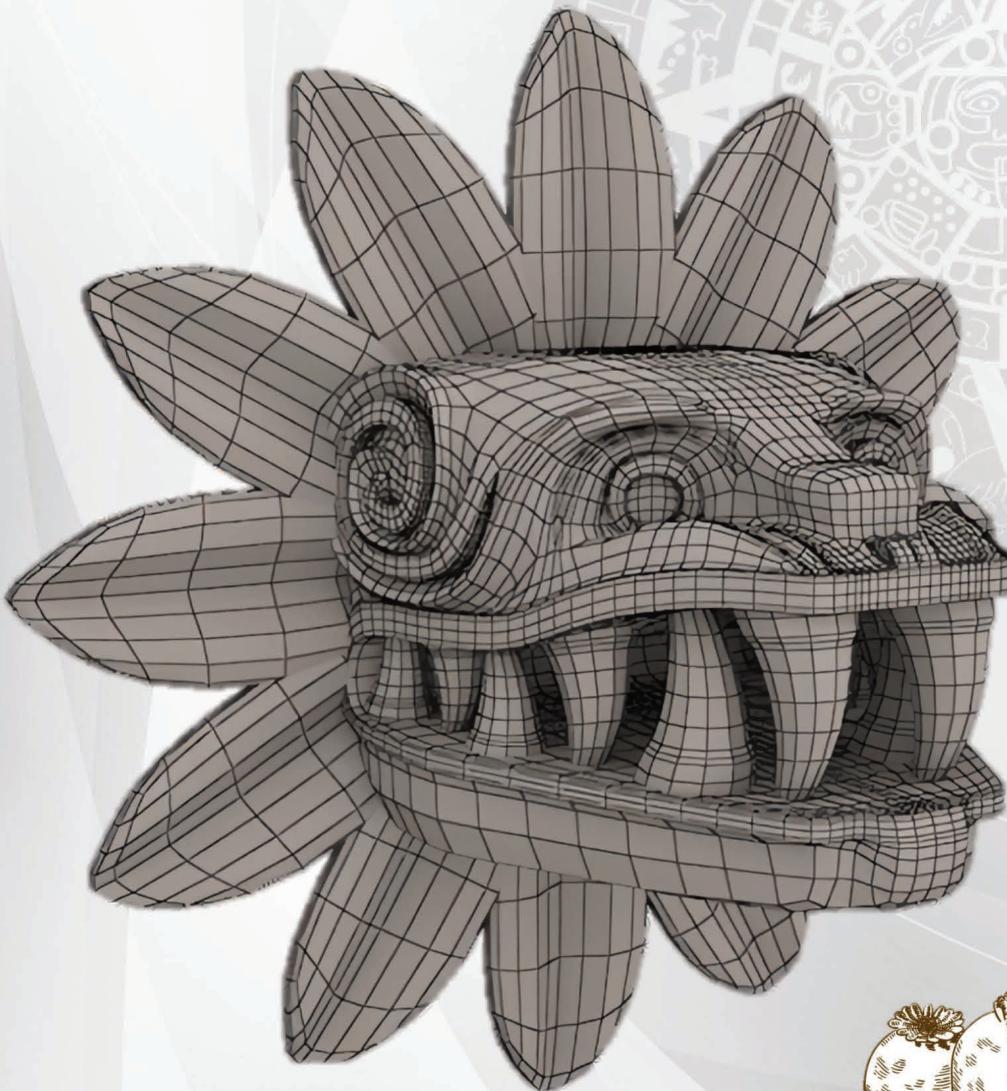
Oficina de las Naciones Unidas
contra la Droga y el Delito



**GOBIERNO DE
MÉXICO**

México

Monitoreo de Plantíos de Amapola
2018 - 2019



Junio 2021

UNODC
Research





PROYECTO MEXK54

Sistema de Monitoreo de Plantíos Ilícitos
en el Territorio Mexicano

*** 2021 ***



MÉXICO

Monitoreo de Plantíos de Amapola 2018-2019

JUNIO 2021



UNODC

Oficina de las Naciones Unidas
contra la Droga y el Delito



**GOBIERNO DE
MÉXICO**

Oficina de Enlace y Partenariado en México de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito

Calle Montes Urales #40
Colonia Lomas de Chapultepec, Alcaldía Miguel Hidalgo,
C.P. 11000, Ciudad de México.
Correo electrónico: unodc-mexicofieldoffice@un.org
Sitio web: <https://www.unodc.org/mexicoandcentralamerica/es/index.html>

Copyright © Naciones Unidas, 2021. Reservados de todos los derechos en el mundo.

La presente publicación puede reproducirse íntegra o parcialmente por cualquier medio para fines educativos o sin ánimo de lucro; no es necesario un permiso especial del titular de los derechos de autor, siempre que se cite expresamente la fuente. La Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) agradecerá que se le envíe copia de toda publicación que utilice como fuente la presente publicación.

Se sugiere hacer la cita como sigue: **UNODC (2021). México, Monitoreo de Plantíos de Amapola 2018-2019 (MEXK54, 2021). México: Autor**

La presente publicación no puede revenderse, ni ser utilizada para ningún otro fin comercial sin la autorización previa por escrito de UNODC. Esta deberá solicitarse de la Subdivisión de Investigación y Análisis de Tendencias de UNODC, indicando claramente el propósito y la intención de la reproducción.

ISBN: 9789214030508

Fotografías: Proyecto MEXK54 (UNODC-LPO México).
Diseño de portada: Ángel Gabriel Alba Nieto (FGR-CMI-CENAPI).
Redacción informe: Iván Alberto Trujillo Roura.

Cuarta edición: Junio 2021.

Impreso en México / Printed in México



AGRADECIMIENTOS

El proyecto de monitoreo de plantíos de amapola en México es financiado por el Gobierno Federal de México a través de sus instituciones involucradas, como la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Marina (SEMAR) y la Fiscalía General de la República (FGR). El proyecto se ve beneficiado por las aportaciones en especie que otorgan las instituciones para su ejecución.

Un especial agradecimiento a los mandos militares y navales de la SEDENA y la SEMAR, quienes proporcionaron apoyo logístico y de seguridad para resguardar al personal técnico y analista que integra el proyecto durante los trabajos de campo realizados entre 2018 y 2019.

Al equipo experto de UNODC, analistas, técnicos y al grupo de seguimiento que realizan un trabajo profesional para alcanzar resultados estadísticos confiables publicados en este cuarto resultado nacional correspondiente al estudio de monitoreo 2018-2019. Por su apoyo y colaboración en las actividades técnicas y logísticas para el monitoreo permanente de la amapola en México.

Al Gobierno Federal de México:

Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)

Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)

Secretaría de Marina - Armada de México (SEMAR)

Fiscalía General de la República - Coordinación de Métodos de Investigación, a través del Centro Nacional de Planeación, Análisis e Información para el Combate a la Delincuencia (FGR-CMI-CENAPI)

Al grupo de seguimiento del proyecto:

Eduardo Jaramillo Navarrete, SRE

Gerardo Isaac Morales Tenorio, SRE

Vicente Javier Mandujano Acevedo, SEDENA

Paulo Francisco Benítez Gómez, SEDENA

Alfredo Hernández Suárez, SEMAR

Felipe de Jesús Gallo Gutiérrez, FGR-CMI

Oscar Aarón Santiago Quintos, FGR-CMI-CENAPI

A UNODC:

Kristian Hölge, Representante (UNODC-México)

Angela Me, Jefa del Área de Investigación y Análisis de Tendencias (Viena)

Anja Korenblik, Jefa de la Unidad de Desarrollo y Gestión de Programas (Viena)

Lorenzo Vita, Oficial de Investigación (Viena)

Iban Ameztoy, Oficial de Investigación (Viena)

Irmgard Zeiler, Experta en Estadística e Investigación (Viena)

Antero Keskinen, Experto en sensores Remotos y SIG (Viena)

Javier Hernández, Titular de los Programas de Drogas y Crimen Organizado (UNODC-México)

Iván Alberto Trujillo Roura, Asistente Técnico, 2011-2020 (UNODC-México)

Alejandro Flores, Asistente de Proyecto (UNODC-México)

A las personas analistas del proyecto:

Ángel Hernández Plata, Analista

Braulio Jesús González Linares, Analista

Edder Iván Acosta Gutiérrez, Analista

Edgar Eduardo Lara Barrera, Analista

José Antonio Domínguez González, Analista

Julio Cesar Uscanga González, Analista

Juan José Navarrete López, Analista

María de los Ángeles Castañeda Cordero, Analista

Miguel Efrén Barrios Gutiérrez, Analista

Manuel Sánchez Ávila, Analista

Marco Antonio Vela Tapia, Perito Químico

Al Director y Peritos Químicos del Laboratorio de Química Forense de FGR:

Por realizar los análisis químicos para determinar el contenido de morfina en las muestras de goma de opio colectadas en trabajos de campo por el proyecto durante 2018 y 2019.

A los consultores expertos internacionales:

Dick J. Brus, experto en Modelos Matemáticos y Estadísticos, Universidad de Wageningen, Países Bajos.

ABREVIATURAS

ANAB	Junta Nacional de Acreditación (por sus siglas en inglés)
AFI	Agencia Federal de Investigación
AIC	Agencia de Investigación Criminal
CMI	Coordinación de Métodos de Investigación
CENAPI	Centro Nacional de Planeación, Análisis e Información para el Combate a la Delincuencia
FGR	Fiscalía General de la República
GC-EM	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas
GC-FID	Cromatografía de gases con detector de ionización de flama
HPLC	Cromatografía líquida de alta resolución
ICMP	Programa Global de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (por sus siglas en inglés)
ICE	Programa de Calidad de Ejercicios de Colaboración Internacional
IG	Instituto de Geografía
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
NIR	Infrarrojo cercano (por sus siglas en inglés)
ISO	Organización Internacional de Normalización (por sus siglas en inglés)
NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (por sus siglas en inglés)
PFM	Policía Federal Ministerial
RGB	Rojo, Verde y Azul (por sus siglas en inglés)
SARS-COV2	Síndrome Respiratorio Agudo Grave (por sus siglas en Inglés)
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SIG	Sistemas de Información Geográfica.
SRE	Secretaría de Relaciones Exteriores
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEMAR	Secretaría de Marina - Armada de México
SSPC	Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNODC	Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (por sus siglas en inglés)
UNODC-LPO	Oficina de Enlace y Partneriado de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito

GLOSARIO

Término	Definición
Adormidera (papaver somniferum)	Amapola real, especie de planta herbácea.
Calicata	Excavación que se hace en el suelo, de medidas y profundidades variables.
Cromatografía de gases	Método de análisis químico que permite la separación de gases de una mezcla.
Derivatización	Técnica utilizada en química que consiste en transformar un compuesto químico en un producto que posee una estructura química similar, llamado derivatizado o derivativo.
Espectro electromagnético	Rango de la energía o radiaciones electromagnéticas que tienen longitudes de onda diferentes a todas las radiaciones electromagnéticas posibles.
Espectrometría de masas	Técnica de análisis químico que permite determinar la distribución de las moléculas de una sustancia en función de su masa.
Fusión	Combinación de dos imágenes en la cual, de una se obtiene la calidad visual (resolución espacial), y de la otra, los diferentes colores (resolución espectral).
Geodatabase	Colección de datos espaciales (vectores o ráster) administrada como base de datos, también conocida como base de datos geográfica.
HR	Alta resolución espacial contenida en las imágenes satelitales.
Multiespectral	Imágenes satelitales representadas en diferentes tonalidades de colores dentro del espectro electromagnético (bandas) de acuerdo con las características del sensor.
Ortorectificación	Proceso digital que permite corregir las distorsiones geométricas de las imágenes satelitales o fotografías aéreas ocasionadas por los desplazamientos e inclinación del sensor sobre el relieve del terreno.
Pancromático	Imágenes satelitales representadas en tonalidades de blanco y negro, conforme a las características del sensor.
Sensores remotos	Instrumentos que sirven para obtener imágenes de la superficie terrestre a distancia, como los satélites artificiales y/o cámaras digitales para tomar fotos aéreas.
UI	Unidad de medida para la cantidad de un tipo de elemento (se utiliza para contabilizar cada uno de los plantíos de amapola destruidos).
VHR	Muy alta resolución espacial contenida en las imágenes satelitales y fotografías aéreas.

TABLA DE CONTENIDO

EXECUTIVE SUMMARY	VII
FACT SHEET	VIII
ERADICATION AND SEIZURES	IX
KEY FINDINGS	X
INTRODUCTION	XII
IMPACT OF COVID-19 ON POPPY MONITORING	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XIV
RESUMEN DE RESULTADOS DEL MONITOREO	XVI
RESUMEN DE DESTRUCCIÓN Y ASEGURAMIENTOS	XVII
RESULTADOS CLAVE	XVIII
INTRODUCCIÓN	XX
IMPACTO DEL COVID-19 EN EL MONITOREO DE AMAPOLA	XXI
1. ORGANIZACIÓN Y GRUPOS DE TRABAJO DEL PROYECTO	1
2. RESULTADOS DE ESTIMACIÓN DE SUPERFICIE SEMBRADA CON AMAPOLA PARA EL PERIODO DE MONITOREO 2018-2019	2
<i>Tabla 1. Superficie estimada con plantíos de amapola (ha) nacional</i>	2
<i>Tabla 2. Superficie estimada con plantíos de amapola (ha) para cada cuatrimestre</i>	2
<i>Mapa 1. Área total con plantíos de amapola interpretada en cada segmento en el monitoreo de 2018-2019</i>	3
2.1 Análisis de tendencias para la superficie sembrada con amapola entre los estudios de monitoreo 2015-2016 hasta 2018-2019	4
<i>Gráfica 2. Variación entre los estudios 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019</i>	4
<i>Gráfica 3. Número de plantíos de amapola interpretados en los estudios 2017-2018 y 2018-2019</i>	5
<i>Gráfica 4. Tamaño promedio de plantíos de amapola interpretados para los estudios 2017-2018 y 2018-2019</i>	5
2.2 Metodología aplicada para el monitoreo de amapola en 2018-2019	6
<i>Figura 2. Etapas generales de la metodología del proyecto</i>	7
<i>Mapa 2. Ubicación de la muestra compuesta por 300 segmentos para la colecta de imágenes satelitales y fotografías aéreas del estudio de monitoreo 2018-2019</i>	8
<i>Mapa 3. Marco de muestreo estratificado por probabilidades/riesgo, utilizado para la selección de la muestra del estudio 2018-2019</i>	9
<i>Mapa 4. Área nacional de riesgo y probabilidades para la siembra de plantíos de amapola</i>	10
2.3 Imágenes utilizadas para el monitoreo de amapola en 2018-2019	11
<i>Tabla 3. Periodos de colecta para imágenes satelitales y fotografía aérea en 2018-2019</i>	11
<i>Tabla 4. Cantidad de imágenes por tipo de sensor utilizadas en cada periodo cuatrimestral</i>	12
<i>Gráfica 5. Cantidad de imágenes y fotos aéreas por tipo de fuente utilizadas en 2018-2019</i>	12
<i>Gráfica 6. Cantidad de imágenes disponibles por segmento para el estudio 2018-2019</i>	13
<i>Gráfica 7. Porcentaje del tipo de análisis por resolución para el periodo 2018-2019</i>	13
2.4 Área de cobertura de las imágenes utilizadas para el monitoreo de amapola en 2018-2019	14
<i>Tabla 5. Resumen de la muestra colectada y analizada para el estudio 2018-2019</i>	14
<i>Tabla 6. Número de segmentos con porcentaje de cobertura para 2018-2019</i>	15
<i>Tabla 7. Cobertura total obtenida entre imágenes satelitales y fotografías aéreas</i>	15
<i>Mapa 5. Distribución de los 300 segmentos de la muestra con su porcentaje de cubrimiento promediado con los tres periodos cuatrimestrales para 2018-2019</i>	16

2.5	Fórmulas para la estimación de área sembrada con amapola para el monitoreo en 2018-2019	17
2.5.1	Varianza y covarianza para calcular los intervalos de confianza en 2018-2019	17
2.6	Factor de corrección por tipo de resolución aplicado a la estimación de área sembrada con amapola en 2018-2019	19
	<i>Tabla 8. Resultado de los coeficientes utilizados para el factor de ajuste 2018-2019</i>	19
	<i>Gráfica 8. Regresión lineal (intercepto forzado a ser 0) entre hectáreas totales y hectáreas en imágenes para 2018-2019</i>	19
	<i>Mapa 6. Cantidad de segmentos de la muestra (100 km²) con fotografías aéreas colectadas en los trabajos de campo para el estudio de monitoreo 2018-2019</i>	20
3.	RESULTADOS DE ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA GOMA DE OPIO PARA EL PERIODO DE MONITOREO 2017-2018	21
	<i>Tabla 9. Estimación de rendimiento de goma de opio (kg/ha) 2018-2019</i>	21
3.1	Producción potencial de goma de opio seco	21
	<i>Tabla 10. Estimación de producción potencial de goma seca (tm) 2018-2019</i>	21
3.2	Metodología de trabajos de campo para registrar las mediciones de plantíos de amapola	22
	<i>Tabla 11. Total de plantíos de amapola visitados en la Región Norte y Sur</i>	22
	<i>Mapa 7. Ubicación de los plantíos de amapola medidos para obtener su rendimiento de goma de opio en 2018-2019</i>	23
3.3	Metodología para determinar el rendimiento de la goma de opio en México	24
	<i>Figura 3. Ficha técnica (datos generales) para plantíos de amapola medidos en el terreno</i>	25
	<i>Figura 4. Ficha técnica (datos parcela 1) para plantíos de amapola medidos en el terreno</i>	26
	<i>Figura 5. Ficha técnica (datos parcela 2) para plantíos de amapola medidos en el terreno</i>	27
	<i>Figura 6. Ficha técnica (datos parcela 3) para plantíos de amapola medidos en el terreno</i>	28
3.4	Caracterización de los plantíos de amapola en México	29
	<i>Foto 1. Técnicas de siembra para la amapola en México</i>	29
	<i>Foto 2. Control para el desarrollo óptimo de los plantíos de amapola</i>	30
	<i>Foto 3. Tipos de almacenamiento de agua para el riego de la amapola</i>	31
	<i>Foto 4. Tipo de pétalos y colores de flores de amapola.</i>	32
4.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE LA GOMA DE OPIO PARA EL PERIODO DE MONITOREO 2018-2019	33
	<i>Tabla 12. Contenido de morfina (%) en la goma de opio 2018-2019</i>	33
	<i>Mapa 8. Ubicación de los plantíos de amapola que fueron visitados para obtener una muestra de látex de goma de opio para el contenido de morfina en 2018-2019</i>	34
4.1	Metodología en trabajos de campo para coleccionar la muestra de látex de goma de opio	35
	<i>Tabla 13. Total de plantíos de amapola muestreados en la Región Norte y Sur</i>	35
	<i>Foto 5. Muestreo de látex de goma de opio</i>	36
4.2	Metodología y resultados por campaña para determinar los sólidos y el contenido de morfina en las muestras de látex en goma de opio	36
	<i>Tabla 14. Porcentajes de sólidos en el látex (goma de opio) por campaña durante 2018-2019</i>	36
	<i>Tabla 15. Porcentajes de contenido de morfina en las campañas de 2018-2019</i>	37
	<i>Gráfica 9. Frecuencias del contenido de morfina para el estudio de monitoreo 2018-2019</i>	37
5.	RESULTADOS DEL ESFUERZO NACIONAL EN ACTIVIDADES DE DESTRUCCIÓN Y ASEGURAMIENTOS DE AMAPOLA	38
5.1	Resultados del Esfuerzo Nacional	38
	<i>Gráfica 10. Hectáreas destruidas de amapola 2014-2019</i>	39
	<i>Gráfica 11. Hectáreas destruidas mensualmente de amapola de 2014-2019</i>	39

<i>Gráfica 12. Hectáreas destruidas de amapola por entidad federativa de 2014-2019</i>	40
<i>Mapa 9. Hectáreas destruidas de amapola por municipio en 2019</i>	40
<i>Gráfica 13. Hectáreas destruidas y eventos de destrucción de plantíos de amapola 2014-2019</i>	41
<i>Gráfica 14. Aseguramiento de goma de opio de 2014-2019</i>	41
<i>Mapa 10. Aseguramiento por municipio de goma de opio en 2019</i>	42
<i>Gráfica 15. Aseguramiento de heroína en 2014-2019</i>	42
<i>Mapa 11. Aseguramiento de heroína por municipio en 2019</i>	43
ANEXO I: Diagrama metodológico del proyecto de monitoreo en México	45
ANEXO II: Características de los sensores pasivos-ópticos utilizados para el monitoreo en 2018-2019	46
ANEXO III: Breve descripción de los softwares utilizados por el proyecto	47
ANEXO IV: Flujo de trabajo sistemático de triple revisión	48
ANEXO V: Árbol de decisiones para la interpretación temática de plantíos de amapola	49
ANEXO VI: Criterios geométricos para delimitar el área de los plantíos de amapola del 1 al 5	50
ANEXO VII: Criterios geométricos para delimitar el área de los plantíos de amapola del 6 al 10	51
ANEXO VIII: Descripción del sensor satelital de tipo pasivo-óptico	52
ANEXO IX: Formulario 1 para las características físicas por cada plantío de amapola	53
ANEXO X: Formulario 2 para la medición de parcelas y bulbos por cada plantío de amapola	54
ANEXO XI: Guía para realizar las mediciones en el terreno a plantíos de amapola	55
ANEXO XII: Guía para el muestreo de látex en el terreno a plantíos de amapola	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Superficie estimada con plantíos de amapola (ha) nacional.</i>	2
<i>Tabla 2. Superficie estimada con plantíos de amapola (ha) para cada cuatrimestre.</i>	2
<i>Tabla 3. Periodos de colecta para imágenes satelitales y fotografía aérea en 2018-2019.</i>	11
<i>Tabla 4. Cantidad de imágenes por tipo de sensor utilizadas en cada periodo cuatrimestral.</i>	12
<i>Tabla 5. Resumen de la muestra colectada y analizada para el estudio 2018-2019.</i>	14
<i>Tabla 6. Número de segmentos con porcentaje de cobertura para 2018-2019.</i>	15
<i>Tabla 7. Cobertura total obtenida entre imágenes satelitales y fotografías aéreas</i>	15
<i>Tabla 8. Resultado de los coeficientes utilizados para el factor de ajuste 2018-2019.</i>	19
<i>Tabla 9. Estimación de rendimiento de goma de opio (kg/ha) 2018-2019.</i>	21
<i>Tabla 10. Estimación de producción potencial de goma seca (tm) 2018-2019.</i>	21
<i>Tabla 11. Total de plantíos de amapola visitados en la Región Norte y Sur.</i>	22
<i>Tabla 12. Contenido de morfina (%) en la goma de opio 2018-2019.</i>	33
<i>Tabla 13. Total de plantíos de amapola muestreados en la Región Norte y Sur.</i>	35
<i>Tabla 14. Porcentajes de sólidos en látex (goma de opio) por campaña durante 2018-2019.</i>	36
<i>Tabla 15. Porcentajes de contenido de morfina en las campañas de 2018-2019.</i>	37

ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1. Superficies estimadas de cultivo de amapola para los estudios 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019.</i>	XVIII
<i>Gráfica 2. Variación entre los estudios 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019.</i>	4
<i>Gráfica 3. Número de plantíos de amapola interpretados en estudios 2017-2018 y 2018-2019.</i>	5
<i>Gráfica 4. Tamaño promedio de plantíos de amapola interpretados para los estudios 2017-2018 y 2018-2019.</i>	5
<i>Gráfica 5. Cantidad de imágenes y fotos aéreas por tipo de fuente utilizadas en 2018-2019.</i>	12

Gráfica 6. Cantidad de imágenes disponibles por segmento para el estudio 2018-2019.	13
Gráfica 7. Porcentaje del tipo de análisis por resolución para el periodo 2018-2019.	13
Gráfica 8. Regresión lineal (intercepto forzado a ser 0) entre hectáreas totales y hectáreas en imágenes para 2018-2019.	19
Gráfica 9. Frecuencias del contenido de morfina para el estudio de monitoreo 2018-2019.	37
Gráfica 10. Hectáreas destruidas de amapola 2014-2019.	39
Gráfica 11. Hectáreas destruidas mensualmente de amapola de 2014-2019.	39
Gráfica 12. Hectáreas destruidas de amapola por entidad federativa de 2014-2019.	40
Gráfica 13. Hectáreas destruidas y eventos de destrucción de plantíos amapola 2014-2019.	41
Gráfica 14. Aseguramiento de goma de opio de 2014-2019.	41
Gráfica 15. Aseguramiento de heroína en 2014-2019.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Grupos de trabajo del proyecto de monitoreo.	1
Figura 2. Etapas generales de la metodología del proyecto.	7
Figura 3. Ficha técnica (datos generales) para plantíos de amapola medidos en el terreno.	25
Figura 4. Ficha técnica (datos parcela 1) para plantíos de amapola medidos en el terreno.	26
Figura 5. Ficha técnica (datos parcela 2) para plantíos de amapola medidos en el terreno.	27
Figura 6. Ficha técnica (datos parcela 3) para plantíos de amapola medidos en el terreno.	28

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Técnicas de siembra para la amapola en México.	29
Foto 2. Control para el desarrollo óptimo de los plantíos de amapola.	30
Foto 3. Tipos de almacenamiento de agua para el riego de la amapola	31
Foto 4. Tipo de pétalos y colores de flores de amapola.	32
Foto 5. Muestreo de látex de goma de opio	36

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Área total con plantíos de amapola interpretada en cada segmento en el monitoreo de 2018-2019.	3
Mapa 2. Ubicación de la muestra compuesta por 300 segmentos para la colecta de imágenes satelitales y fotografías aéreas del estudio de monitoreo 2018-2019.	8
Mapa 3. Marco de muestreo estratificado por probabilidades/riesgo utilizado para la selección de la muestra del estudio 2018-2019.	9
Mapa 4. Área nacional de riesgo y probabilidades para la siembra de plantíos de amapola.	10
Mapa 5. Distribución de los 300 segmentos de la muestra con su porcentaje de cubrimiento promediado con los tres periodos cuatrimestrales para 2018-2019.	16
Mapa 6. Cantidad de segmentos de la muestra (100 km ²) con fotografías aéreas colectadas en los trabajos de campo para el estudio de monitoreo 2018-2019.	20
Mapa 7. Ubicación de los plantíos de amapola medidos para obtener su rendimiento de goma de opio en 2018-2019.	23
Mapa 8. Ubicación de los plantíos de amapola que fueron visitados para obtener una muestra de látex de goma de opio para el contenido de morfina en 2018-2019.	34
Mapa 9. Hectáreas destruidas de amapola por municipio en 2019.	40
Mapa 10. Aseguramiento por municipio de goma de opio en 2019.	42
Mapa 11. Aseguramiento de heroína por municipio en 2019.	43

EXECUTIVE SUMMARY

This report presents the results of the fourth opium poppy cultivation survey conducted jointly by the government of Mexico and UNODC. It includes estimates of the area under poppy cultivation, opium yield, potential production of dry opium gum, and the morphine concentration in opium gum for 2018-2019. In addition, it includes information reported by the Mexican Government on eradication of poppy fields, destruction of clandestine laboratories used for heroin production and seizures of opium gum products.

The main areas of opium poppy cultivation are located in the states of Oaxaca, Guerrero and Nayarit and in the Golden Triangle (Sinaloa, Chihuahua and Durango). Since the first monitoring study conducted in 2014-2015, opium poppy cultivation has increasingly concentrated in the afore mentioned states. For the most part, opium poppy cultivation takes place in remote and difficult to access areas.

For the 2018-2019 study, the opium poppy cultivation estimates were obtained through analysis and identification of opium poppy crops using satellite images and verified with aerial photography collected during overflights. The 2018-2019 survey used the same methodology as in 2017-2018, thus ensuring statistically comparable estimates.

The results for the estimation of opium gum yield and morphine content were obtained through measurements and data collected during five fieldwork campaigns between October 2018 and April 2019.

Since this survey was conducted between the first of July 2018 and 30 June 2019, the COVID-19 pandemic and its related measures had no impact on opium poppy cultivation and production. Also, the team's work plan, office activities and field work were not affected, as the first COVID-19 cases in Mexico were recorded in late February 2020.

FACT SHEET

	2017-2018	2018-2019 ¹	Change (%)	Trend
Area under poppy cultivation (ha) ²				
National	28,000 (21,200 to 34,800)	21,500 (15,500 to 27,500)	-23%	Decrease
Yield, opium gum (kg/ha)				
National	16.1 (10.8 to 21.3)	20.5 (16.2 to 24.8)	27%	Increase
North region (Sinaloa and Chihuahua)	18.5 (14.6 to 22.5)	22.2 (19.3 to 25.1)	20%	
South region (Guerrero)	13.3 (11 to 15.7)	18.9 (15.3 to 22.6)	42%	
Potential dry opium gum production (mt) ³				
National	450 (267 to 633)	440 (286 to 595)	-2%	Stable
Morphine concentration in opium gum (%) ⁴				
National	16.2 (± 0.24%)	17.6 (± 0.24%)	1.4%	Stable
North region (Sinaloa and Chihuahua)	15.5 (± 0.24%)	18.2 (± 0.24%)	2.7%	
South region (Guerrero)	16.9 (± 0.24%)	17.0 (± 0.24%)	0.1%	

Source: UNODC and Government of Mexico (Area, Yield and Production estimates), Government of Mexico through their Federal Prosecutor's Office's Forensic Chemistry Laboratory (Morphine concentration).

Morphine content variations are given in percentage points. The results between the compared periods (2017-2018 and 2018-2019) are stable and within the percentage range from 3.1% to 19.2% published by UNODC in 1998 in "Recommended Methods for Testing Opium, Morphine and Heroin".

The values in parentheses for the results of opium poppy area estimation, yield and potential opium gum production indicate the interval with 95% confidence level (interval between the minimum and maximum value of the statistical method used).

¹ The monitoring period covers July 1 through June 30 of the subsequent year. Numbers in the table are rounded. Percentages changes are calculated with exact estimates

² Cultivation estimates are rounded to the nearest hundred. Estimates may include areas that were eradicated after the acquisition date of the satellite images.

³ National production of dry opium gum is a multiplication of national cultivation and yield estimates.

⁴ Values in parentheses for morphine content results (±) indicate the expanded uncertainty of the chemical analysis (interval around the result of a measurement). The change is given in percentage points.

ERADICATION AND SEIZURES⁵

	2018	2019	Change (%)
Eradication poppy reported by the Government ⁶			
Area eradicated (ha)	23,625	11,844	-50%
Number of poppy fields	199,791	80,593	-60%
Seizures of poppy products reported by the Government ⁶			
Opium gum (kg)	346	358	3%
Poppy seeds (kg)	599	201	-66%
Seizures of opium gum products reported by the Government ⁶			
Morphine (l)	141	440	212%
Liquid heroin (l)	37	0.02	-99.94%
Heroin (kg)	496	374	-25%
Destruction of illicit laboratories reported by the Government ⁶			
Number of laboratories	9	3	-67%
Laboratories of synthetic drugs, methamphetamine	52	42	-19%

Source: Government of Mexico.

⁵Numbers in the table are rounded. Differently from the survey activities, the reporting period for eradication, seizures and laboratory destruction corresponds to the calendar year. The variance is assigned in percentage points

⁶Results of the Government of Mexico eradication efforts, reported by FGR, through CMI and its CENAPI. The results are not verified by UNODC.

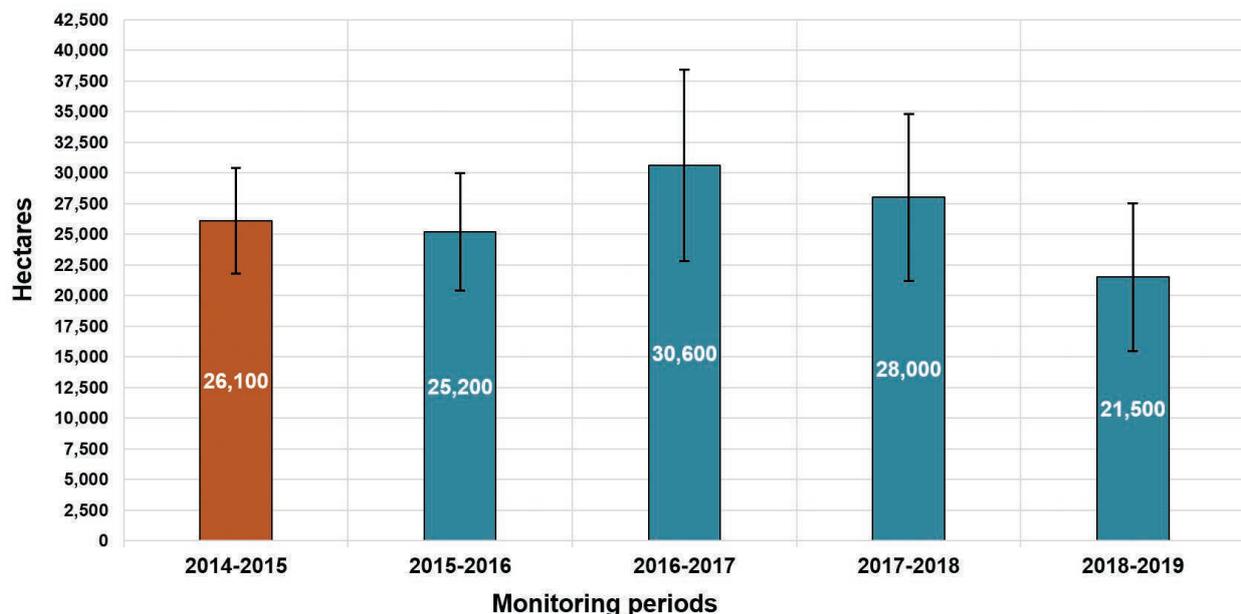
KEY FINDINGS

Area under opium poppy cultivation in 2018-2019

The total area under opium poppy cultivation Mexico between July 2018 and June 2019 was estimated at 21,500⁷ hectares (15,500 - 27,500 ha)⁸. This was a -23% decrease compared to the previous period 2017-2018, when opium poppy cultivation was estimated at 28,000 hectares (graph 1).

Opium poppy cultivation was mainly concentrated in the mountainous region of the Sierra Madre Occidental in the zone known as the “Golden Triangle” where the states of Sinaloa, Chihuahua and Durango converge. Large concentrations were also found in the north of Nayarit and in the states of Guerrero and Oaxaca along the mountainous region of the *Sierra Madre del Sur*.

Graph: Estimated area under opium poppy cultivation for the periods 2014-2015,⁹ 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 and 2018-2019.



Source: UNODC/Government of Mexico.

Yield of opium gum in 2018–2019

In 2018-2019, the national average yield of opium gum was estimated at 20.5 kilograms per hectare. Yields in the northern region (Sinaloa and Chihuahua) and southern region (Guerrero) were estimated at 22.2 and 18.9 kilograms per hectare, respectively.

Potential production of dry opium gum in 2018–2019

Potential national production of dry opium gum in 2018-2019 was estimated at 440 tons (mt) and remained stable when compared to the previous period, since the difference was only 10 metric tons or a -2% decrease compared to the 450 metric tons estimated for the period 2017-2018.

⁷The estimate may include areas that were eradicated after the acquisition date of the satellite images. Figures are rounded to the nearest hundred. Percentage changes were calculated with the exact figures.

⁸Corresponds to a 95% confidence interval. The range does not include non-sampling errors, e.g. the errors that can be made during the interpretation of satellite images and aerial photos.

⁹The results of the 2014-2015 study are not comparable with the subsequent years, due to the updates implemented in the methodology from the 2015-2016 study onwards.

Chemical analysis of the opium gum in 2018–2019¹⁰

The morphine content of opium gum was determined for a total of 157 poppy fields. The national concentration of morphine in opium gum for the reporting period was 17.6%, showing a slight increase of 1.4 percentage points¹⁰ compared to the 16.2% in 2017-2018. The results of this analysis for the northern region (Sinaloa and Chihuahua) and the southern region (Guerrero) were 18.2% and 17.0%, respectively.

Eradications and seizures in 2019

The Mexican government¹¹ reported that the nationwide eradication for 2019 was 11,844 hectares of poppy¹², reflecting a -50% reduction in hectares eradicated compared to 2018. The destruction of clandestine laboratories to produce heroin decreased by -67% and those used to produce methamphetamines by -19%.

The amounts of opium gum seized increased by 3%, morphine by 212% and amounts of seized opium seeds seized decreased by -66%. Finally, seizures of heroin in liquid form decreased considerably by -99.94% and in solid form by -25% for the year 2019.

Analysis of the results

Many elements influence farmers decisions regarding opium poppy cultivation and it is not clear which factors contributed to the 23% decrease in poppy cultivation between 2017-2018 and 2018-2019. More data collection and research is needed on the role of opium prices and drug market developments such as the expansion of the market for synthetic drugs, particularly fentanyl, which is an extremely potent and highly profitable synthetic opiate.

For the second time, the project estimated opium gum yield on a dry basis, using data from five field campaigns, where measurements were collected in 157 poppy fields. During these field visits, it was observed that farmers use fertilizers, herbicides and pesticides, indicating an improvement in growing, harvesting and management techniques that allow them to obtain a higher yield of opium gum per hectare cultivated. The project will continue to monitor this development to establish if this trend will continue.

The reduction in the area of opium poppy eradicated, as well as a 60% reduction in the reported number of plants eradicated, may be due to a reduced number of operational personnel available for poppy eradication activities, since the Army, the entity responsible for eradication, contributed a large number of operational personnel to the National Guard to ensure public security.

¹⁰ Morphine content changes are given in percentage points. The results between the compared periods (2017-2018 and 2018-2019) are stable and within the international percentage range from 3.1% to 19.2% published by UNODC in 1998 in "Recommended Methods for Testing Opium, Morphine and Heroin".

¹¹ The yield study used the methodology of the "Guidelines for measuring the yield of opium poppy and coca leaf in short field visits", published by UNODC in 2001. See more details in Chapter 3.1

INTRODUCTION

Mexico has concluded its fourth technical report of the MEXK54 project "Monitoring System of Illicit Crops in the Mexican Territory", reaffirming the Mexican Government and UNODC's commitment with the generation of reliable and transparent statistics supported by scientific evidence, to address the problem of drugs derived mainly from opiates.

The 2018-2019 results of the MEXK54 project will be reflected in the next UNODC World Drug Report 2021, which publishes annual statistics of the main coca leaf (Colombia, Peru and Bolivia) and opium gum (Afghanistan, Myanmar and Mexico) producing countries in accordance with the framework of the UNODC Illicit Crop Monitoring Programme (ICMP).

The objective of the Mexican government is to use the statistics generated by the MEXK54 project to gain a more precise understanding of the phenomenon of poppy cultivation in its territory, sharing the information with other governmental actors in charge of designing public policies to help reduce illicit poppy cultivation in the affected communities, as well as identifying the feasibility and relevance of alternative development programs that support the local economy of communities, while reducing illicit drug supply.

This report also demonstrates a commitment to providing reliable information on opium gum yield and production in accordance with international standards and based on a scientifically proven and globally accepted method. To ensure high quality of data, the project is continually improving the data collection protocol based on satellite images, aerial photographs and historical records of eradication, as well as updating yield estimates annually in order to develop a mathematical model which is specific for opium poppy cultivation in the country.

The continuation of the processes and results achieved to date by the poppy crop monitoring project in Mexico has been possible thanks to the support provided by the Mexican Government and the permanent technical assistance of UNODC. Currently, the project is working on the results of the 2019-2020 monitoring survey that will be published in the first half of 2022, including the estimation of area cultivated with poppy, yield estimates and potential opium gum production and morphine concentration analyses. These results will maintain comparability with the 2017-2018 and 2018-2019 studies.

IMPACT OF COVID-19 ON POPPY MONITORING



Impact on the results of the 2018-2019 monitoring study.

This fourth report includes poppy cultivation and production results for the period between July 1, 2018 and June 30, 2019. The COVID-19 pandemic had no impact on the poppy cultivated within the period of the study, as the first cases in Mexico were recorded in late February 2020.



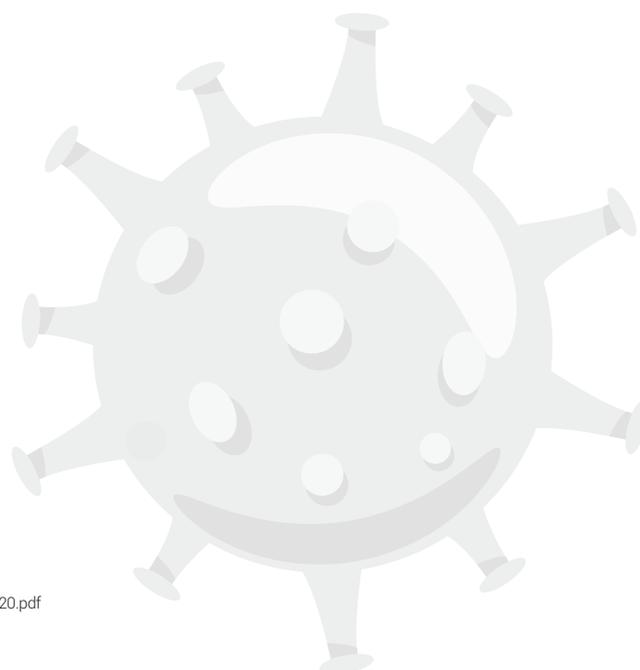
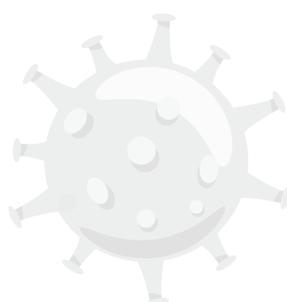
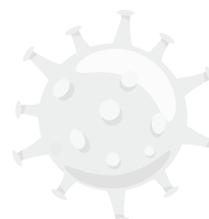
Impact on the 2018-2019 monitoring activities.

During this monitoring period, the team's work plan, office activities and field work were not affected. For all activities pertaining to the 2019-2020 study carried out during the pandemic, the Government of Mexico through its participating institutions (SEDENA, SEMAR and FGR-CENAPI) adopted all necessary measures to reduce infections among the project's group of analysts. Such measures included: reduced office hours, remote working and meeting arrangements, virtual training and strict sanitary measures for analysts participating in field work activities according to the 2019 and 2020 work plans.



Impact on next monitoring studies.

It is possible that the COVID-19 pandemic has affected the poppy cultivation and production analyzed for the 2019-2020 monitoring study. In due course, it will be determined if there are related factors in the production areas for the cultivation of the plant and if this affects the 2019-2020 results. The report will consider preliminary information on the impact of COVID-19 for various countries of the world compiled by UNODC in its research brief titled: ***"COVID-19 and the drug supply chain: from production and trafficking to use"***.¹²



¹²https://www.unodc.org/documents/islamicrepublicofiran//2020/05/Covid-19-and-drug-supply-chain-May_2020.pdf

RESUMEN EJECUTIVO

UNODC y el Gobierno de México presentan su cuarto informe sobre el monitoreo de plantíos de amapola. El informe contiene, la estimación de superficie sembrada con amapola, el rendimiento de opio, la producción potencial de goma de opio seco y la concentración de morfina en la goma de opio correspondiente al período de monitoreo 2018-2019. Asimismo, incluye información reportada por el Gobierno mexicano sobre la destrucción de plantíos de amapola y de laboratorios clandestinos utilizados para la producción de heroína, así como información sobre aseguramientos de productos derivados de la goma de opio.

Las principales áreas de siembra del cultivo de amapola se localizan en los estados de Oaxaca, Guerrero, Nayarit y en el Triángulo Dorado (Sinaloa, Chihuahua y Durango); la siembra en los estados citados se ha observado desde el primer estudio de monitoreo realizado en 2014-2015. En su mayoría, los plantíos de amapola se ubican en zonas remotas y de difícil acceso.

Para el estudio 2018-2019, los resultados de área sembrada con amapola se obtuvieron mediante el análisis e identificación de los plantíos de amapola con imágenes de satélite y verificados con fotografía aérea colectada por sobrevuelos. El estudio 2018-2019 fue realizado bajo la misma metodología utilizada en 2017-2018, lo cual garantiza que ambos resultados son estadísticamente comparables.

Con respecto a los resultados de estimación de rendimiento de goma de opio y contenido de morfina, éstos se obtuvieron mediante mediciones y colecta de datos durante cinco campañas de trabajo de campo entre octubre 2018 y abril 2019.

Debido a que este estudio se realizó entre el primero de julio de 2018 y el 30 de junio de 2019, la pandemia de COVID-19 y las medidas relacionadas a la misma, no tuvieron ningún impacto en el cultivo y la producción de amapola. Bajo el mismo tenor, el plan de trabajo, las actividades de oficina y los trabajos de campo no se vieron afectados, ya que los primeros casos en México se registraron a fines de febrero de 2020.

RESUMEN DE RESULTADOS DEL MONITOREO

	2017-2018	2018-2019 ¹³	Variación (%)	Tendencia
Estimación de superficie sembrada con amapola (ha) ¹⁴				
Nacional	28,000 (21,200 a 34,800)	21,500 (15,500 a 27,500)	-23%	Decremento
Estimación de rendimiento de goma de opio (kg/ha)				
Nacional	16.1 (10.8 a 21.3)	20.5 (16.2 a 24.8)	27%	Incremento
Región Norte (Sinaloa y Chihuahua)	18.5 (14.6 a 22.5)	22.2 (19.3 a 25.1)	20%	
Región Sur (Guerrero)	13.3 (11 a 15.7)	18.9 (15.3 a 22.6)	42%	
Estimación de producción potencial de goma de opio seco (tm) ¹⁵				
Nacional	450 (267 a 633)	440 (286 a 595)	-2%	Estable
Contenido de morfina en la goma de opio (%) ¹⁶				
Nacional	16.2 (± 0.24%)	17.6 (± 0.24%)	1.4%	Estable
Región Norte (Sinaloa y Chihuahua)	15.5 (± 0.24%)	18.2 (± 0.24%)	2.7%	
Región Sur (Guerrero)	16.9 (± 0.24%)	17.0 (± 0.24%)	0.1%	

Fuente: UNODC y Gobierno de México (estimación de superficie con amapola, rendimiento y producción potencial de goma de opio), Gobierno de México a través de su Laboratorio de Química Forense de la Fiscalía General de la República (contenido de morfina).

Las variaciones del **contenido de morfina** están dadas en puntos porcentuales. Los resultados entre los periodos comparados (2017-2018 y 2018-2019) son estables y se encuentran dentro del intervalo porcentual que va del 3.1% hasta el 19.2% publicado por UNODC en 1998 en "Recommended Methods for Testing Opium, Morphine and Heroin".

Los valores entre paréntesis de los resultados de **estimación de superficie con amapola, rendimiento y producción potencial de goma de opio** indican el intervalo con nivel de confianza del 95% (intervalo entre el valor mínimo y máximo del método estadístico utilizado).

¹³ El periodo de monitoreo abarca desde el 1° de julio hasta el 30 de junio del año subsecuente. Los resultados numéricos de la tabla están redondeados. Los porcentajes de variación se calculan con estimaciones exactas.

¹⁴ Los resultados de estimación de superficie sembrada están redondeados a la centena más cercana. Las estimaciones pueden incluir zonas que fueron erradicadas después de la fecha de adquisición de las imágenes satelitales.

¹⁵ La producción nacional de la goma de opio seca es el producto de la multiplicación de las estimaciones de la superficie sembrada y el rendimiento a nivel nacional.

¹⁶ Los valores entre los paréntesis de los resultados del contenido de morfina (±) indican la incertidumbre expandida del análisis químico (intervalo alrededor del resultado de una medición). Las variaciones del contenido de morfina están dadas en puntos porcentuales.

RESUMEN DE DESTRUCCIÓN Y ASEGURAMIENTOS¹⁷

	2018	2019	Variación (%)
Destrucción nacional de plantíos de amapola por tipo ¹⁸			
Destrucción en hectáreas (ha)	23,625	11,844	-50%
Cantidad de plantíos (UI)	199,791	80,593	-60%
Aseguramientos e incautación nacional de productos derivados de la amapola ²⁰			
Goma de opio (kg)	346	358	3%
Semillas de opio (kg)	599	201	-66%
Aseguramientos e incautación nacional de productos derivados de la goma de opio ²⁰			
Morfina (l)	141	440	212%
Heroína Líquida (l)	37	0.02	-99.94%
Heroína (kg)	496	374	-25%
Destrucción nacional de laboratorios clandestinos ²⁰			
Laboratorios de heroína (UI)	9	3	-67%
Laboratorios de drogas sintéticas, metanfetamina (UI)	52	42	-19%

Fuente: Gobierno de México.

¹⁷ Los resultados en la tabla están redondeados al entero próximo y corresponden al Esfuerzo Nacional del Gobierno de México; resultados anuales derivados de las operaciones institucionales realizadas por los tres órdenes de gobierno, que permiten aplicar estrategias y líneas de acción para acotar y combatir el narcotráfico y la delincuencia organizada. Los resultados son diferentes a las actividades de monitoreo; los datos reportados de erradicación, aseguramientos y destrucción de laboratorios clandestinos se refieren al año calendario.

¹⁸ Resultados del Esfuerzo Nacional del Gobierno de México, reportados por la Fiscalía General de la República/Coordinación de Métodos de Investigación, a través de su Centro Nacional de Planeación, Análisis e Información para el Combate a la Delincuencia (FGR/CMI-CENAPI). Los resultados no son verificados por UNODC.

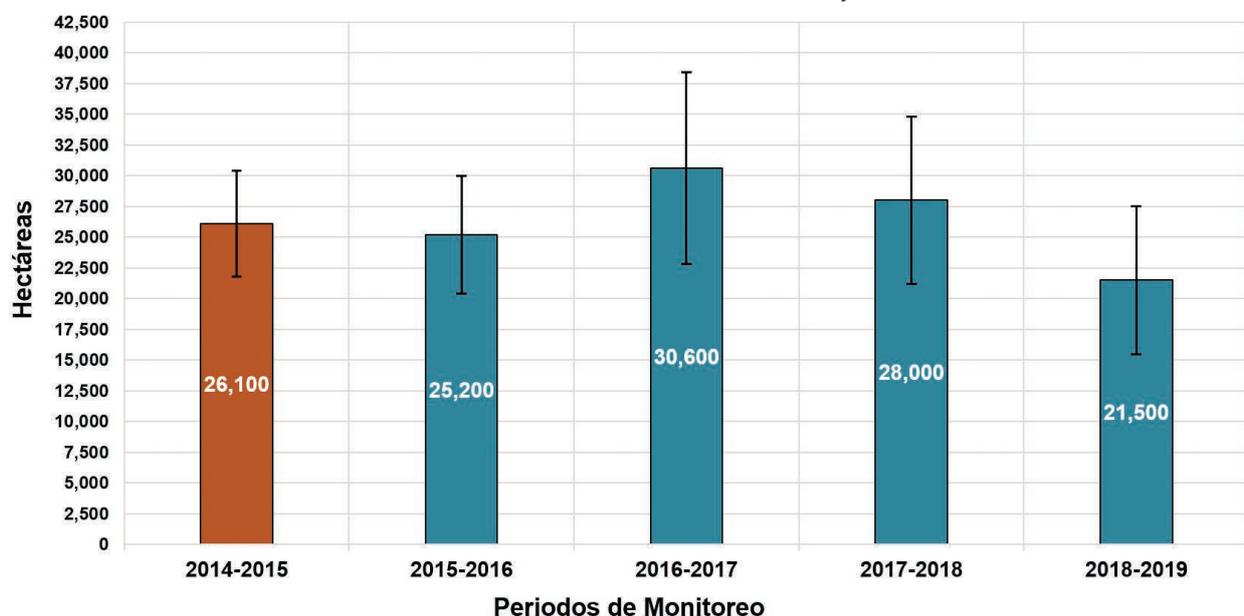
RESULTADOS CLAVE

Superficie de cultivo de amapola en 2018-2019

Entre julio de 2018 y junio de 2019, la superficie total de amapola en México se estimó en 21,500¹⁹ hectáreas (15,500 a 27,500 ha)²⁰. El resultado revela una reducción del 23% comparado con el periodo anterior 2017-2018, donde la superficie cultivada de amapola se estimó en 28,000 hectáreas (gráfica 1).

La siembra de amapola se mantiene principalmente en la región montañosa de la Sierra Madre Occidental, concentrada en el denominado "Triángulo Dorado" donde convergen los estados de Sinaloa, Chihuahua y Durango. Igualmente se ubicaron grandes concentraciones al norte del estado de Nayarit, así como en la región montañosa de la Sierra Madre del Sur abarcando los estados de Guerrero y Oaxaca.

Gráfica 1. Superficies estimadas de cultivo de amapola para los estudios 2014-2015²⁶, 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019



Fuente: UNODC/Gobierno de México.

Rendimiento de la goma de opio en 2018-2019

El rendimiento promedio nacional de goma de opio se estimó en 20.5 kilogramos por hectárea sembrada en 2018-2019. Los rendimientos en la Región Norte (Sinaloa y Chihuahua) y la Región Sur (Guerrero) se estimaron en 22.2 y 18.9 kilogramos por hectárea, respectivamente.

Producción potencial de goma de opio seco en 2018-2019

De 2018 a 2019 la producción nacional potencial de goma de opio seca se estimó en 440 toneladas (tm) manteniéndolo estable en comparación con el periodo anterior, considerando que la diferencia fue solamente de 10 toneladas métricas, lo cual representa una disminución de -2% comparado con el periodo monitoreado en 2017-2018, que fue calculado en 450 toneladas métricas.

¹⁹ La estimación puede incluir zonas que fueron erradicadas después de la fecha de adquisición de las imágenes satelitales. Los resultados en la tabla están redondeados al entero próximo. El cambio del porcentaje se calculó sobre las cifras exactas.

²⁰ Corresponde a un intervalo con nivel de confianza del 95%. El rango no incluye errores no muestrales, como lo son errores susceptibles de cometerse en la fotointerpretación de las imágenes satelitales y fotos aéreas.

²¹ Los resultados del estudio 2014-2015 no son comparables con los años posteriores, debido a las actualizaciones implementadas en la metodología a partir del estudio 2015-2016.

Análisis químico de la goma de opio en 2018-2019²²

Se determinó el contenido de morfina en la goma de opio de un total de 157 plantíos de amapola. La concentración nacional de morfina en la goma de opio para el periodo reportado fue de 17.6%, mostrando un ligero aumento de 1.4 puntos porcentuales²⁴ en comparación con el estudio de monitoreo 2017-2018 donde el resultado fue de 16.2%. Los resultados de este análisis para la Región Norte (Sinaloa y Chihuahua) y la Región Sur (Guerrero) fueron del 18.2% y 17.0%, respectivamente.

Destrucción y aseguramientos en 2019

El Gobierno de México²³ informó que la destrucción a nivel nacional para el año 2019 fue de 11,844 hectáreas de amapola²⁴; lo que refleja una reducción de -50% de las hectáreas destruidas con respecto a 2018. La destrucción de laboratorios clandestinos para la producción de heroína disminuyó en un -67% y los utilizados para la elaborar metanfetaminas en un -19%.

La cantidad de goma de opio incautada aumento en un 3%, la de morfina en un 212% respectivamente, y las cantidades de semillas de opio incautadas disminuyeron en un -66%. Finalmente, las incautaciones de heroína en su presentación líquida disminuyeron considerablemente en un -99.94% y en presentación sólida en un -25% para el año 2019.

Análisis de los resultados

Hay muchos elementos que influyen en las decisiones de los agricultores respecto al cultivo de amapola, por lo que no es claro qué factores contribuyeron a una disminución de 23% en superficie cultivada entre 2017-2018 y 2018-2019. Se requiere una mayor recolección de datos y más investigación sobre el papel de los precios del opio y la evolución del mercado de las drogas, incluyendo la expansión de las drogas sintéticas, en particular del fentanilo que es un opioide sintético extremadamente potente y altamente rentable.

El proyecto generó por segunda ocasión la estimación del rendimiento de goma de opio en base seca utilizando los datos provenientes de cinco campañas de campo, donde se recolectaron datos y mediciones de 157 plantíos de amapola.²⁵

Durante los trabajos de campo, se observó que los campesinos utilizan fertilizantes, herbicidas y plaguicidas, lo que indica una mejora en las técnicas de cultivo, cosecha y manejo lo que permite obtener un mayor rendimiento de goma de opio por hectárea sembrada. El proyecto seguirá monitoreando el desarrollo del punto anterior para establecer la continuidad de la tendencia.

La reducción el área destruida de amapola, así como la disminución del 60% reportado de plantíos destruidos, puede deberse a una menor cantidad de personal operativo disponible para las actividades de destrucción de amapola²⁶, esto debido a que el Ejército, la entidad responsable de la erradicación, aportó una gran cantidad de personal operativo a la Guardia Nacional para garantizar la seguridad pública.

²²Las variaciones del contenido de morfina están dadas en puntos porcentuales. Los resultados entre los periodos comparados (2017-2018 y 2018-2019) son estables y se encuentran dentro del intervalo porcentual internacional que va del 3.1% hasta el 19.2% publicado por UNODC en 1998 en "Recommended Methods for Testing Opium, Morphine and Heroin".

²³La Fiscalía General de la República/Coordinación de Métodos de Investigación, a través de su Centro Nacional de Planeación, Análisis e Información para el Combate a la Delincuencia (FGR/ CMI-CENAPI).

²⁴Las hectáreas reportadas pueden excluir las zonas que fueron erradicadas después de la fecha de adquisición de las imágenes satelitales.

²⁵El estudio de rendimiento utilizó la metodología de las "Directrices para la medición del rendimiento de amapola de opio y de la hoja de coca en cortas visitas al terreno", publicadas por UNODC en 2001. Véanse más detalles en el Capítulo 3.1.

²⁶Los resultados para la destrucción no pueden considerarse en el mismo contexto que la estimación de superficie sembrada, por la diferencia entre los periodos de monitoreo y el reporte del esfuerzo nacional, ya que la destrucción puede haber ocurrido antes o después de la detección de la amapola mediante las imágenes satelitales y/o fotografías aéreas.

INTRODUCCIÓN

México ha concluido el cuarto informe técnico del proyecto MEXK54 "Sistema de Monitoreo de Plantíos Ilícitos en el Territorio Mexicano", con lo que se confirma el compromiso internacional del Gobierno de México y UNODC de continuar con la generación de estadísticas confiables y transparentes, sustentadas en la evidencia científica, que permita atender el problema de las drogas derivadas principalmente por los opiáceos.

Los resultados 2018-2019 del proyecto MEXK54 se verán reflejados en el próximo Informe Mundial sobre las Drogas 2021 de UNODC, el cual publica anualmente las estadísticas de los principales países productores de hoja de coca (Colombia, Perú y Bolivia) y de la goma de opio (Afganistán, Myanmar y México) apegados al marco del Programa Global de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (Illicit Crop Monitoring Programme, ICMP, por sus siglas en inglés) de UNODC.

El objetivo del Gobierno de México es utilizar las estadísticas generadas por el proyecto MEXK54 para conocer de manera más precisa el fenómeno de la siembra de amapola en su territorio, compartiendo de este modo la información con otros actores gubernamentales encargados de diseñar políticas públicas que ayuden a disminuir la siembra ilícita de amapola en las comunidades afectadas, además de identificar la viabilidad y pertinencia de implementar programas de desarrollo alternativo que apoyen la economía local y a su vez impacten en la reducción de la oferta de drogas ilícitas.

Este informe también demuestra el compromiso de proporcionar información confiable sobre el rendimiento y la producción de goma de opio de acuerdo con las normas internacionales y con base en un método científicamente probado y aceptado a nivel mundial. Para garantizar la alta calidad de los datos, el proyecto está mejorando continuamente el protocolo de recopilación de datos basado en imágenes satelitales, fotografías aéreas y registros históricos de erradicación, además de actualizar anualmente las estimaciones de rendimiento para desarrollar un modelo matemático específico para el cultivo de amapola en el país.

La continuación de los procesos y resultados alcanzados hasta la fecha por el proyecto de monitoreo de cultivos de amapola en México ha sido posible gracias al apoyo brindado por el Gobierno mexicano y a la asistencia técnica permanente de la UNODC. Actualmente, el proyecto está trabajando en los resultados del estudio de monitoreo 2019-2020 que se publicará en el primer semestre de 2022, incluida la estimación del área cultivada con amapola, estimaciones de rendimiento y análisis de producción potencial de goma de opio y concentración de morfina. Estos resultados mantendrán la comparabilidad con los estudios 2017-2018 y 2018-2019.

IMPACTO DEL COVID-19 EN EL MONITOREO DE AMAPOLA



Afectación de los resultados del estudio de monitoreo 2018-2019

Este cuarto informe incluye resultados de siembra y producción de amapola para el periodo de estudio que abarca del 1° de julio 2018 al 30 de junio 2019. La pandemia ocasionada por la enfermedad SARS-COV2 conocida comúnmente como COVID-19 no tuvo afectación en el proceso de siembra de amapola para el estudio citado, ya que los primeros casos en México se registraron a finales del mes de febrero de 2020.



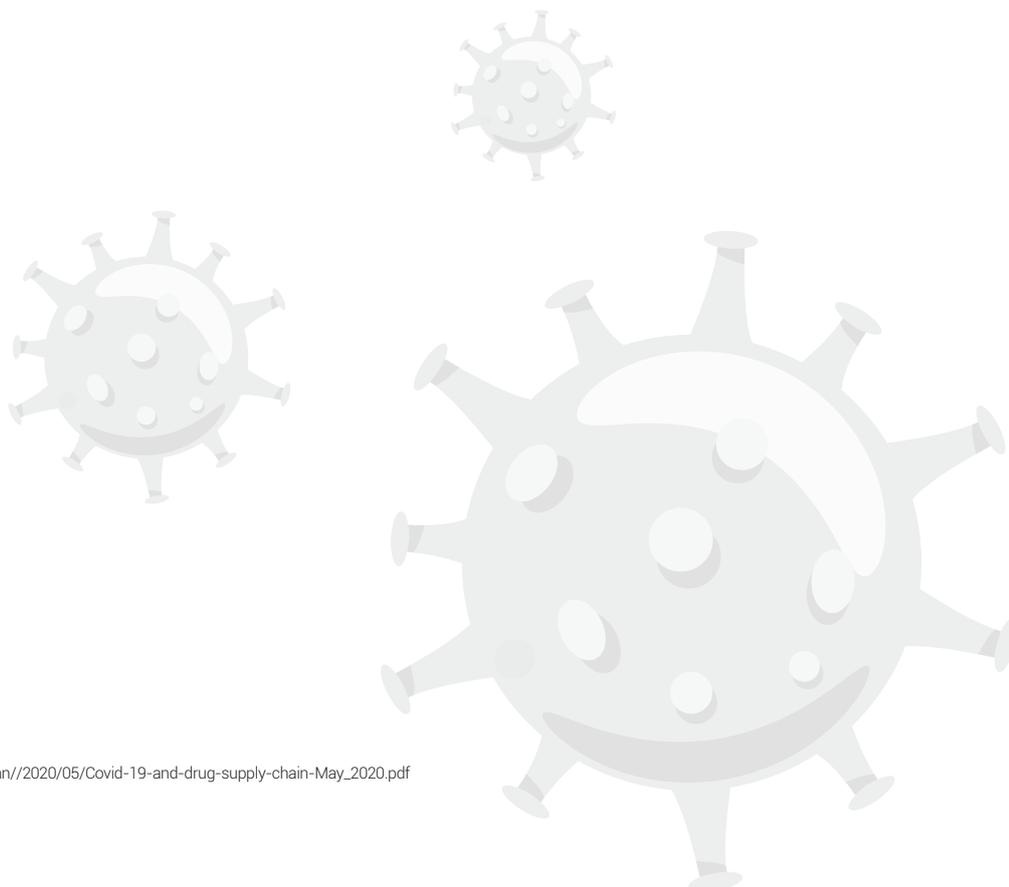
Afectación de las actividades del monitoreo 2019-2020.

Por otra parte, durante este periodo de monitoreo, el plan de trabajo, las actividades de oficina y trabajo de campo en las diversas áreas de incidencia de siembra de amapola en México no se vieron afectadas. Sin embargo, el Gobierno de México a través de sus Instituciones participantes (SEDENA, SEMAR y FGR-CENAPI) adoptó las medidas necesarias para evitar contagios en el grupo de analistas del proyecto durante las actividades realizadas para el estudio 2019-2020, tales como: reducción de los horarios de oficina, ejecución de ciertas actividades desde casa, reuniones y talleres técnicos en modalidad virtual y aplicación de medidas sanitarias para los analistas que realizaron las actividades de trabajo de campo conforme a los planes de trabajo 2019 y 2020, respectivamente.



Afectación para próximos estudios de monitoreo.

Existe la probabilidad de que la pandemia ocasionada por el COVID-19 haya afectado el cultivo y la producción de amapola analizados para el estudio de monitoreo 2019-2020. En su momento, se determinará si existen factores relacionados en las zonas de producción del cultivo de la planta y si esto afecta a los resultados de 2019-2020. El informe considerará la información preliminar sobre el impacto del COVID-19 para varios países del mundo recopilada por la UNODC en su informe de investigación titulado: ***“COVID-19 and the drug supply chain: from production and trafficking to use”***.²⁷



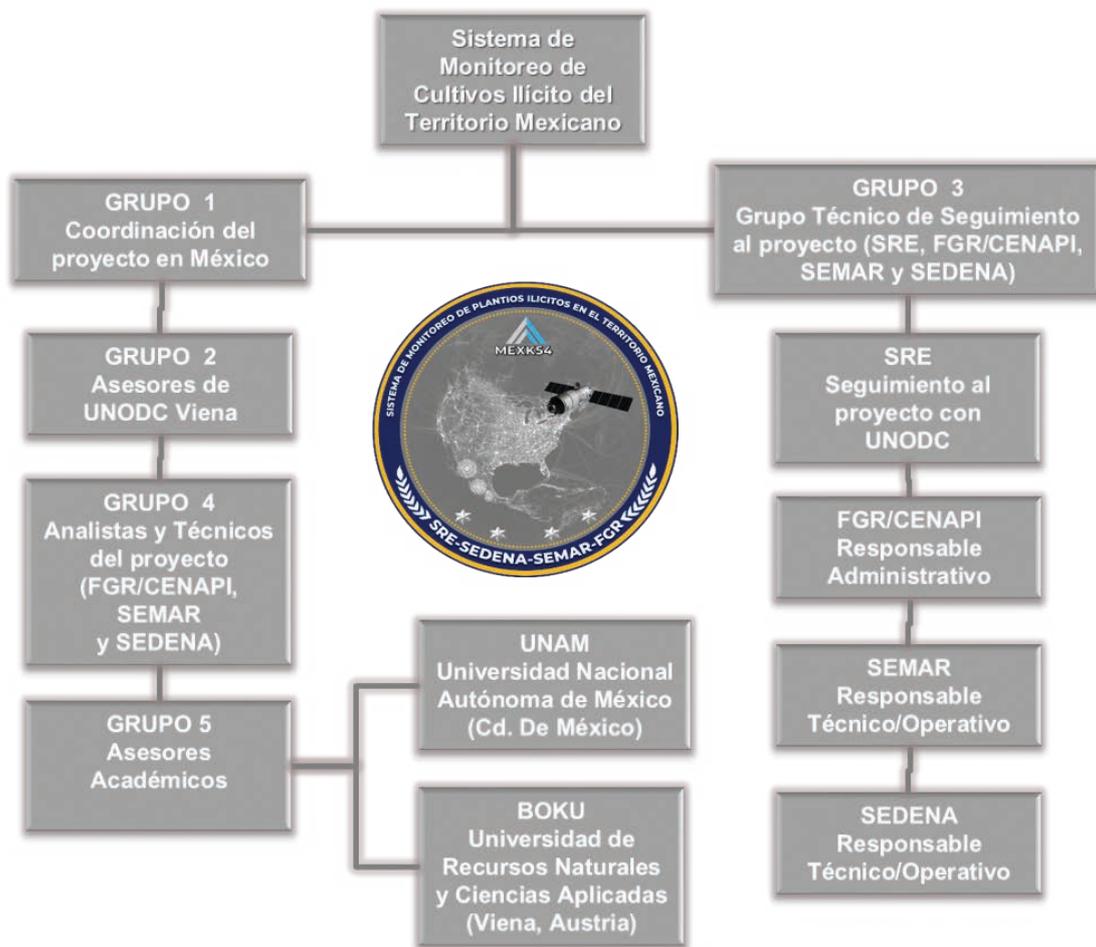
²⁷ https://www.unodc.org/documents/islamicrepublicofiran//2020/05/Covid-19-and-drug-supply-chain-May_2020.pdf

1. ORGANIZACIÓN Y GRUPOS DE TRABAJO DEL PROYECTO

El proyecto de monitoreo inició durante el año 2012 gracias a la colaboración entre UNODC y el Gobierno de México, representado por la Secretaría de Marina (SEMAR), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) y la Fiscalía General de la República (FGR) a través de la Coordinación de Métodos de Investigación mediante el Centro Nacional de Planeación, Análisis e Información para el Combate a la Delincuencia (FGR/CMI-CENAPI).

La operación del proyecto está conformada por cinco grupos de trabajo, los cuales participan en actividades logísticas y técnicas/operativas; esto permite dar seguimiento puntual al plan de trabajo anual durante cada estudio de monitoreo (Figura 1).

Figura 1. Grupos de trabajo del proyecto de monitoreo.



Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

El proyecto MEXK54 se ha implementado aproximadamente durante nueve años; durante su operación se ha logrado fortalecer las capacidades tecnológicas en México, se ha incrementado el conocimiento técnico del personal de las instituciones participantes, tanto en las actividades de oficina, como para la validación de los datos en campo.

2. RESULTADOS DE ESTIMACIÓN DE SUPERFICIE SEMBRADA CON AMAPOLA PARA EL PERIODO DE MONITOREO 2018-2019

En este cuarto informe se incluyen los resultados de estimación de superficie sembrada con amapola²⁸ para el periodo de monitoreo 2018-2019. La muestra utilizada²⁹ para la programación de las imágenes y colecta de fotografías aéreas fue la misma que se utilizó en el periodo de monitoreo 2017-2018 compuesta por 300 segmentos de 100 km², extraída del marco de muestreo de riesgo³⁰, el cual indica las áreas proclives para la siembra de amapola. La estimación de superficie sembrada con plantíos de amapola se conforma por 12 meses de monitoreo, que abarcan de julio de 2018 a junio de 2019 (Tabla 1), por lo que los resultados corresponden a nivel nacional. Es importante considerar que, a lo largo del análisis de los plantíos de amapola mediante el uso de los sensores disponibles, la amapola se podría sembrar y crecer en diferente temporalidad durante el periodo de monitoreo.

Tabla 1. Superficie estimada con plantíos de amapola (ha) nacional

Periodos	2017-2018	2018-2019	Variación
De julio a junio	28,005 (21,201 a 34,808)	21,481 (15,467 a 27,494)	-6,524 (-11,351 a -1,696)

Fuente: UNODC.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de estimación estadística para cada periodo cuatrimestral³¹ del monitoreo y se compara la variación en referencia al estudio de monitoreo 2017-2018. Los resultados de los estudios comparados confirman que la siembra de plantíos de amapola durante el cuatrimestre de "julio a octubre" se incrementó en un 89%, mientras que, de noviembre a febrero, la presencia de siembra disminuyó en un -49% (Tabla 2).

Tabla 2. Superficie estimada con plantíos de amapola (ha) para cada cuatrimestre

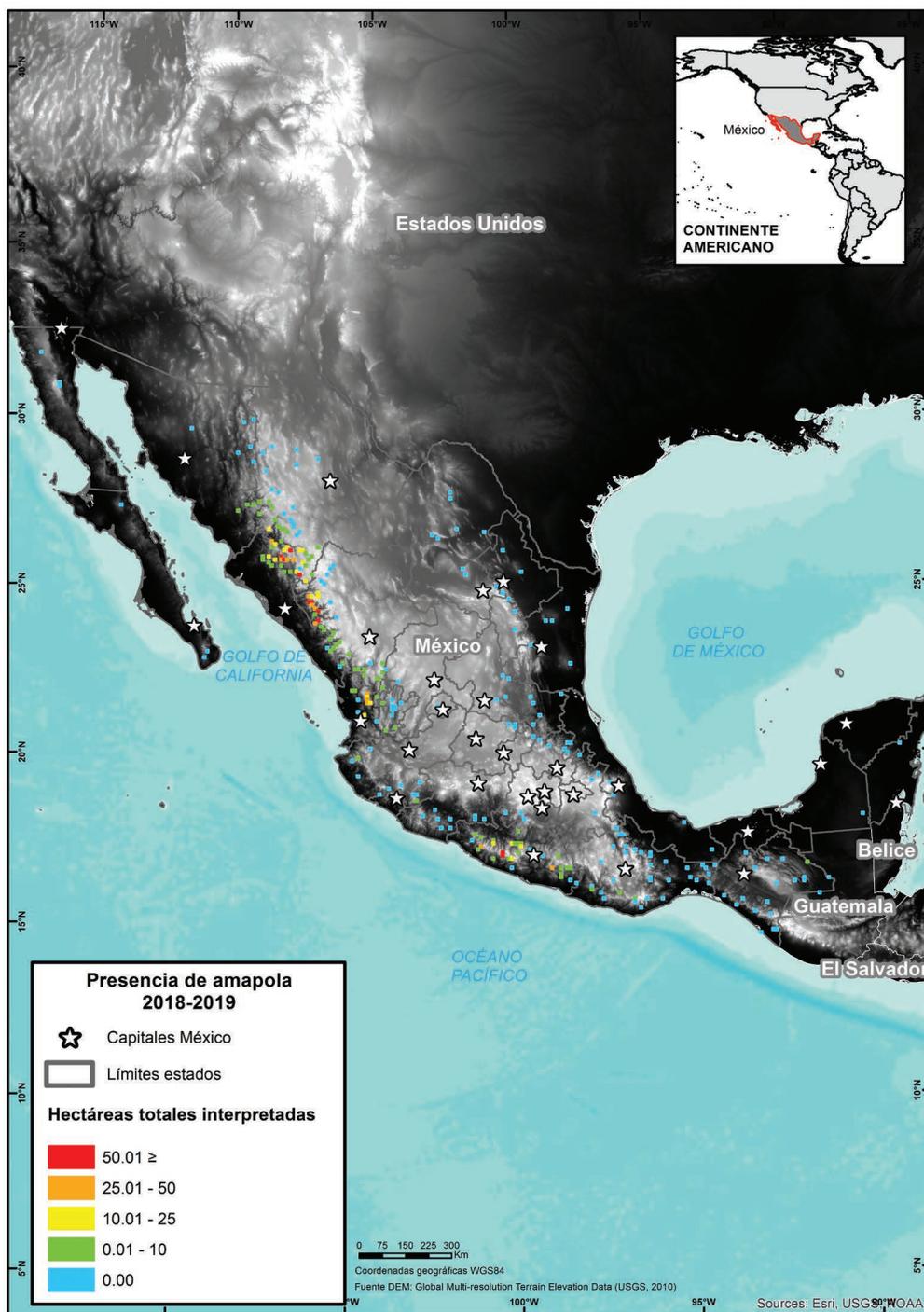
Periodos	2017-2018	2018-2019	Variación (%)
De julio a octubre	2,715 (1,399 a 4,030)	5,147 (2,971 a 7,322)	90%
De noviembre a febrero	15,719 (11,640 a 19,797)	8,023 (5,563 a 10,482)	-49%
De marzo a junio	9,571 (6,803 a 12,338)	8,311 (5,786 a 10,835)	-13%

Fuente: UNODC.

²⁸ La erradicación no se refleja totalmente en la estimación nacional de amapola, ya que existen muchos casos en que pudo realizarse después de las fechas de las imágenes satelitales.
²⁹ La definición de la muestra fue tomada a nivel nacional, no a nivel estatal, por lo que no pueden sacarse conclusiones a nivel regional o estatal. Para mayores detalles sobre el método de muestreo consultar la publicación: México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2015-2016 y 2016-2017 (UNODC, 2018), Capítulo 5.4.1.
³⁰ El mapa de riesgo nacional fue generado por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.
³¹ Ver más detalles en la publicación: "México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2014-2015 (UNODC, 2016), Capítulos 5.3 y 5.5.

Durante el monitoreo 2018-2019 se observó que la amapola se sembró principalmente en seis estados: Sinaloa, Chihuahua, Durango, Nayarit, Guerrero y Oaxaca (Mapa 1). Sin embargo, podrían existir otros estados en México que no necesariamente estén libres de plantíos de amapola.

Mapa 1. Área total con plantíos de amapola interpretada en cada segmento en el monitoreo de 2018-2019



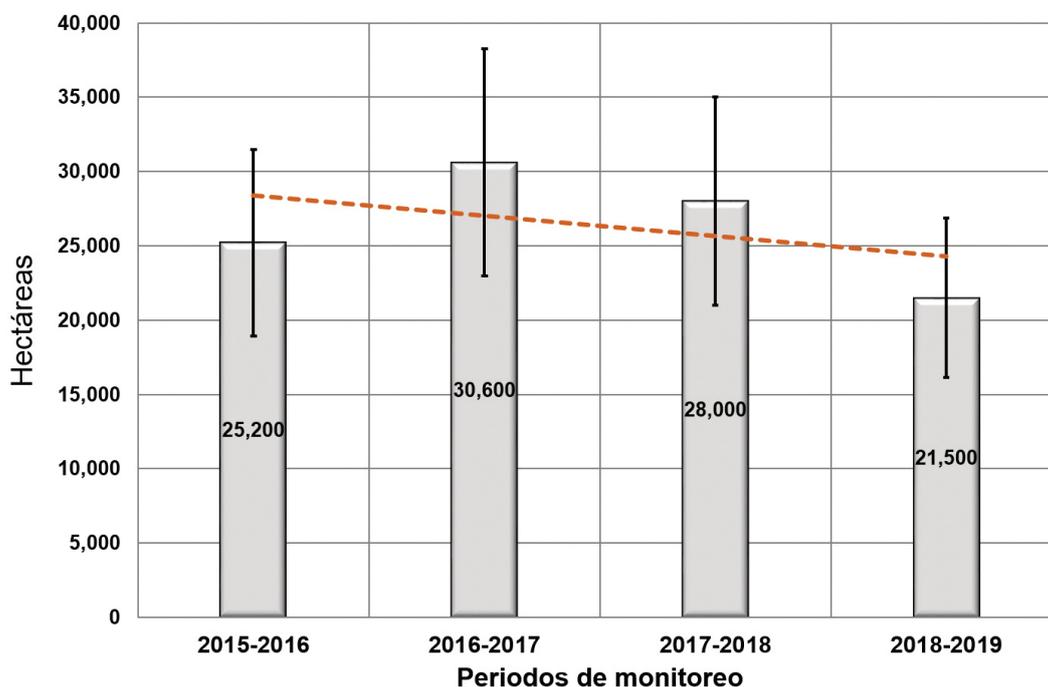
Fuente: Proyecto MEXK54 "Sistema de Monitoreo de Plantíos Ilícitos en el Territorio Mexicano" - apoyado por UNODC.

Los límites y los nombres utilizados en este mapa no implican la aceptación oficial por parte de Naciones Unidas.

2.1 Análisis de tendencias para la superficie sembrada con amapola entre los estudios de monitoreo 2015-2016 hasta 2018-2019

La estimación de superficie sembrada con amapola para el monitoreo 2018-2019 obtuvo en su valor puntual 21,481 hectáreas, con un intervalo de confianza entre 15,467 y 27,494 hectáreas; comparando este resultado con el periodo 2017-2018, su valor más preciso fue de 28,005 hectáreas y con un intervalo de 21,201 a 34,808. En la Gráfica 2 se comparan los valores puntuales de cuatro estudios; para los dos últimos se observa una disminución de 6,524 hectáreas con un intervalo de confianza³² entre -11,351 y -1,696 hectáreas sembradas con amapola.

Gráfica 2. Variación entre los estudios 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019



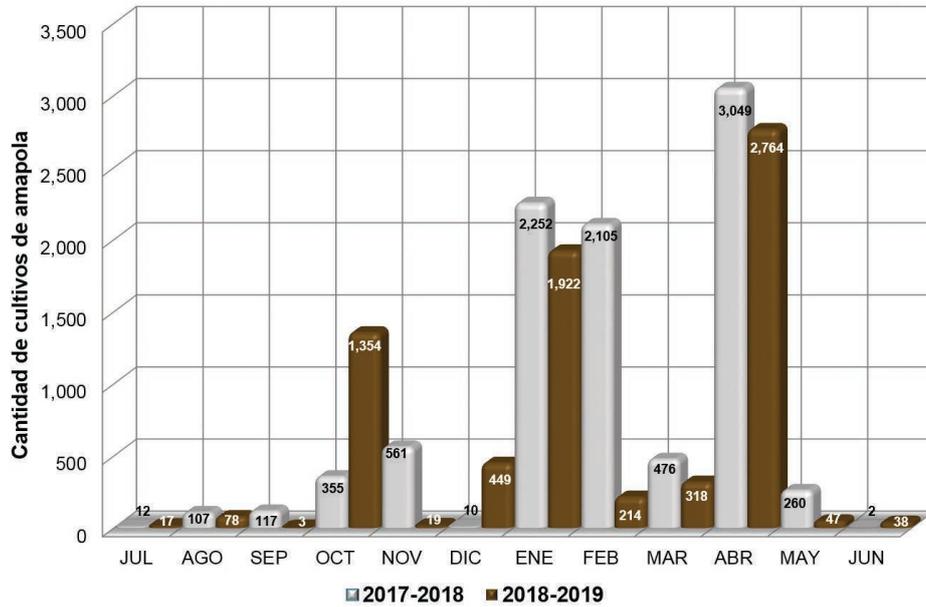
Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

El resultado del estudio 2018-2019 muestra que el área de amapola se redujo considerablemente en un -23% con respecto al monitoreo en 2017-2018. Al comparar el valor más preciso del periodo monitoreado en 2015-2016 (25,173 hectáreas) y el reportado 2018-2019 (21,481 hectáreas), se observa que la tendencia en la siembra de amapola va en decremento, tal y como se señala con la línea color azul de la Gráfica 2. La diferencia entre el monitoreo 2015-2016 y 2018-2019 es de -3,692 hectáreas, lo que corresponde a una variación del 15% en la superficie sembrada con amapola.

Considerando el análisis de los 300 segmentos de la misma muestra monitoreada tres veces durante 12 meses para los periodos de estudio 2017-2018 y 2018-2019, respectivamente, se observa que la tendencia para la siembra de los plantíos de amapola en México predominó durante los meses de octubre, diciembre y abril (Gráfica 3). La cantidad de plantíos identificados en 2017-2018 fue de 9,306, mientras que en 2018-2019 fue de 7,223 plantíos, es decir se tuvo una reducción del 22% (-2,083 plantíos de amapola).

³² Los intervalos se refieren a un nivel de confianza de 95%.

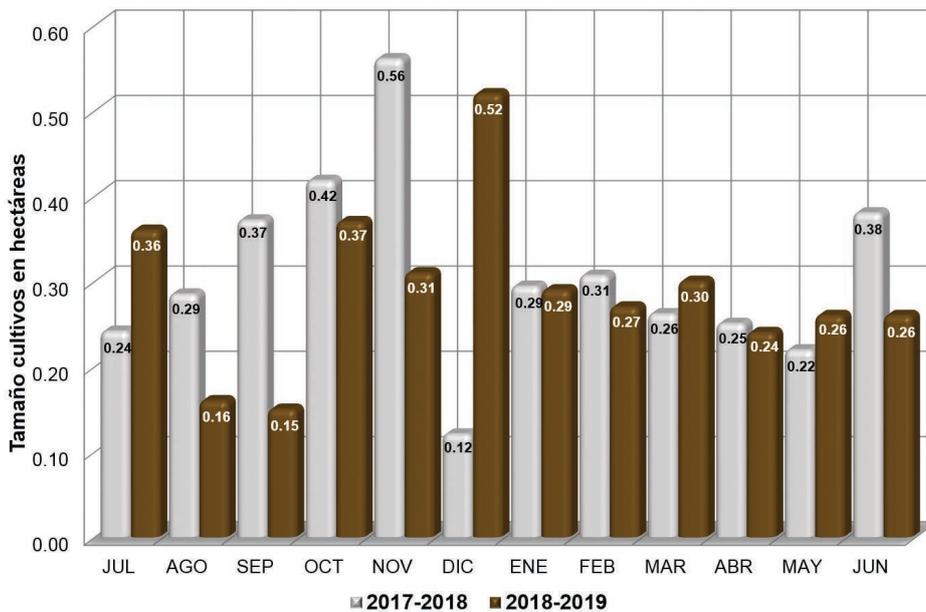
Gráfica 3. Número de plantíos de amapola interpretados en los estudios 2017-2018 y 2018-2019



Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

Por otra parte, en la Gráfica 4 se muestra la variabilidad que existe en el tamaño promedio de los plantíos de amapola identificados por mes. Al comparar el monitoreo 2017-2018, que presentó un tamaño promedio fue de 0.30 hectáreas, con el de 2018-2019, que fue de 0.29 hectáreas, se considera que el tamaño promedio de los plantíos de amapola se mantuvo estable con un 3%.

Gráfica 4. Tamaño promedio de plantíos de amapola interpretados para los estudios 2017-2018 y 2018-2019



Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

2.2 Metodología aplicada para el monitoreo de amapola en 2018-2019

La metodología³³ para el monitoreo y estimación de área sembrada con amapola se compone de siete etapas generales (Figura 2). Cada etapa cuenta con subprocesos³⁴ (ver anexo I) que utilizan herramientas de geoprocésamiento, colecta de información en campo y análisis de la información mediante el SIG, que en su conjunto permite validar y verificar los plantíos de amapola identificados a través de los diferentes sensores remotos.

El proyecto MEXK54 utiliza imágenes satelitales con diferentes resoluciones espaciales de 1.5 m hasta 0.30 m (ver anexo II), colectadas por los satélites SPOT-6 y 7, Geo Eye-1, World View-2 y 3. También cuenta con acceso a información de fotografía aérea colectada con cámaras digitales réflex (ver anexo II) con una resolución espacial de hasta 0.20 m. La combinación de imágenes de los sensores citados anteriormente colectadas en diferentes fechas permite al grupo de analistas y técnicos validar o adicionar nuevos plantíos de amapola, lo cual aumenta la precisión en la identificación. El método del cálculo estadístico utilizado en este estudio es el mismo que el del periodo anterior (2017-2018) y toma como base la superficie total en hectáreas de la amapola interpretada mediante imágenes satelitales y fotografías aéreas; posteriormente, al resultado de hectáreas totales se le aplica un factor de ajuste *por tipo de resolución*³⁵ que corrige esta diferencia en segmentos (imágenes satelitales) sin fotografía. El factor de ajuste hace que la estimación en el intervalo sea aún más precisa que la obtenida sólo con imágenes satelitales.

El proyecto de monitoreo mantiene como insumo principal las imágenes satelitales y/o fotografías aéreas para el análisis de plantíos de amapola. Tal y como se realizó el estudio 2017-2018, se utilizó la misma muestra de 300 segmentos extraída del marco de muestreo estratificado³⁶ (Mapas 2 y 3) conformado por el mapa nacional de riesgo³⁷ que determina las áreas proclives para la siembra de amapola (Mapa 4).

El grupo de analistas, antes de realizar el análisis de los plantíos de amapola, lleva a cabo procesos de corrección digital de las imágenes satelitales, tales como: fusión, ortorectificación (corrección geométrica), recortes y realces de histogramas mediante *softwares comerciales* (ver anexo III). Asimismo, en el proceso de fotointerpretación para identificar y medir la superficie de cada plantío de amapola, el analista utiliza técnicas adicionales³⁸ como la combinación de bandas espectrales, el análisis multitemporal con imágenes satelitales de diferentes sensores remotos, entre otras, como las que se muestran en los anexos IV, V, VI y VII.

³³ Para mayor detalle sobre los subprocesos de la metodología, consultar los informes técnicos México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2014-2015 (UNODC, 2016), México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2015-2016 y 2016-2017 (UNODC, 2018) y México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2017-2018 (UNODC, 2020), disponibles en las siguientes direcciones web: <https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2014-2015-LowR.pdf>, <https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2015-2017.pdf>, <https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2017-2018-Alta.pdf>

³⁴ Para mayores detalles del diagrama metodológico, consultar los informes: México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2014-2015 y México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2015-2016 y 2016-2017, publicados en junio 2016 y noviembre 2018 en el sitio web de UNODC: <https://www.unodc.org/unodc/en/crop-monitoring/index.html>.

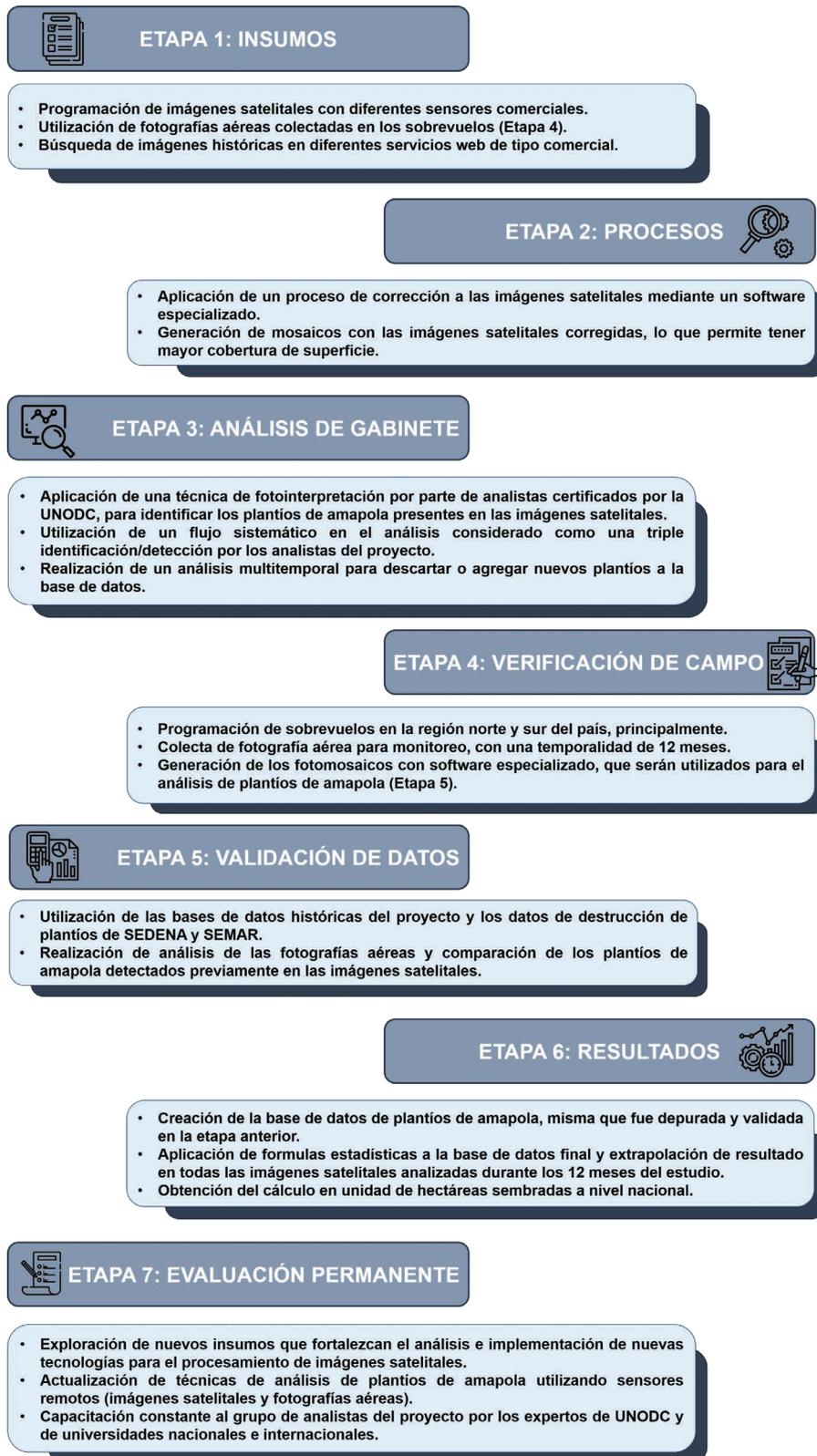
³⁵ Se refiere a la fotografía aérea con resolución de hasta .20 m., comparada con las imágenes satelitales de hasta .30 m., el uso de la fotografía permite al analista identificar plantíos más pequeños (350 m2), comparados con los observados en las imágenes satelitales (1,000 m2).

³⁶ Consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima al interior de cada estrato y máxima entre cada uno de ellos, es decir, formar estratos lo más homogéneos posible (Dalenius- Hodges, 1959).

³⁷ Estudio sobre el análisis estadístico de probabilidades para plantíos ilícitos por factores determinantes (riesgo). Para mayor detalle consultar el informe: México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2015-2016 y 2016-2017 (UNODC, 2018), disponible en la siguiente dirección web: <https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2015-2017.pdf>.

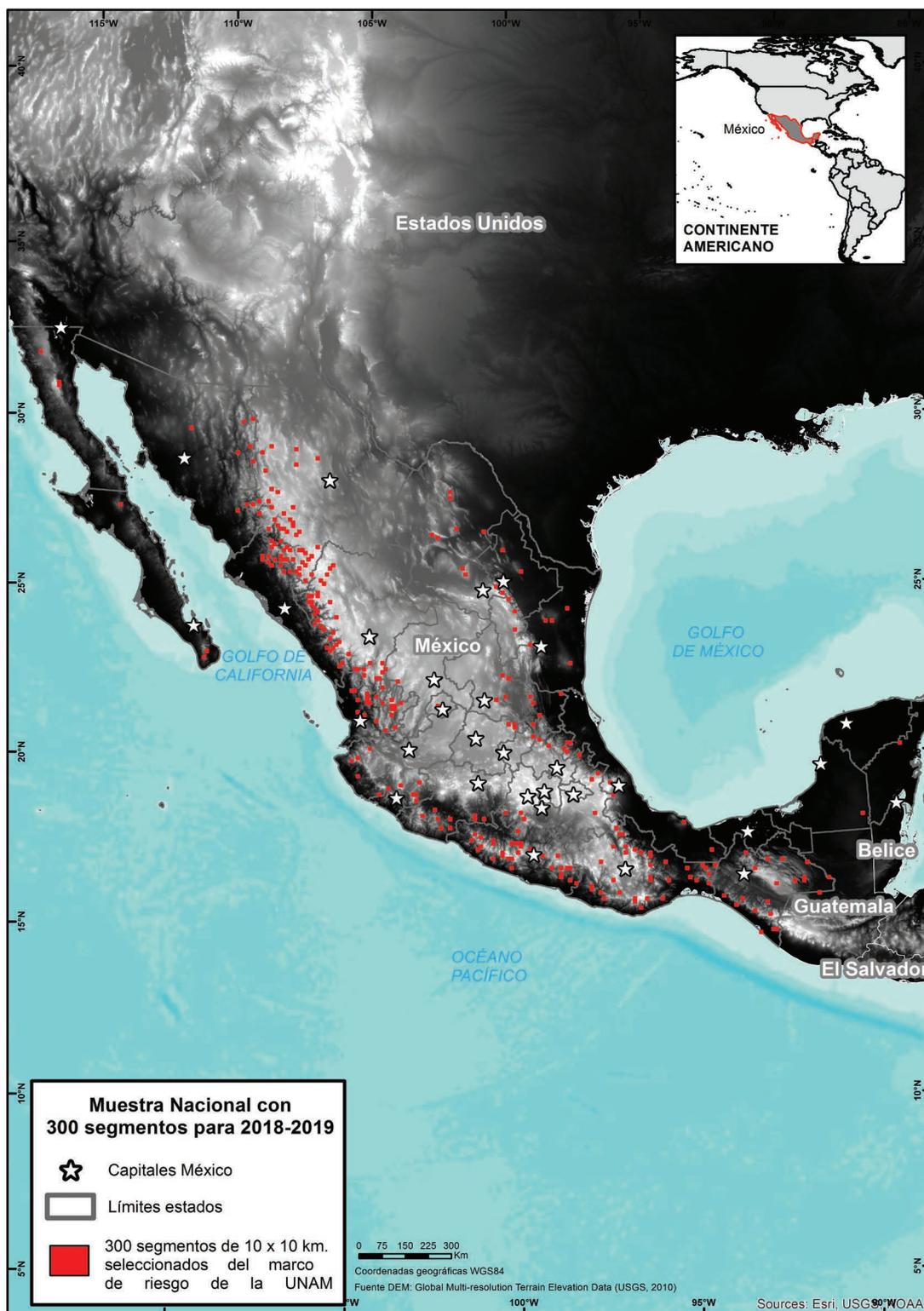
³⁸ Para mayor detalle sobre las técnicas de análisis, consultar el informe: México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2015-2016 y 2016-2017 (UNODC, 2018), publicado en la siguiente dirección web: <https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2015-2017.pdf>.

Figura 2. Etapas generales de la metodología del proyecto



Fuente: Elaboración proyecto MEXK54 (2021).

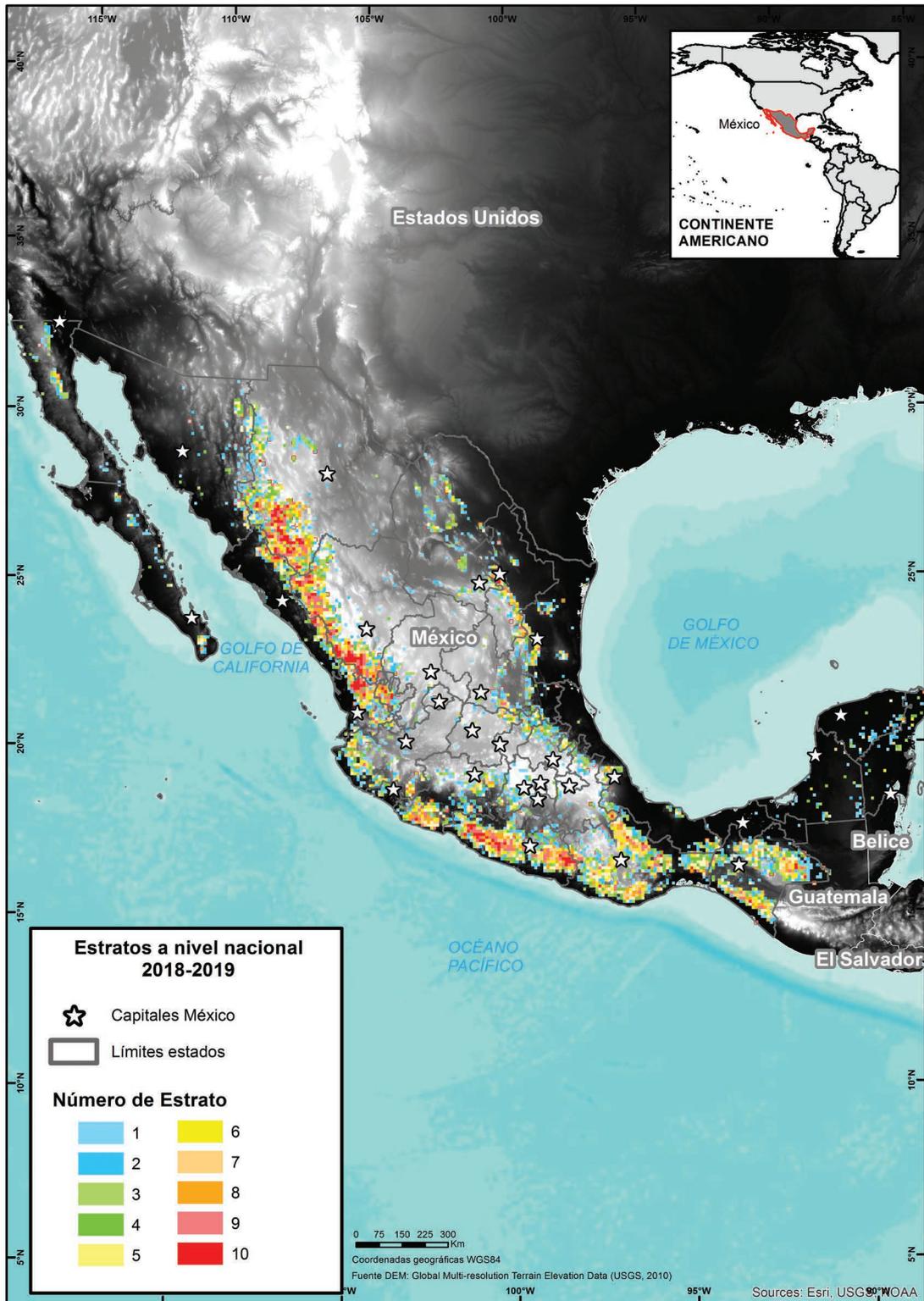
Mapa 2. Ubicación de la muestra compuesta por 300 segmentos para la colecta de imágenes satelitales y fotografías aéreas del estudio de monitoreo 2018-2019



Fuente: Proyecto MEXK54 "Sistema de Monitoreo de Plantíos Ilícitos en el Territorio Mexicano" - apoyado por UNODC.

Los límites y los nombres utilizados en este mapa no implican la aceptación oficial por parte de Naciones Unidas.

Mapa 3. Marco de muestreo estratificado por probabilidades/riesgo, utilizado para la selección de la muestra del estudio 2018-2019



Fuente: Proyecto MEXK54 "Sistema de Monitoreo de Plantíos Ilícitos en el Territorio Mexicano" - apoyado por UNODC.

Los límites y los nombres utilizados en este mapa no implican la aceptación oficial por parte de Naciones Unidas

Mapa 4. Área nacional de riesgo y probabilidades para la siembra de plantíos de amapola



Fuente: Proyecto MEXK54 "Sistema de Monitoreo de Plantíos Ilícitos en el Territorio Mexicano", apoyado por UNODC.

Los límites y los nombres utilizados en este mapa no implican la aceptación oficial por parte de Naciones Unidas. Elaboración con datos del estudio de riesgo por el Instituto de Geografía de la UNAM.

2.3 Imágenes utilizadas para el monitoreo de amapola en 2018-2019

La programación para obtener las imágenes satelitales se realizó de la misma forma que el estudio anterior. Cada segmento de la muestra es observado como mínimo tres veces³⁹ durante 12 meses de monitoreo, es decir, cada segmento es monitoreado en un periodo cuatrimestral. De igual manera, varios segmentos de la muestra fueron sobrevolados para ser cubiertos con fotografía aérea, lo cual permitirá observar plantíos de amapola sembrados⁴⁰ posteriormente a las fechas de la imagen satelital o en algún momento del periodo de monitoreo.

Para determinar las fechas de colecta de las imágenes satelitales durante los 12 meses de monitoreo se utilizaron los resultados del estudio "Análisis de fechas para determinar los calendarios agrícolas (NDVI)"⁴¹ el cual determinó las fechas óptimas para cada segmento de la muestra 2018-2019, utilizando los datos de los periodos altos,⁴² obtenidos del citado estudio, para referirlos dentro de cada periodo cuatrimestral (Tabla 3).

Tabla 3. Periodos de colecta para imágenes satelitales y fotografía aérea en 2018-2019

Muestra total del territorio nacional	De julio a octubre de 2018	De noviembre de 2018 a febrero de 2019	De marzo a junio de 2019	Monitoreo 2018-2019
	300 segmentos (100 km²)	300 segmentos (100 km²)	300 segmentos (100 km²)	900 segmentos (100 km²)

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

Para realizar el análisis de los plantíos de amapola se utilizaron imágenes satelitales de diferentes sensores ópticos. Las imágenes se procesaron en un nivel de fusión (pan-sharpened) con cuatro bandas en el espectro electromagnético⁴³ visible: roja, verde, azul e infrarrojo cercano (ver anexo VIII).

Por otra parte, los plantíos de amapola se identificaron en todas las imágenes satelitales y fotografías aéreas disponibles utilizando combinaciones espectrales en color natural (RGB) y falso color (NIR) para discriminar la vegetación circundante al plantío y con ello tener una mejor fotointerpretación visual de las características propias de la amapola.

En la Tabla 4 se muestra el resumen de la cantidad de imágenes satelitales y fotografías aéreas utilizadas para el análisis de la muestra empleada en el estudio de monitoreo 2018-2019, el cual se compone por un total de 900 segmentos. Para citado estudio de monitoreo se tuvo disponible un total de 980 imágenes.

³⁹ Para asegurar que el mismo plantío no se identificó durante dos periodos cuatrimestrales diferentes, este se corrobora visualmente a través de un análisis de serie temporal de NDVI sobre imágenes Sentinel-2 utilizando la plataforma Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>)

⁴⁰ La temporalidad vegetativa de los plantíos de amapola está determinada por el estudio fenológico (crecimiento) realizado en 2004, donde se determinó que las plantas de amapola tienen un total de 120 días de crecimiento, aproximadamente.

⁴¹ Estudio de 2014 para determinar calendarios agrícolas, utilizando series temporales de imágenes satelitales y generar índices de vegetación (NDVI) para programar la colecta de imágenes de satélite y foto aérea en su fase fenológica de alta producción. Para mayores detalles consultar la publicación: México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2014-2015 (UNODC, 2016), capítulos 5.3 y 5.5.

⁴² Cuando los plantíos de amapola se encuentran en su periodo fenológico óptimo (crecimiento) más alto entre la siembra y cosecha, es el momento en el que se puede observar e interpretar de mejor manera el cultivo en imágenes satelitales y/o fotografía aérea.

⁴³ Es el rango de la energía o radiaciones electromagnéticas que tienen longitudes de onda diferentes a todas las radiaciones electromagnéticas posibles. El espectro de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética de ese objeto.

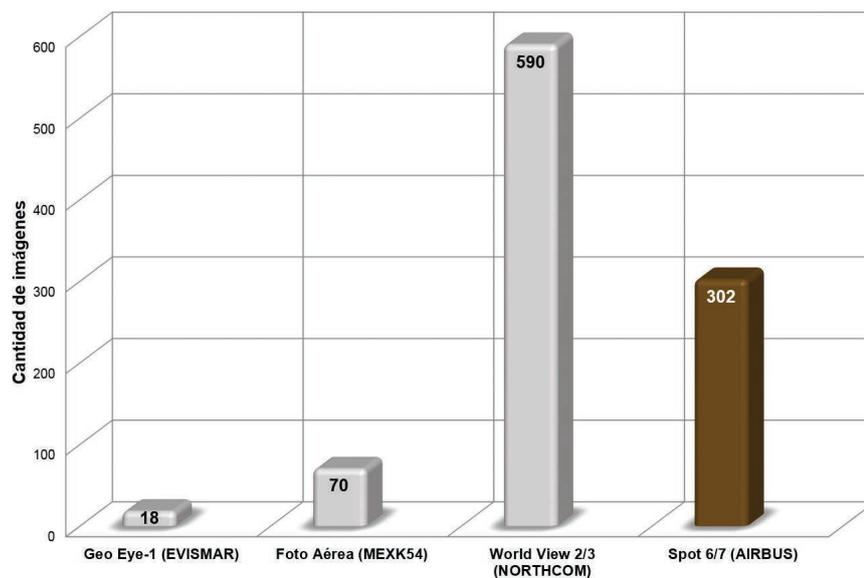
Tabla 4. Cantidad de imágenes por tipo de sensor utilizadas en cada periodo cuatrimestral

Sensor	Resolución por píxel	De julio a octubre de 2018	De noviembre de 2018 a febrero de 2019	De marzo a junio de 2019	Totales
SPOT 6 o 7	1.5 m	112	101	89	302
World View 2	.50 m	163	180	174	517
GeoEye 1	.40 m	3	10	5	18
World View 3	.30 m	31	23	19	73
Foto aérea	.25 m	48	12	10	70
Totales		357	326	297	980

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

En la Gráfica 5 se muestra la cantidad de información satelital disponible para el análisis de los plantíos de amapola por tipo de fuente satelital: Muy Alta Resolución (VHR)⁴⁴ y Alta Resolución (HR)⁴⁵; la fuente con más información satelital disponible para el estudio de monitoreo 2018-2019 es la VHR.

Gráfica 5. Cantidad de imágenes y fotos aéreas por tipo de fuente utilizadas en 2018-2019



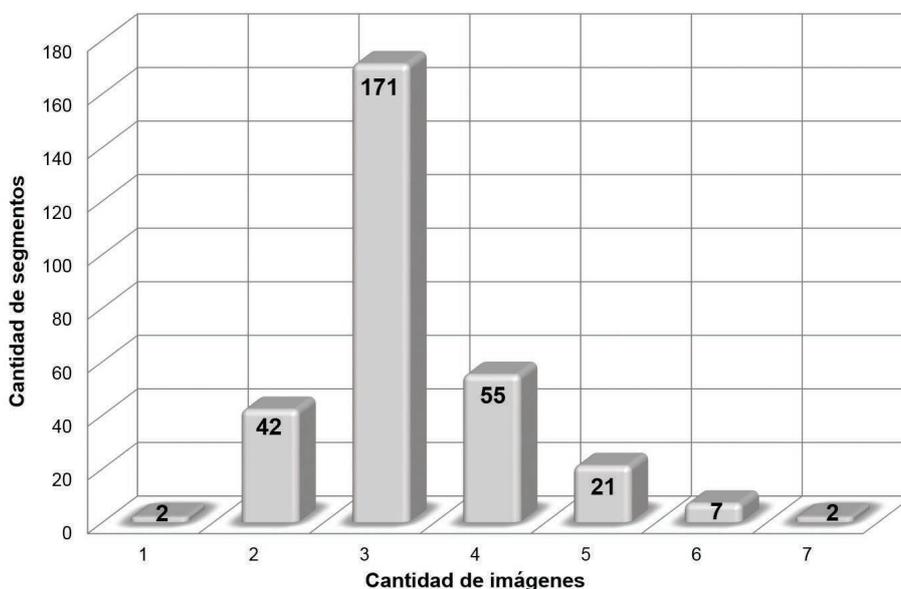
Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

⁴⁴ Las imágenes satelitales World View 2 y 3, GeoEye 1 y fotografía aérea, son una fuente de **Muy Alta Resolución Espacial (VHR)** porque su resolución espacial es menor a 1 metro de tamaño de píxel.

⁴⁵ Las imágenes satelitales spot 6-7 son consideradas con una fuente de **Alta Resolución Espacial (HR)** con 1.5 metros de tamaño de píxel, es decir, su tamaño de píxel es mayor comparado con las imágenes VHR.

Para este estudio de monitoreo 2018-2019 se utilizó un total de 980 imágenes (satelitales y fotografías aéreas) disponibles, lo que permitió visualizar todo el contexto temporal de los segmentos de la muestra. En resumen, el 82% (247 segmentos) de la muestra total (300 segmentos) utilizada para este estudio tuvo de 3 a 5 imágenes disponibles por segmento, como se observa en la Gráfica 6. La información disponible indica que 171 segmentos, correspondientes al 57% de la muestra, al menos fueron cubiertos con 3 imágenes, una para cada cuatrimestre.

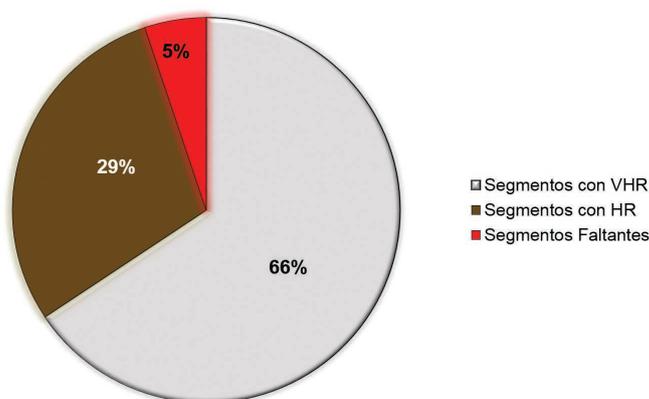
Gráfica 6. Cantidad de imágenes disponibles por segmento para el estudio 2018-2019



Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

En la Gráfica 7 se muestra el porcentaje total de los segmentos de la muestra analizados con imágenes VHR y/o HR, es decir, por tipo de fuente satelital. En el análisis del estudio 2018-2019, el 66% del total de los segmentos de la muestra se realizó con imágenes VHR, lo que significa que, al combinar la información disponible con la experiencia del analista para identificar la amapola mediante el método de fotointerpretación⁴⁶, se tuviese un alto grado de certeza y efectividad.

Gráfica 7. Porcentaje del tipo de análisis por resolución para el periodo 2018-2019



⁴⁶ Es la técnica utilizada en el ámbito de la percepción remota que permite identificar rasgos específicos de algún objeto en las imágenes o fotografías aéreas, en ellas se interpreta su significado en relación con una determinada área de interés y entre sí.

2.4 Área de cobertura de las imágenes utilizadas para el monitoreo de amapola en 2018-2019

En México, la temporada de fenómenos hidrometeorológicos se presenta de junio a septiembre, lo que dificulta la colecta de imágenes satelitales o fotografía aérea. Esto implica que varias imágenes tengan una cobertura con nubosidad y/o sombras y, por lo tanto, que no toda la superficie de las muestras (segmentos) puede ser observada en su totalidad, lo que se determina como una cobertura parcial.

El estudio de monitoreo en México ha determinado que la cobertura del 100% (total-ideal) está conformada por la suma de los 300 segmentos (100 km²) en cada periodo cuatrimestral, es decir, la muestra analizada para este periodo 2018-2019 corresponde a un total de 900 segmentos, pero se considera que el total de la cobertura no debe ser menor al 90%. El total de imágenes (muestras) colectadas y analizadas en todo el periodo fue de 847 segmentos del total de la muestra (900 segmentos), esto corresponde al 94% de la cobertura "total-ideal" (Tabla 5).

Tabla 5. Resumen de la muestra colectada y analizada para el estudio 2018-2019

Datos de la muestra	De julio a octubre de 2018	De noviembre de 2018 a febrero de 2019	De marzo a junio de 2019	Totales
Tamaño de la muestra	300	300	300	900
Total de segmentos de la muestra colectados	286	296	265	847
Total de segmentos de la muestra faltantes	14	4	35	53
Porcentaje de la muestra obtenida	95%	99%	88%	94%

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

Al resultado de estimación de superficie nacional sembrada con amapola del estudio julio de 2018 a junio de 2019 se le aplicó un estimador *ratio*,⁴⁷ que considera la suma de la cobertura total de las imágenes recolectadas durante los 12 meses de monitoreo. La cantidad total de muestras (imágenes) recolectadas fue de 847 segmentos del total de la muestra; sin embargo, se cuenta con segmentos con más de dos imágenes dentro de cada periodo cuatrimestral, por lo que el total entre imágenes satelitales y fotografías aéreas obtenidas fue de 980 imágenes, con las cuales se promedió el porcentaje de la cobertura total de la superficie.⁴⁸

En la Tabla 6 se muestra la cobertura de superficie del total de segmentos recolectados de la muestra, representada en porcentajes del 0% al 100%. El 88% del total de los segmentos colectados tienen una cobertura de $\geq 60\%$. En el Mapa 5 se observa el intervalo del porcentaje de cubrimiento de cada segmento de la muestra, el cual se obtuvo promediando el cubrimiento de cada segmento para los tres periodos cuatrimestrales analizados (julio–octubre 2018, noviembre 2018–febrero 2019 y marzo–junio 2019).

⁴⁷ Se obtiene calculando la hectárea estimada con amapola y la cobertura estimada para cada segmento de la muestra. Para más detalles ver el capítulo 2.6 de este mismo informe.

⁴⁸ Se obtiene mediante un análisis visual de cada imagen de los segmentos (100 Km²) colectados para calcular su superficie total cubierta en porcentajes de cobertura (%). Del 100% de cobertura, se resta el área cubierta por nubosidades, por efecto de las sombras ocasionadas por el ángulo de toma del satélite y los segmentos incompletos en su cobertura.

Tabla 6. Número de segmentos con porcentaje de cobertura para 2018-2019

Datos de la muestra 2015-2016	Porcentaje de cobertura (%)										
	<10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	Total
Número de segmentos de 100 km ²	4	7	3	24	35	27	41	72	55	579	847

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

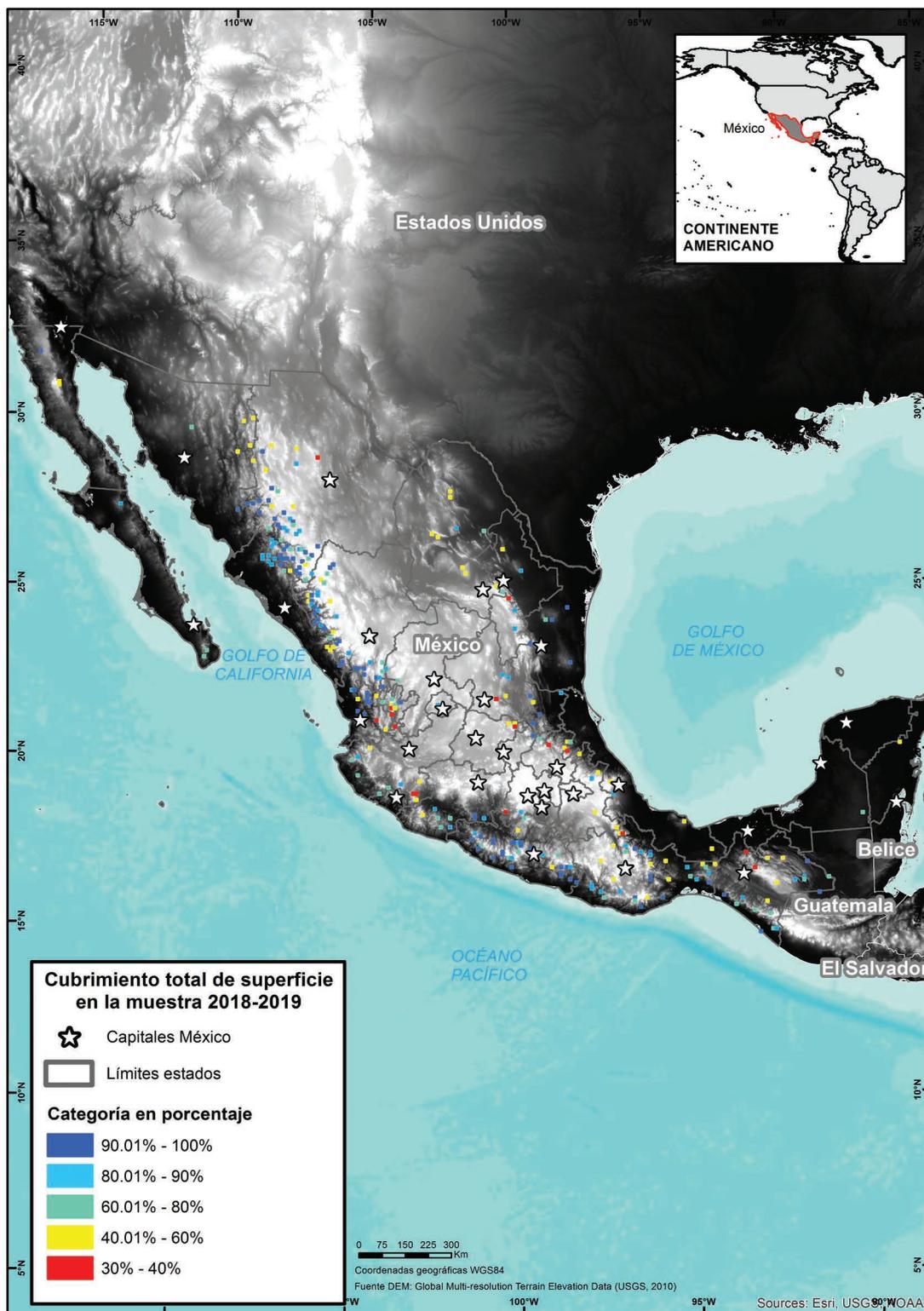
Por otro lado, la Tabla 7 muestra que se obtuvo una cobertura 74,984 km² de los 90,000 km² del área total de monitoreo, por lo que esta superficie representa el 84% de la cobertura total de la muestra y 3.75% de los 2,000,000 km² de la superficie territorial de México.

Tabla 7. Cobertura total obtenida entre imágenes satelitales y fotografías aéreas

Datos de la muestra	De julio a octubre de 2018	De noviembre 2018 a febrero de 2019	De marzo a junio de 2019	Totales
Cobertura total de la muestra (km ²)	30,000	30,000	30,000	90,000
Cobertura obtenida de la muestra (km ²)	24,003	26,708	24,273	74,984
Porcentaje de cobertura obtenida	80%	89%	81%	83%

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

Mapa 5. Distribución de los 300 segmentos de la muestra con su porcentaje de cubrimiento promediado con los tres periodos cuatrimestrales para 2018-2019



Fuente: Proyecto MEXK54 "Sistema de Monitoreo de Plantíos Ilícitos en el Territorio Mexicano" - apoyado por UNODC.

Los límites y los nombres utilizados en este mapa no implican la aceptación oficial por parte de Naciones Unidas.

2.5 Fórmulas para la estimación de área sembrada con amapola para el monitoreo en 2018-2019

A finales del mes de octubre 2020 se realizó el taller técnico “Análisis de datos y control de calidad 2018-2019”, con el propósito de evaluar inconsistencias de tipo temático y geométrico entre el grupo de analistas y UNODC. Posterior al taller se realizaron los cálculos para la estimación final de superficie sembrada con amapola con los datos de las interpretaciones de cada segmento de la muestra para cada periodo cuatrimestral⁴⁹.

Por lo tanto, para hacer las estimaciones se dividió la superficie promedio de amapola estimada por segmento por la superficie promedio observable (no cubierto por nubes) estimada por segmento. Luego, se multiplicó este ratio por la superficie total del marco de muestreo combinado para obtener una estimación final de la superficie total de amapola en hectáreas:

$$\hat{t}(y) = \frac{\sum_{h=1}^H w_h \hat{y}_h}{\sum_{h=1}^H w_h \hat{x}_h} A = \hat{b} A$$

Donde H es igual al número de estratos (H=10) y w_h equivale a la ponderación del estrato; $(w_h = N_h / N)$, \hat{y}_h es igual al promedio estimado por segmento con amapola en el estrato; \hat{x}_h equivale al promedio estimado de la superficie observable por segmento en el estrato h ; y A , a la superficie total del área cubierta por el marco de muestreo (l) basado en el modelo de riesgo.

2.5.1 Varianza y covarianza para calcular los intervalos de confianza en 2018-2019

La varianza muestral del total estimado fue determinada primero calculando los errores residuales (residuos) $e_i = y_i - b x_i, i = 1..n$ para los segmentos seleccionados (x_i es la superficie observada (no cubierto por las nubes) en el segmentoⁱ). La varianza muestral del promedio estimado de los residuos en un estrato^h fue calculada mediante la fórmula:

$$\hat{V}(\hat{e}_h) = \frac{\hat{S}_h^2(e)}{n_h}$$

Donde $\hat{S}_h^2(e)$ es la varianza espacial estimada de los residuos en el estrato^h:

$$\hat{S}_h^2(e) = \frac{1}{(n_h - 1)} \sum_{i=1}^n e_{hi}^2$$

Después, la varianza muestral del promedio estimado de los residuos en el área cubierta por el marco de muestreo basado en el modelo de riesgo se estimó mediante la fórmula:

$$\hat{V}(\hat{e}) = \sum_{h=1}^H w_h^2 \hat{V}(\hat{e}_h)$$

La varianza del *ratio* estimado fue calculada mediante:

$$\hat{V}(\hat{b}) = \frac{1}{\hat{x}^2} \hat{V}(\hat{e})$$

⁴⁹ Hay que considerar que existe un porcentaje de segmentos de la muestra con información parcial, es decir, tienen presencia de nubes o sombras que cubren parte de la imagen, por lo que estas partes no pudieron ser interpretadas.

Donde $\hat{\bar{x}}$ es el promedio estimado de la superficie observable por segmento, determinado como el promedio ponderado del estrato promedio estimado de la superficie observable por segmento:

$$\hat{\bar{x}} = \sum_{h=1}^H w_h \hat{x}_h$$

Por último, la varianza muestral de la superficie total de amapola estimada fue calculada mediante la fórmula:

$$\widehat{V}(\hat{t}(y)) = A^2 \widehat{V}(\hat{b})$$

La superficie total de adormidera puede estimarse simplemente sumando dicha superficie estimada por periodo cuatrimestral analizado. La varianza del total estimado puede obtenerse como la suma de los elementos de la matriz 3×3 con varianzas y covarianzas de los totales estimados por ciclo:

$$\begin{array}{ccc} V_a & C_{a,b} & C_{a,c} \\ C_{b,a} & V_b & C_{b,c} \\ C_{c,a} & C_{c,b} & V_c \end{array}$$

Con V_a la varianza del total estimado en el ciclo a , y $C_{a,b}$ la covarianza de los totales estimados en los ciclos a y b , etcétera.

Los términos de covarianza no son cero, ya que los dos totales se estiman a partir de las mismas unidades de muestreo, es decir, se tienen datos emparejados. La covarianza de las relaciones estimadas a dos ciclos c y d se estima por:

$$\widehat{C}(\hat{t}_c(y), \hat{t}_d(y)) = A^2 \widehat{C}(\hat{b}_c, \hat{b}_d) = A^2 \frac{1}{\hat{\bar{x}}_c \hat{\bar{x}}_d} \widehat{C}(\hat{e}_c, \hat{e}_d)$$

La covarianza de la media estimada de los residuos en los dos ciclos se estima mediante:

$$\widehat{C}(\hat{e}_c, \hat{e}_d) = \sum_{h=1}^H w_h^2 \widehat{C}(\hat{e}_{ch}, \hat{e}_{dh})$$

Con:

$$\widehat{C}(\hat{e}_{ch}, \hat{e}_{dh}) = \frac{\widehat{S}_{cdh}^2(e)}{n_h},$$

Con $\widehat{S}_{cdh}^2(e)$, la covarianza espacial estimada de los residuos en los ciclos c y d , en el estrato h :

$$\widehat{S}_{cdh}^2(e) = \frac{1}{(n_h - 1)} \sum_{i=1}^n (e_{chi} e_{dhi})$$

2.6 Factor de corrección por tipo de resolución aplicado a la estimación de área sembrada con amapola en 2018-2019

El factor de ajuste aplicado es por tipo de resolución⁵⁰ y es incluido en la estimación final para que el intervalo sea más preciso, corrigiendo el total de hectáreas sembradas identificadas en las imágenes satelitales. Para el estudio se realizaron sobrevuelos en los que se colectó fotografía aérea en los segmentos de la muestra (Mapa 6). En total se colectó fotografía aérea⁵¹ en 70 segmentos; el factor de ajuste consideró únicamente un total de 41 segmentos con imágenes satelitales y fotografías aéreas analizadas de julio 2018 a junio 2019.

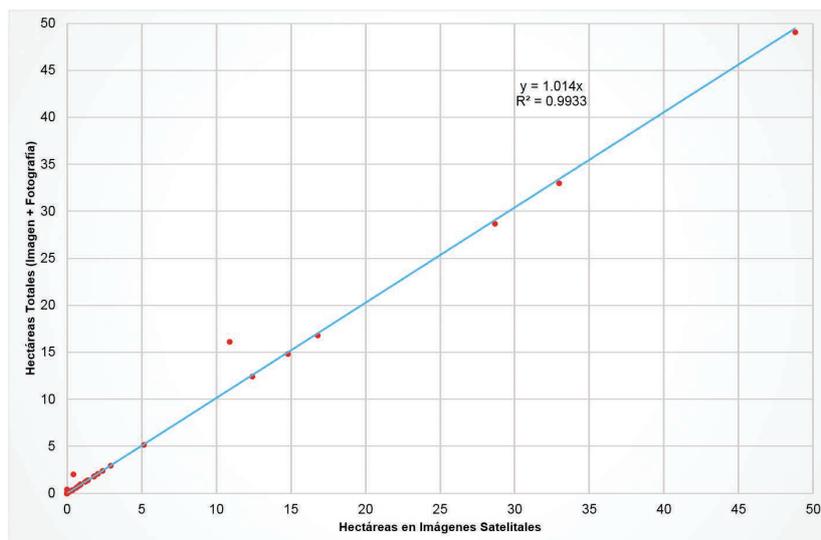
El intervalo mayor fue de 91 días entre las imágenes y fotografías utilizadas. El factor fue obtenido sólo con segmentos que tuvieran una fotografía aérea con un intervalo de ≤ 50 días⁵² a partir de la fecha de colecta de la imagen satelital. En resumen, en la Tabla 8 y la Gráfica 8 se indica que el ajuste fue del 1% adicional al área y se aplicó antes de procesar los resultados finales para la estimación de superficie total sembrada con amapola.

Tabla 8. Resultado de los coeficientes utilizados para el factor de ajuste 2018-2019

Coeficientes	
Intercepto	0
X Variable 1	1.014

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

Gráfica 8. Regresión lineal (intercepto forzado a ser 0) entre hectáreas totales y hectáreas en imágenes para 2018-2019



Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

⁵⁰ Corrige la diferencia en segmentos (imágenes satelitales) sin fotografía. Se obtiene con una regresión lineal entre el área únicamente encontrada en la imagen satelital y el área encontrada después de las interpretaciones con las fotos aéreas incluidas.

⁵¹ Las fotografías aéreas, por su resolución (0.20 metros), ayudan a validar y cuantificar nuevos plantíos de amapola que no fueron observados en las imágenes satelitales.

⁵² El criterio de "temporalidad" utilizado en el análisis de los tres periodos cuatrimestrales permite no identificar los mismos plantíos de amapola ubicados sobre un mismo terreno o etapa de crecimiento. El proyecto determinó en este criterio un intervalo de ≤ 50 días entre las fechas de colecta de las imágenes satelitales y fotografías aéreas disponibles.

Mapa 6. Cantidad de segmentos de la muestra (100 km²) con fotografías aéreas colectadas en los trabajos de campo para el estudio de monitoreo 2018-2019



Fuente: Proyecto MEXK54 "Sistema de Monitoreo de Plantíos Ilícitos en el Territorio Mexicano" - apoyado por UNODC.

Los límites y los nombres utilizados en este mapa no implican la aceptación oficial por parte de Naciones Unidas.

3. RESULTADOS DE ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA GOMA DE OPIO PARA EL PERIODO DE MONITOREO 2017-2018

El estudio de rendimiento de goma de opio en base seca determina cuál es el total de kilogramos de goma de opio por hectárea de amapola cultivada (kg/ha). Para el periodo 2018-2019 se realizaron cinco campañas de campo visitando las regiones sur en el estado de Guerrero y la norte en los estados de Sinaloa, Chihuahua y Durango; estos estados tienen las zonas con mayor incidencia de amapola en México. Las actividades de campo se consideran de alto riesgo para el personal de analistas, quienes realizan todas las mediciones y registro de la información en cada plantío de amapola visitado.

En la siguiente Tabla 9 se muestra el valor más preciso y su intervalo para los resultados obtenidos para el rendimiento de goma de opio en base seca a nivel regional y nacional.

Tabla 9. Estimación de rendimiento de goma de opio (kg/ha) 2018-2019

Región	Kilogramos / hectáreas ⁵³
Región Norte (Sinaloa y Chihuahua)	22.2 (19.3 – 25.1)
Región Sur (Guerrero)	18.9 (15.3 – 22.6)
Nacional	20.5 (16.2 – 24.8)

Fuente: UNODC.

3.1 Producción potencial de goma de opio seco

Para estimar la producción potencial de goma de opio seco 2018-2019 se utilizaron los resultados nacionales puntuales de estimación de superficie sembrada con amapola (21,500 ha) y el rendimiento de goma de opio (20.5 kg/ha) no pesado por diferentes áreas de cultivo. El resultado se obtiene con una operación matemática simple: se multiplica la estimación de superficie por el rendimiento y se divide entre la unidad de tonelada. En la Tabla 10 se muestra el valor más preciso producción potencial de goma de opio seco con su intervalo.

Tabla 10. Estimación de producción potencial de goma seca (tm) 2018-2019

Región	Toneladas métricas ⁵⁴
Nacional	440 (286 – 595)

Fuente: UNODC.

⁵³ Los resultados entre los paréntesis indican el intervalo de confianza del 95%. Promedio nacional del rendimiento de goma de opio no pesado por las diferentes áreas de cultivo.

⁵⁴ El resultado del límite inferior y superior dentro del paréntesis indica el intervalo de confianza del 95%.

3.2 Metodología de trabajos de campo para registrar las mediciones de plantíos de amapola

La selección de los campos de amapola que se visitaron en el terreno se hizo por medio de un muestreo por conveniencia⁵⁵. Se muestreó un total de 157 plantíos de amapola ubicados en las áreas de incidencia (Mapa 7) en etapa fenológica⁵⁶ entre floración y maduración de capsula. La metodología utilizada para realizar las mediciones y registro de datos⁵⁷ en el terreno son las "Directrices para la medición del rendimiento de amapola de opio y de la hoja de coca en cortas visitas al terreno" publicadas por UNODC en 2001.

El grupo de analistas del proyecto recibió apoyo logístico y operativo de las instituciones del Gobierno de México participantes (SEMAR, SEDENA Y FGR-CENAPI) para llevar a cabo las campañas de campo identificadas como: P7, P7b, P8, P9 y P10. Las instituciones proporcionaron personal de seguridad, transporte para el equipo de analistas vía aérea (helicóptero) y terrestres (Hummer), además de aeronaves de ala fija para realizar la colecta de fotografía aérea sobre los segmentos de la muestra.

Para el estudio de rendimiento, el grupo de analistas visitó en el terreno un total de 157 plantíos de amapola: 36 al interior del estado de Sinaloa y 37 en Chihuahua (Región Norte), así como 84 en el estado de Guerrero (Región Sur) tal y como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Total de plantíos de amapola visitados en la Región Norte y Sur

Contexto	Resultados				
	Fecha de visita	Año	Campaña	Estados visitados	Plantíos medidos
Región Sur (RS)	1 al 6 octubre	2018	P7	Guerrero	26
	13 al 18 diciembre	2018	P7b		21
	11 al 16 marzo	2019	P10		37
				Subtotal (RS)	84
Región Norte (RN)	19 al 23 noviembre	2018	P8	Sinaloa y Chihuahua	41
	18 al 23 febrero	2019	P9		32
				Subtotal (RN)	73
				Total (RS + RN)	157

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

La información sobre mediciones, características físicas-geográficas de la amapola, superficie sembrada, su densidad y el volumen de los bulbos (cm³) por metro cuadrado de los 157 plantíos visitados fue registrada en los formularios 1: "Características físicas por campo de amapola" y el formulario 2: "Medición de parcelas y bulbos por campo de amapola" (ver anexos IX y X).

⁵⁵ Muestreo no probabilístico y no aleatorio donde los sujetos u objetos son seleccionados dada la conveniente accesibilidad y proximidad para el investigador.

⁵⁶ Se cuenta con un estudio sobre la fenología (crecimiento) del plantío de amapola realizado por la entonces Dirección General de Erradicación de Cultivos Ilícitos de la Agencia Federal de Investigación (AFI) en 2004. El resultado confirmó que la amapola tiene un desarrollo de 120 días aproximadamente desde la germinación hasta llegar a maduración de sus bulbos.

⁵⁷ Se registran las características físicas de los plantíos, densidad y el volumen de los bulbos (cm³) por metro cuadrado.

Mapa 7. Ubicación de los plantíos de amapola medidos para obtener su rendimiento de goma de opio en 2018-2019.



Fuente: Proyecto MEXK54 "Sistema de Monitoreo de Plantíos Ilícitos en el Territorio Mexicano" - apoyado por UNODC.

Los límites y los nombres utilizados en este mapa no implican la aceptación oficial por parte de Naciones Unidas.

3.3 Metodología para determinar el rendimiento de la goma de opio en México

Para los cálculos de estimación del rendimiento de goma de opio (kg/ha) del estudio 2018-2019, se utilizó el mismo modelo matemático mixto⁵⁸ que el estudio pasado⁵⁹, el cual utiliza fórmulas en cada modelo y para el cálculo del volumen de los bulbos maduros y potenciales (VC). El modelo fue ajustado con los datos recopilados en las regiones norte y sur del país durante las cinco campañas (P7, P7b, P8, P9 y P10) entre octubre de 2018 y febrero 2019. Cabe mencionar que, a partir del mes de marzo 2019, el Gobierno de México implementó medidas de seguridad para evitar la propagación del coronavirus SARS-COV2 en su población, y por ello, el proyecto MEXK54 realizó en modalidad virtual el pasado mes de octubre del 2020 el taller técnico: **"Validación y Análisis de datos para el cálculo de rendimiento de goma de opio en México 2018-2019"**. En el taller se tuvo la participación de personas expertas nacionales e internacionales, se revisaron los datos recopilados en campo y se discutieron los parámetros estadísticos para obtener el segundo resultado del estudio de rendimiento de goma de opio (kg/ha).

Para el cálculo de estimación del rendimiento de goma de opio (kg/ha) 2018-2019, se utilizaron 68 plantíos de amapola (33 de RN y 35 RS) estadísticamente representativos.

Modelos utilizados para el cálculo del rendimiento de goma de opio

- Modelo hipérbola no rectangular (Thai-Pak, 2001):

$$Y_{TP} = [(VC + 1495) - ((VC + 1495)^2 - 395.259 * VC)^{0.5}] / 1.795$$

- Modelo lineal (México, 2002):

$$Y_{MX02} = 0.0421 * VC$$

Donde:

Y = rendimiento de goma de opio seca (kg/ha)

VC = volumen proyectado para los bulbos maduros por cada parcela de un metro cuadrado (cm³/m²)

$$Y = \text{MIN} (Y_{MX02}, Y_{TP})$$

Cálculo de volumen para los bulbos (VC_m)

Para el estudio de rendimiento, se calculó el volumen total de todos los bulbos maduros para cada parcela, VC_m (cm³ m⁻²), desde la altura y el diámetro de los bulbos individuales, usando la siguiente ecuación:

$$VC_m = \sum [(4/3 * \pi * a^2 * b)]$$

Donde:

a = mitad del diámetro de la cápsula (cm)

b = mitad de la altura de la cápsula (cm)

Cálculo de volumen para los bulbos potenciales (VC)

Se calculó el volumen del bulbo proyectado (o potencial) para cada parcela (VC) usando la siguiente ecuación:

$$VC = (FB + C_i + C_m) * VC_m / C_m$$

Donde:

FB = número de flores y botones⁶⁰ contabilizados en la parcela de 1 m²

C_i = número de bulbos inmaduros contabilizados en la parcela de 1 m²

C_m = número de bulbos maduros contabilizados en la parcela de 1 m²

VC_m = volumen total de los bulbos maduros en la parcela de 1 m²

⁵⁸ El modelo combina la hipérbola no-rectangular (Thai-Pak) de UNODC y el modelo lineal MX (México) de Basil & Mary C. Acock.

⁵⁹ Para mayor detalle sobre metodología aplicada al rendimiento 2017-2018, consultar el subcapítulo 3.1 y 3.2 del informe: México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2017-2018 (UNODC, 2020), publicado en la siguiente dirección web:

<https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2017-2018-Alta.pdf>

⁶⁰ Se consideran solamente aquellos botones que se espera se conviertan en bulbos maduros dentro del tiempo de cosecha (para mayores detalles consultar las Directrices para la medición del rendimiento de amapola de opio y de la hoja de coca en cortas visitas al terreno publicado por UNODC en 2001).

El procedimiento y actividades para registrar los datos en el terreno de cada plantío de amapola por parte del grupo de analistas en los formularios de campo 1 y 2, se establece en la **“Guía para realizar las mediciones a plantíos de amapola”** (ver anexo XI). Por otra parte, derivado del taller de rendimiento, se está fortaleciendo el protocolo para la colecta de datos en el terreno para la estimación de rendimiento. A partir de la campaña P10 se comenzó la creación de fichas técnicas que incluyen información básica del plantío y datos de los elementos de cada parcela de 1m², así como fotografías de la medición del alto y diámetro de cada bulbo (Figuras 3, 4, 5 y 6).

Figura 3. Ficha técnica (datos generales) para plantíos de amapola medidos en el terreno

FICHA TÉCNICA – PLANTÍO DE AMAPOLA		
	Clave de Campaña: P10	Superficie Plantío GPS (m ²): 1770
	Clave del Plantío: AMRS012040000331	Número de Plantas: 24
	Fecha: 13/03/2019	Altura Promedio Plantas (cm): 72
	Estado: Guerrero	Núm. Bulbos Maduros Sin Rayar: 26
	Municipio: Leonardo Bravo	Núm. Bulbos Maduros Rayados: 14
	Localidad: El Balzamar	Núm. Bulbos Viejos Rayados: 1
	Altitud (msnm): 2470	Núm. Bulbos Inmaduros: 10
	Latitud: 17° 35' 0.90" N	Núm. Flores: 5
	Longitud: 99° 48' 42.0" W	Núm. Botones: 34

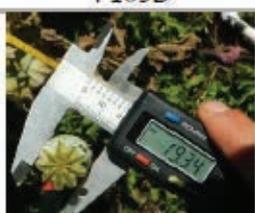
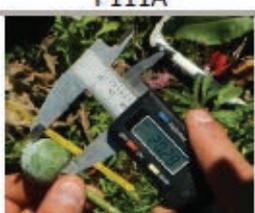
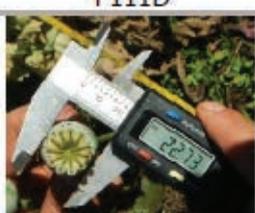
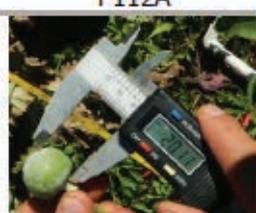
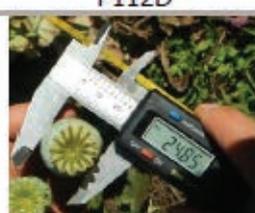


Parcela No. 1



Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

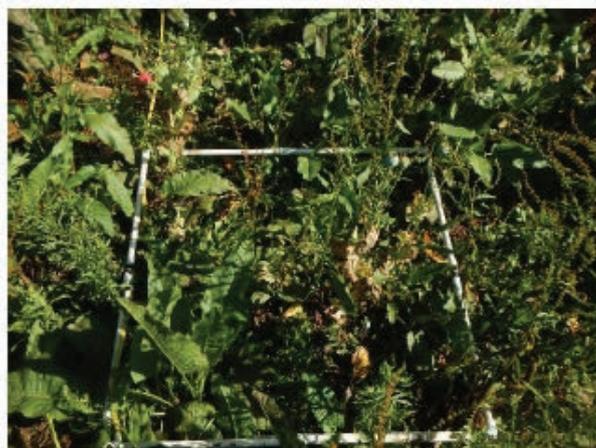
Figura 4. Ficha técnica (datos parcela 1) para plantíos de amapola medidos en el terreno

P1: Parcela 1	No. Consecutivo Bulbo: 01 al 20	A: Altura Bulbo	D: Diámetro Bulbo
P101A	P101D	P102A	P102D
			
P103A	P103D	P104A	P104D
			
P105A	P105D	P106A	P106D
			
P107A	P107D	P108A	P108D
			
P109A	P109D	P110A	P110D
			
P111A	P111D	P112A	P112D
			

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

Figura 5. Ficha técnica (datos parcela 2) para plantíos de amapola medidos en el terreno

Parcela No. 2



P2: Parcela 2	No. Consecutivo Bulbo: 01 al 20	A: Altura Bulbo	D: Diámetro Bulbo
P201A	P201D	P202A	P202D
P203A	P203D	P204A	P204D
P205A	P205D	P206A	P206D
P207A	P207D	P208A	P208D

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

Figura 6. Ficha técnica (datos parcela 3) para plantíos de amapola medidos en el terreno

Parcela No. 3



P3: Parcela 3	No. Consecutivo Bulbo: 01 al 20	A: Altura Bulbo	D: Diámetro Bulbo
P301A	P301D	P302A	P302D
P303A	P303D	P304A	P304D
P305A	P305D	P306A	P306D
P307A	P307D	P308A	P308D

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

3.4 Caracterización de los plantíos de amapola en México

Hasta el estudio de monitoreo 2018-2019, el proyecto MEXK54 ha realizado diez campañas en el terreno para obtener el rendimiento de goma de opio (kg/ha) y ha registrado características físicas y mediciones de un total de 398 plantíos de amapola para las regiones Norte (Sinaloa, Chihuahua y Durango) y Sur (Guerrero) de México. Durante cada visita en el terreno, el equipo de analistas ha fotografiado las técnicas de siembra; el manejo del cultivo mediante el uso de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas; las modalidades en que el campesino almacena el agua para el riego de los plantíos; así como el tipo de pétalos y variedades de color de las flores de la amapola.

Técnicas de siembra en los plantíos de amapola

Durante las visitas al terreno, se han encontrado algunas técnicas de siembra como el boleó (desordenado), terrazas y surcos (Foto 1).

1. Se llama boleó al riego de la semilla en forma desordenada sobre el suelo, sin importar los grados de pendiente del terreno.
2. Las terrazas se utilizan cuando la inclinación de pendiente en el terreno es $>30^\circ$ aproximadamente. La semilla se distribuye sobre cada escalón de la terraza, lo que evita que ésta sea deslavada por la lluvia o por el riego realizado por el campesino.
3. Los surcos proporcionan un orden en la siembra de las plantas; esta técnica se puede utilizar en terrenos con pendientes de 0° a 40° , lo que permite al campesino tener un mayor control sobre la práctica de cosecha del plantío, ya que existe un espacio suficiente entre los surcos para manipular de mejor forma cada planta al momento de rayar sus bulbos y recoger su látex.

En México, el tipo de siembra más común es el boleó. Este tipo de siembra presenta la desventaja de un alto hacinamiento entre las plantas de amapola, lo que genera competencia entre ellas por crecer y ocasiona que no todas las plantas lleguen a su madurez, la cual se alcanza regularmente cuando oscilan entre 0.60 m y 0.90 m. aproximadamente.

Foto 1. Técnicas de siembra para la amapola en México



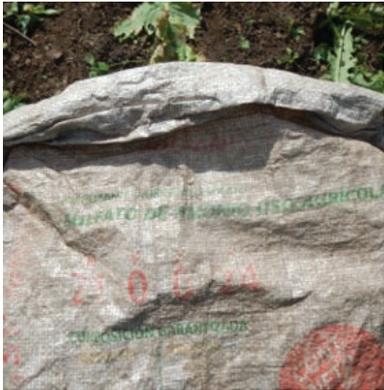
Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

Uso de fertilizantes, herbicidas y plaguicidas

Se han encontrado recipientes plásticos con fertilizantes, herbicidas y plaguicidas que son utilizados por el campesino para tener un mayor control y producción del plantío de amapola (Foto 2).

1. Los fertilizantes son utilizados para nutrir la tierra con la finalidad de obtener mejores cosechas. Otra técnica que es utilizada para fertilizar el suelo es la quema de troncos sobre el terreno, que permite integrar al subsuelo carbón que servirá como un nutriente natural para la siembra de la amapola.
2. Los herbicidas son empleados para evitar el crecimiento de vegetación diversa o malezas que podrían invadir el terreno, evitando un óptimo crecimiento de las plantas de amapola.
3. El uso de plaguicidas ayuda a prevenir y/o erradicar plagas como insectos o gusanos que destruyen o enferman a las plantas.

Foto 2. Control para el desarrollo óptimo de los plantíos de amapola

Fotografías de los fertilizantes, herbicidas y plaguicidas		
 <p>Fertilizante - Amonio</p>	 <p>Herbicida</p>	 <p>Plaguicida</p>
 <p>Fertilizante - Carbón</p>	 <p>Herbicida</p>	 <p>Plaguicida</p>

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

Tipos de almacenamiento de agua para el riego a plantíos de amapola

Los campesinos tienen que idear distintas formas de almacenar agua para realizar el riego de los plantíos de amapola; estos sistemas de riego son construidos de forma artesanal. A continuación, se describen unos ejemplos y se observan en la Foto 3.

1. Algunos sistemas de riego son construidos en forma de calicatas⁶¹, excavaciones en el terreno cuyas paredes son selladas con material utilizado comúnmente en la industria de la construcción (tabiques, estuco o cemento) y llenados a través de motobombas.
2. Otra forma de cubrir las paredes y hacerlas impermeables es con plástico, regularmente de alta densidad.
3. En algunos casos, utilizan tanques plásticos con capacidad de almacenamiento de 5,000 litros o mayor, como los que se utilizan en las viviendas.
4. Se ha visto cómo se almacena el agua en espacios anchos de los ríos: crean pozas para retener la mayor cantidad de agua con costales rellenos de arena, después mediante mangueras y por efecto de la gravedad, realizan el riego. Las pozas son ubicadas en las partes altas del río.

Foto 3. Tipos de almacenamiento de agua para el riego de la amapola



Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

⁶¹ Excavaciones que se hacen en el suelo, con medidas y profundidades variables. Esta técnica es utilizada para realizar estudios edafológicos o pedológicos de un terreno para analizar el perfil del suelo y conocer su estructura, textura y elementos químicos presentes.

Variedades de flores de los plantíos de amapola

Se han encontrado flores de amapola de varios colores, como rojas, violetas, lilas, blancas y algunas bicolors; con pétalos de tipo flequillo y/o entero. Las más comunes son las de color rojo y violeta, las cuales son sembradas desde las altitudes que van aproximadamente de los 500 a los 2,200 (m.s.n.m.), como se observan en la Foto 4.

Foto 4. Tipo de pétalos y colores de flores de amapola.

Fotografías de las variedades de amapola		
		
Flequillo - Violeta	Flequillo - Blanca	Flequillo - Roja
		
Flequillo - Bicolor (violeta)	Entero - Bicolor (rosa)	Entero - Bicolor (roja)
		
Entero - Lila	Flequillo - Bicolor	Entero - Violeta

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE LA GOMA DE OPIO PARA EL PERIODO DE MONITOREO 2018-2019

Para este periodo de estudio 2018-2019, el Gobierno de México determinó por segunda ocasión el contenido de morfina (%) en la goma de opio de 157 plantíos de amapola (Mapa 8) que fueron muestreados en la Región Norte (Sinaloa y Chihuahua) y en la Región Sur (Guerrero).

Los analistas del proyecto obtuvieron como mínimo 1 gramo de látex por cada plantío de amapola muestreado en el terreno. Aproximadamente se rayó un total de 9,420 bulbos: 4,380 bulbos para la Región Norte y 5,040 para la Región Sur. Los trabajos de muestreo se realizaron durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2018; y en febrero - marzo de 2019.

Los estudios de concentración de morfina en las muestras de goma de opio se realizaron en el Laboratorio de Química Forense de la Coordinación General de Servicios Periciales de la Fiscalía General de la República, el cual opera bajo los criterios de la norma 17025 de la Organización Internacional de Normalización (ISO 17025, por sus siglas en inglés).⁶²

En la Tabla 12 se muestran los resultados promedio obtenidos del contenido de morfina en la goma de opio en base seca a nivel regional y nacional.

Tabla 12. Contenido de morfina (%) en la goma de opio 2018-2019⁶³

Región	Porcentaje de Morfina ⁶⁴
Región Norte (Sinaloa y Chihuahua)	18.2% (± 0.24%)
Región Sur (Guerrero)	17.0% (± 0.24%)
Nacional	17.6% (± 0.24%)

Fuente: Gobierno de México - Proyecto MEXK54.

⁶² Norma de calidad que tiene base en la serie de normas ISO 9000, aunque introduce una serie de requisitos técnicos imprescindibles para lograr la acreditación de los laboratorios de ensayo y calibración.

⁶³ Los resultados de la tabla están redondeados al decimal próximo.

⁶⁴ Los valores entre paréntesis de los resultados de la concentración de morfina indican la incertidumbre expandida del análisis químico.

Mapa 8. Ubicación de los plantíos de amapola que fueron visitados para obtener una muestra de látex de goma de opio para el contenido de morfina en 2018-2019



Fuente: Proyecto MEXK54 "Sistema de Monitoreo de Plantíos Ilícitos en el Territorio Mexicano" - apoyado por UNODC.

Los límites y los nombres utilizados en este mapa no implican la aceptación oficial por parte de Naciones Unidas.

4.1 Metodología en trabajos de campo para coleccionar la muestra de látex de goma de opio

El estudio de análisis químico de la goma de opio seca fue realizado para determinar la concentración de morfina (%) para cada cultivo de amapola. Se visitaron en el terreno los plantíos de amapola y se recolectó una muestra de látex de 1 a 2 gramos en promedio. El muestreo se realizó bajo condiciones físicas y de seguridad difíciles, esto por causa de la situación prevaleciente en el país, aunado a que las áreas son poco pobladas, tienen poco acceso a transporte carretero y cuentan con altos grados de marginación.

Para este estudio 2018-2019, el equipo de analistas realizó cinco campañas de visita a campo: tres en el estado de Guerrero considerado como Región Sur, una en el estado de Sinaloa y una en Chihuahua, correspondientes a la Región Norte. El trabajo fue realizado de forma conjunta con personal de analistas de la Secretaría de Marina, la SEDENA y la Fiscalía General de la República, quienes realizaron los trabajos de muestreo de látex a los 157 plantíos de amapola, como se indica en la Tabla 13.

Tabla 13. Total de plantíos de amapola muestreados en la Región Norte y Sur

Contexto	Resultados				
	Fecha de visita	Año	Campaña	Estados visitados	Muestras látex
Región Sur (RS)	1 al 6 octubre	2018	P7	Guerrero	26
	13 al 18 diciembre	2018	P7b		21
	11 al 16 marzo	2019	P10		37
				Subtotal (RS)	84
Región Norte (RN)	19 al 23 noviembre	2018	P8	Sinaloa y Chihuahua	41
	18 al 23 febrero	2019	P9		32
				Subtotal (RN)	73
				Total (RS + RN)	157

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

Para extraer el látex de la goma de opio, se debe determinar que los bulbos visualmente presenten madurez⁶⁵ y realizar una serie de pasos para coleccionar la muestra (ver anexo XII), los cuales fueron determinados por el grupo de analistas de acuerdo con la experiencia adquirida en campo. El proceso empleado por los agricultores para recolectar la goma de opio de los bulbos de amapola es empírico, por lo que los analistas del proyecto realizan la colecta de forma similar a como lo hace el agricultor. Por cuestiones de inseguridad en las áreas donde se siembran los plantíos de amapola, los analistas recogen el látex en frascos de polietileno de alta densidad con taparrosca de sellado hermético después de 15 minutos de haber realizado el rayado de los bulbos (Foto 5).

⁶⁵ Momento adecuado para realizar el rayado del bulbo, ya que se obtiene la mayor cantidad de goma de opio con un alto contenido de alcaloides (morfina) de acuerdo con el estudio "Limited Opium Yield Assessment Surveys" realizado por Scientific and Technical Notes (SCITEC/19) de UNODC, publicado en 2003.

Foto 5. Muestreo de látex de goma de opio



Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

4.2 Metodología y resultados por campaña para determinar los sólidos y el contenido de morfina en las muestras de látex en goma de opio

El Laboratorio de Química Forense de la FGR empleó el mismo método para la determinación del contenido de sólidos utilizado en el estudio 2017-2018⁶⁶, y se aplicó a las 157 muestras de látex (goma de opio) tomadas directamente de los bulbos maduros de los plantíos de amapola. Los resultados para cada campaña de campo se muestran en la siguiente Tabla 14.

Tabla 14. Porcentajes de sólidos en el látex (goma de opio) por campaña durante 2018-2019

Región	Periodo campaña	Promedio de sólidos (%)
Región Sur (Guerrero)	Octubre de 2018	39.8%
Región Norte (Sinaloa y Chihuahua)	Noviembre de 2018	47.9%
Región Sur (Guerrero)	Diciembre de 2018	37.4%
Región Norte (Sinaloa y Chihuahua)	Febrero de 2019	45.2%
Región Sur (Guerrero)	Marzo de 2019	51.6%
Regiones Sur y Norte (nacional)	2018-2019	44.4%

Fuente: Gobierno de México - Proyecto MEXK54.

⁶⁶ Para mayor detalle sobre metodología para determinar los sólidos, consultar el subcapítulo 4.2 del informe: México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2017-2018 (UNODC, 2020), publicado en la siguiente dirección web: <https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2017-2018-Alta.pdf>

La metodología utilizada y debidamente validada para determinar el contenido de morfina en la goma de opio de plantíos de amapola en México fue la empleada en el estudio 2017-2018⁶⁷.

El resultado fue preciso y reproducible, empleando técnicas de cromatografía de gases como: Detector de Ionización de Flama (GC-FID) y la Acoplada a Espectrometría de Masas (GC-EM). En la Tabla 15 se muestran los resultados del porcentaje de contenido de morfina para las cinco campañas de campo realizadas durante 2018 y 2019.

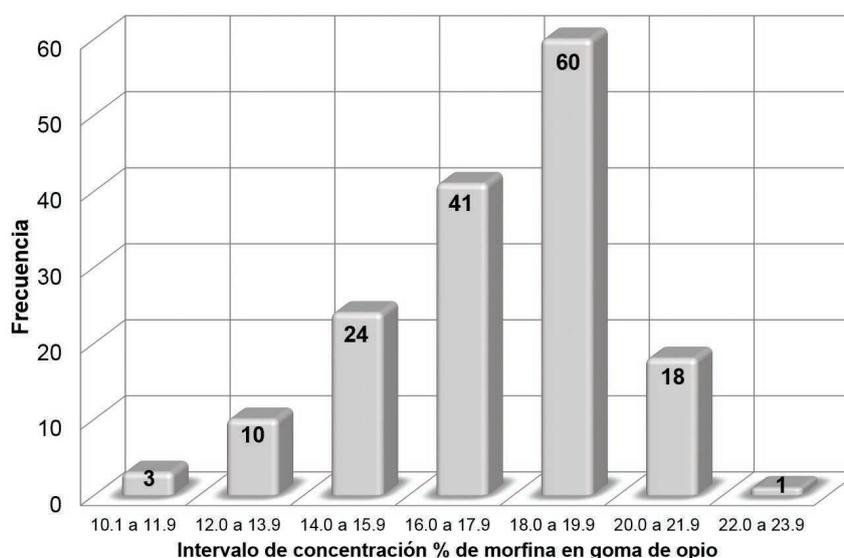
Tabla 15. Porcentajes de contenido de morfina en las campañas de 2018-2019

Región	Periodo campaña	Promedio de morfina (%)
Región Sur (Guerrero)	Octubre de 2018	16.5%
Región Norte (Sinaloa y Chihuahua)	Noviembre de 2018	17.9%
Región Sur (Guerrero)	Diciembre de 2018	18.4%
Región Norte (Sinaloa y Chihuahua)	Febrero de 2019	18.7%
Región Sur (Guerrero)	Marzo de 2019	16.6%
Regiones Sur y Norte (nacional)	2018-2019	17.6%

Fuente: Gobierno de México - Proyecto MEXK54.

En la Gráfica 9 se incluye el contenido de morfina para las 157 muestras de látex (goma de opio) colectadas durante las campañas P7, P7b, P8, P9 y P10. Los intervalos se establecieron cada 1.9%.

Gráfica 9. Frecuencias del contenido de morfina para el estudio de monitoreo 2018-2019



Fuente: Gobierno de México - Proyecto MEXK54.

⁶⁷ Para mayor detalle sobre metodología para determinar el contenido de morfina, consultar los subcapítulos 4.3, 4.3.1, 4.3.2 y 4.3.3 del informe: México-Monitoreo de Cultivos de Amapola 2017-2018 (UNODC, 2020), publicado en la siguiente dirección web: <https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2017-2018-Alta.pdf>

5. RESULTADOS DEL ESFUERZO NACIONAL EN ACTIVIDADES DE DESTRUCCIÓN Y ASEGURAMIENTOS DE AMAPOLA

El presente capítulo reporta los resultados temporales y espaciales del Esfuerzo Nacional del Gobierno de México en la lucha contra la oferta de drogas de 2014 a 2019, específicamente en lo que se refiere a la fase de siembra de amapola e incautación de sus derivados.

En México, la producción de drogas está estrechamente vinculada con la demanda en los Estados Unidos de América, la mayor a nivel mundial. Sin embargo, la producción de derivados de amapola también se ve afectada por cuestiones estructurales y coyunturales, por lo que no tiene un comportamiento heterogéneo ni en el tiempo, ni en el espacio.

Para muestra de lo anterior, se puede mencionar que a pesar de que con el tiempo han disminuido las hectáreas destruidas de amapola en territorio nacional, año con año esta destrucción mantiene un comportamiento cíclico estrechamente relacionado con las etapas naturales de crecimiento de la planta.

Asimismo, en cuanto a los derivados de la amapola, a pesar de que el aseguramiento de heroína se mantiene constante, el de goma de opio muestra un comportamiento a la baja. Por otra parte, tanto la destrucción de plantíos de amapola como el aseguramiento de sus derivados mantienen patrones espaciales bien definidos.

5.1 Resultados del Esfuerzo Nacional⁶⁸

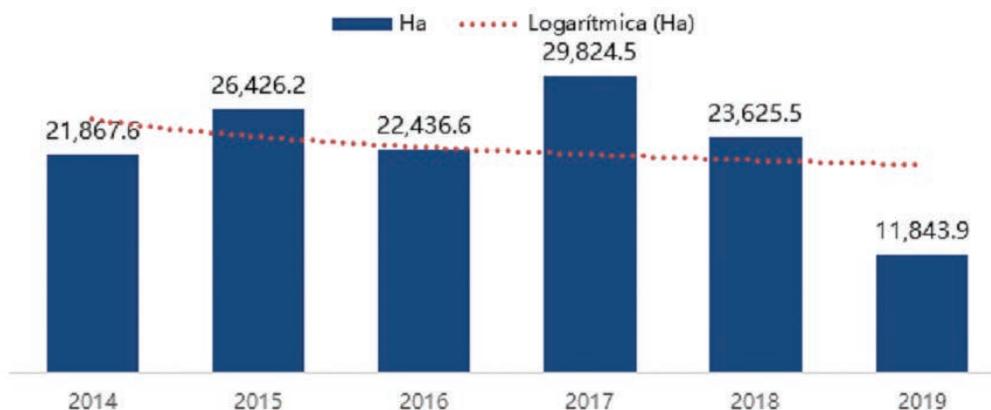
El Esfuerzo Nacional de combate a la producción de drogas en México recae de forma directa en las acciones de cinco instituciones del Estado Mexicano: la FGR, la SEDENA, la SEMAR, la Secretaría de Seguridad Pública y Protección Ciudadana (SSPC) y la Secretaría de Gobernación (SEGOB)⁶⁹. Sin embargo, es importante destacar que SEDENA es la institución que ha destruido la mayor cantidad de plantíos de amapola (99%).

Entre 2014 y 2019, en territorio mexicano se han destruido 136,024.4 hectáreas de cultivo de amapola. El año con la mayor destrucción fue 2017, con 29,824.5 ha., mientras que 2019 fue el año en que se reportó la menor, correspondiente a 11,843.9 ha. Si bien la pendiente de la línea de tendencia que mide la reducción de 2019 a 2018 no es tan pronunciada, esta fue de 49.9%, es decir, una diferencia de 11,781.6 Ha. (Gráfica 10).

⁶⁸ Los resultados del Esfuerzo Nacional son reportados por las dependencias del Gobierno mexicano (SEDENA, SEMAR, FGR-CMI-PFM-CENAPI Y SSPC); estos no han sido verificados por UNODC.

⁶⁹ Los datos de Esfuerzo Nacional no son verificados en su total por ONUDC-México.

Gráfica 10. Hectáreas destruidas de amapola 2014-2019



Fuente: Elaboración propia con datos del Esfuerzo Nacional, 2014-2019.

A lo largo de los meses, la serie de tiempo de la destrucción de amapola muestra un comportamiento cíclico, debido al proceso natural de crecimiento de la planta, concentrándose en los meses de enero y marzo (> 50%), como muestra la Gráfica 11.

Gráfica 11. Hectáreas destruidas mensualmente de amapola de 2014-2019

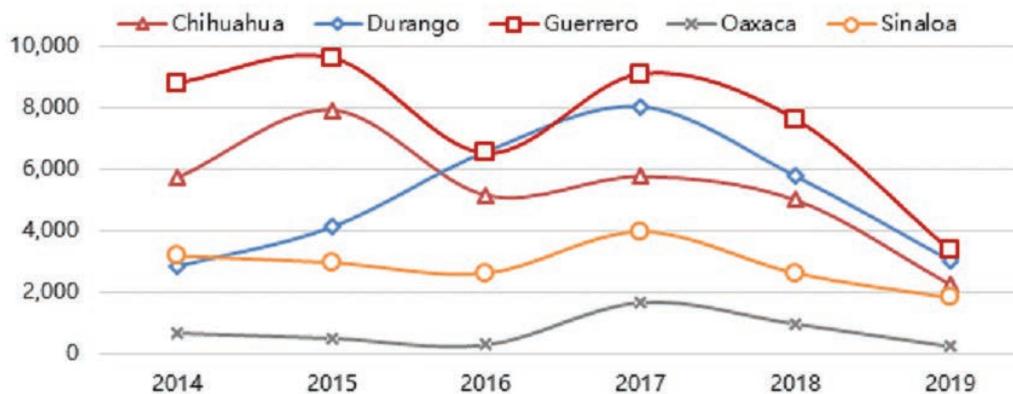


Fuente: Elaboración propia con datos del Esfuerzo Nacional, 2014-2019.

A nivel estatal, el 15.7% (5) de las entidades federativas reunieron el 94.9% de las de hectáreas destruidas. Chihuahua y Guerrero fueron las que registraron el mayor número. Tan solo en 2015, estas entidades acumularon un total de 9,615.2 y 7,921.9 hectáreas respectivamente. Las tres entidades restantes fueron Durango, Oaxaca y Sinaloa, mismas que alcanzaron su máximo en 2017, con 8,031.6, 1,684.2 y 3,980.1 hectáreas respectivamente.

Por otro lado, estas cinco entidades registraron su valor mínimo en 2019. Chihuahua con 2,777.7, Durango con 3,049.7, Guerrero con 3,381.3, Oaxaca con 260.5 y Sinaloa con 1,837.9. (ver la Gráfica 12).

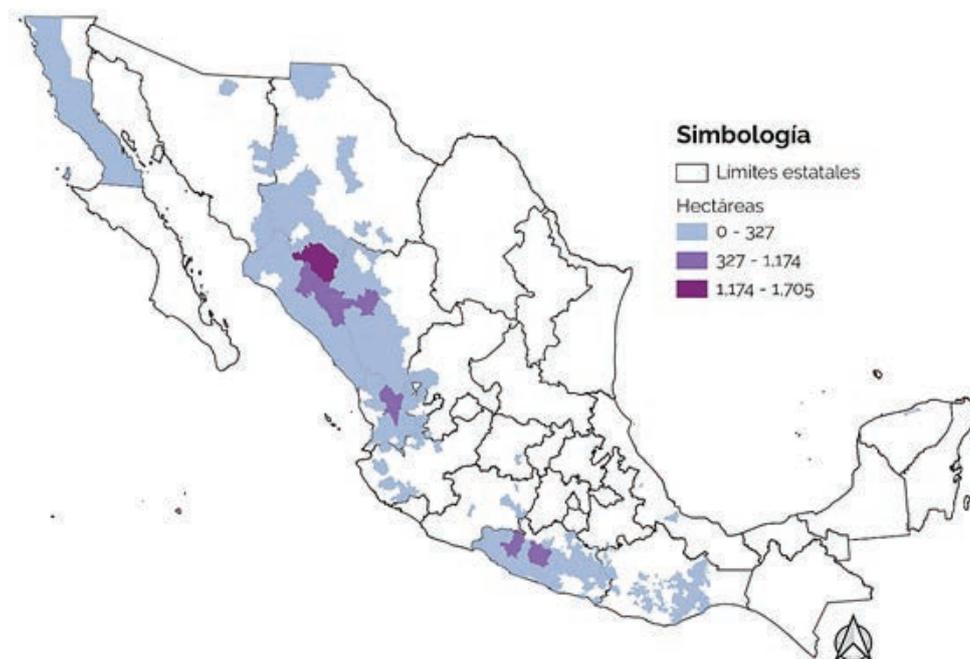
Gráfica 12. Hectáreas destruidas de amapola por entidad federativa de 2014-2019



Fuente: Elaboración propia con datos del Esfuerzo Nacional, 2014-2019.

Si bien este texto no pretende ahondar en las causas de la aparente reducción en la destrucción de plantíos de amapola, es importante considerar el papel que han jugado las nuevas sustancias psicoactivas en los mercados criminales. Dado que suelen implicar un margen de ganancia superior en comparación con otras sustancias como los opioides, resultarían más atractivas para las organizaciones criminales. A nivel municipal, podemos observar que la distribución de hectáreas destruidas está, al igual que el caso de las entidades, concentrada en pocas unidades. En 2019 sólo en 8.9% (220) de los municipios mexicanos se realizaron actividades de destrucción de la planta. De estos municipios seis (2.7%), principalmente ubicados en Chihuahua, Nayarit y Guerrero, concentraron el 49.5% del total de la destrucción total. (Mapa 9).

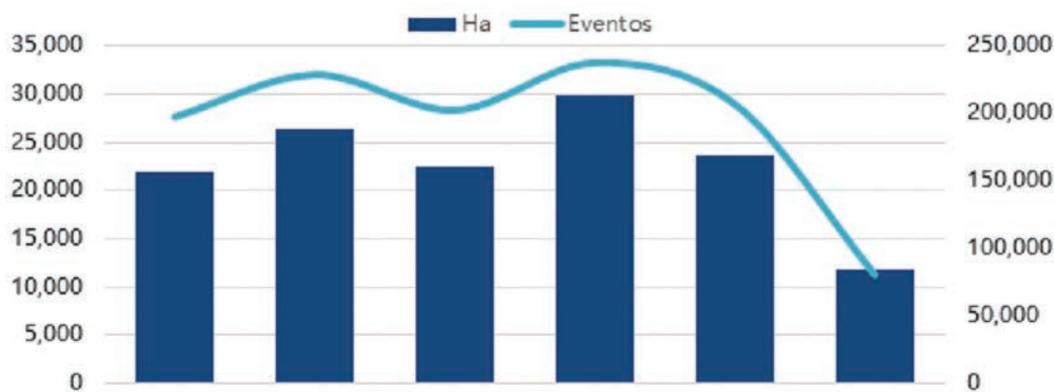
Mapa 9. Hectáreas destruidas de amapola por municipio en 2019



Fuente: Elaboración propia con datos del Esfuerzo Nacional, 2014-2019 y el INEGI, Marco Geoestadístico.

En cuanto al número de eventos de destrucción durante el periodo, este fue de 1'153,392 y, al igual que las hectáreas destruidas, registró su máximo en 2017 con un total de 237,407 eventos y su mínimo en 2019 con 80,593 (Gráfica 13). Cada evento involucró en promedio 0.1 hectárea de amapola.

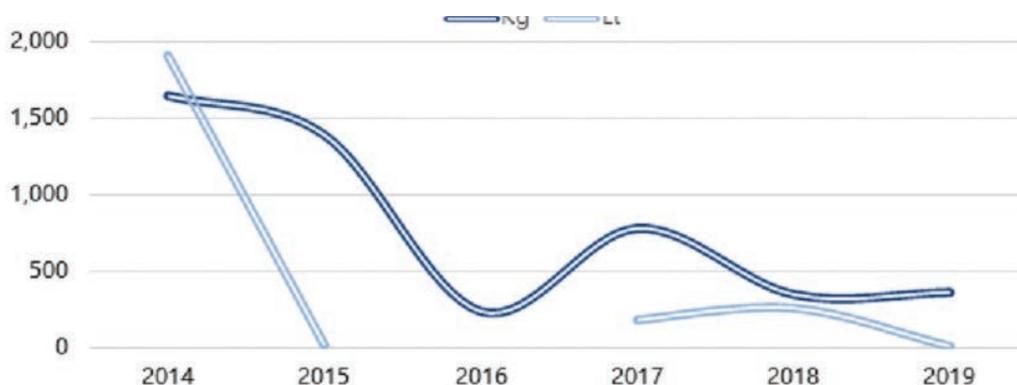
Gráfica 13. Hectáreas destruidas y eventos de destrucción de plantíos de amapola 2014-2019



Fuente: Elaboración propia con datos del Esfuerzo Nacional, 2014-2019.

En lo que corresponde a los aseguramientos de los derivados de la planta, concretamente de goma de opio y de heroína, de 2014 a 2019 estos mostraron comportamientos distintos entre sí. Por una parte, el aseguramiento de goma de opio mostró una tendencia a la baja. Los kilos asegurados pasaron de 1,649.4 en 2014 a 359.1 en 2019, una reducción del 78.2%. El aseguramiento de este derivado en su presentación líquida, aunque también tiene una tendencia decreciente, mostró fluctuaciones mucho más significativas a lo largo del tiempo. Esto puede deberse a que encontrar el derivado en esta presentación es poco común. Por ejemplo, en 2016 no se registró ningún aseguramiento con estas características. De 2014 a 2019, pasó de 1914.2 litros a 5.9, representando una disminución del 99.7% (Gráfica 14).

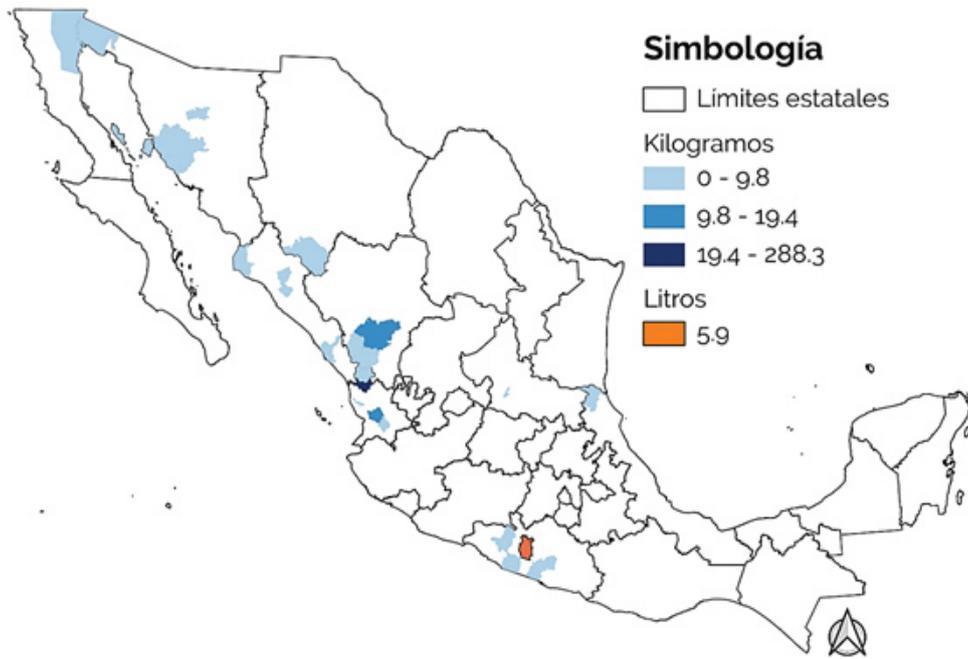
Gráfica 14. Aseguramiento de goma de opio de 2014-2019



Fuente: Elaboración propia con datos del Esfuerzo Nacional, 2014-2019.

En el ámbito local, durante 2019 el aseguramiento de kilogramos de goma de opio se concentró en municipios pertenecientes a Nayarit y Durango, mientras que el único aseguramiento de esta sustancia en presentación líquida ocurrió en Guerrero (Mapa 10).

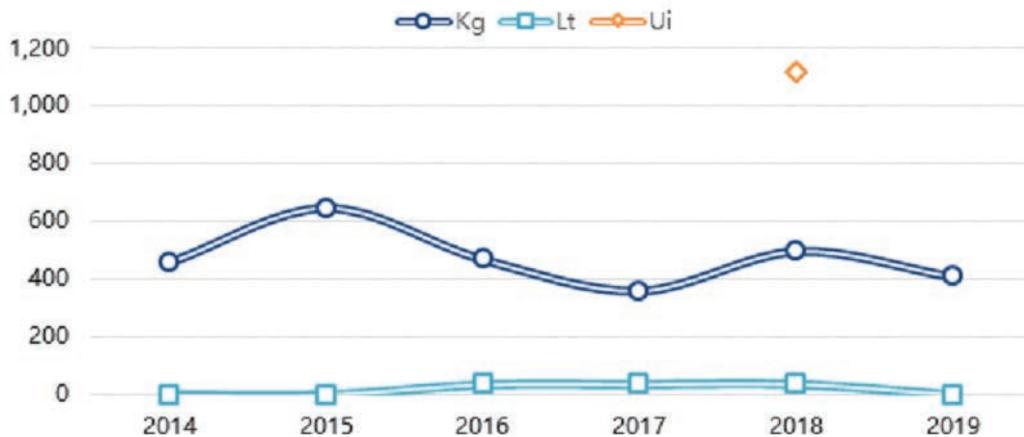
Mapa 10. Aseguramiento por municipio de goma de opio en 2019



Fuente: Elaboración propia con datos del Esfuerzo Nacional, 2014-2019. E INEGI, Marco Geoestadístico.

Por otra parte, a diferencia de la destrucción de plantíos de amapola y del aseguramiento de goma de opio, el de heroína muestra un comportamiento constante. A lo largo del periodo, se aseguraron en promedio 18.1 litros, y 473.5 kilogramos al año. El aseguramiento de la droga medido en unidades sólo se reportó en el año 2018 y ascendió a 1,120 (Gráfica 15).

Gráfica 15. Aseguramiento de heroína en 2014-2019



Fuente: Elaboración propia con datos del Esfuerzo Nacional, 2014-2019.

En cuanto al plano espacial, el aseguramiento de kilogramos de heroína ocurrió únicamente en el norte del país, principalmente en Baja California y Sonora. Por su parte, el aseguramiento de la sustancia en estado líquido se concentró en Sinaloa. El único aseguramiento reportado en unidades ocurrió en el municipio de Tijuana, Baja California.

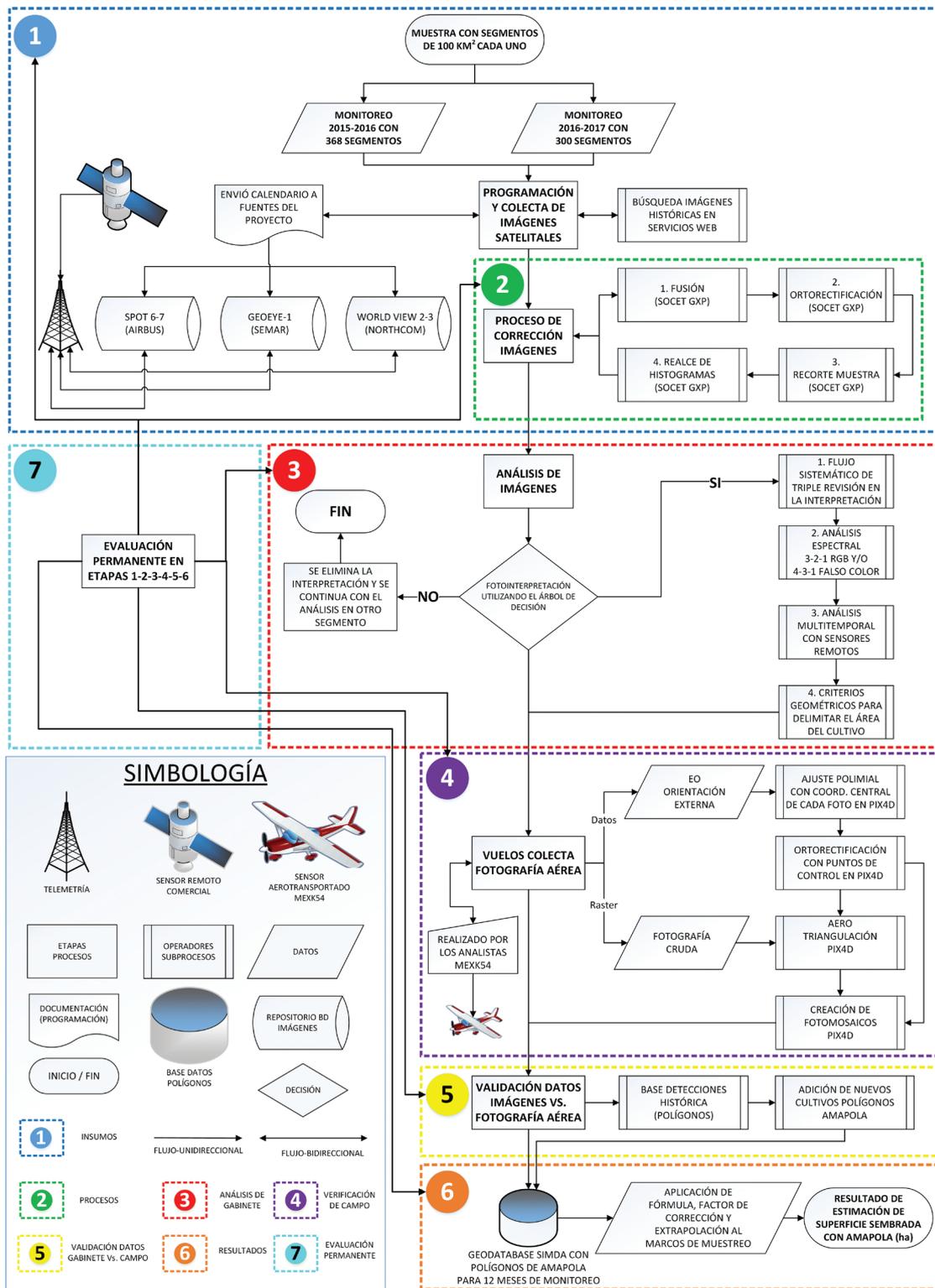
Mapa 11. Aseguramiento de heroína por municipio en 2019



Fuente: Elaboración propia con datos del Esfuerzo Nacional, 2014-2019 y el INEGI, Marco Geoestadístico.

ANEXO I: Diagrama metodológico del proyecto de monitoreo en México

El proyecto MEXK54 tiene consolidada una metodología propia, con etapas generales y subprocesos, los cuales se aplican en cada uno de los tres periodos cuatrimestrales de cada estudio de monitoreo.



Fuente: Elaboración proyecto MEXK54 (actualizado, 2018).

ANEXO II: Características de los sensores pasivos-ópticos utilizados para el monitoreo en 2018-2019

Las imágenes satelitales proporcionadas por los diferentes sensores remotos son el insumo principal para los análisis de los plantíos de amapola. Estas imágenes tienen un cubrimiento de 100 km² cada una y provienen de sensores remotos de tipo pasivo-óptico. En el siguiente cuadro se describen algunas de las características de las imágenes comerciales y fotografía aérea que utiliza el proyecto.

Sensor	Tipo de Bandas	Sensor y resolución	Rango dinámico y precisión	Ancho de barrido	Altitud órbita
SPOT 6 y 7	Pancromática Roja Verde Azul Infrarroja cercano	Pancromático: 1.5 m Multiespectral: 6 m	11 bits/píxel 10 m CE90	60 x 180 km	822 km
Geo Eye 1	Pancromática Roja Verde Azul Infrarroja cercano	Pancromático: 0.46 m Multiespectral: 1.84 m	11 bits/píxel 5 m CE90	15 x 50 km	770 km
World View 2	Pancromática Roja Verde Azul Amarillo Infrarroja cercano Infrarroja medio Borde del rojo Línea de costa	Pancromático: 0.50 m Multiespectral: 1.84 m	11 bits/píxel <3.5 m. CE90	16 x 110 km	770 km
World View 3	Pancromática Roja Verde Azul Amarillo Línea de costa Borde del rojo Infrarroja cercano Infrarrojo medio 8 bandas SWIR 12 bandas CAVIS	Pancromático: .30 m Multiespectral: 1.25 m SWIR: 3.70 m CAVIS: 30 m	11 bits/píxel <3.5 m CE90	13 x 112 km	617 km
Fotografía Aérea con cámara digital réflex	Roja Verde Azul Infrarroja	Multiespectral: 0.20 m	8 bits/píxel <5 m CE90	En promedio 2 x 10 km	NA

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54, con información de fichas técnicas de cada tipo de satélite.

⁷⁸ Este tipo de sensores requieren de la energía solar para registrar la información del espectro electromagnético.

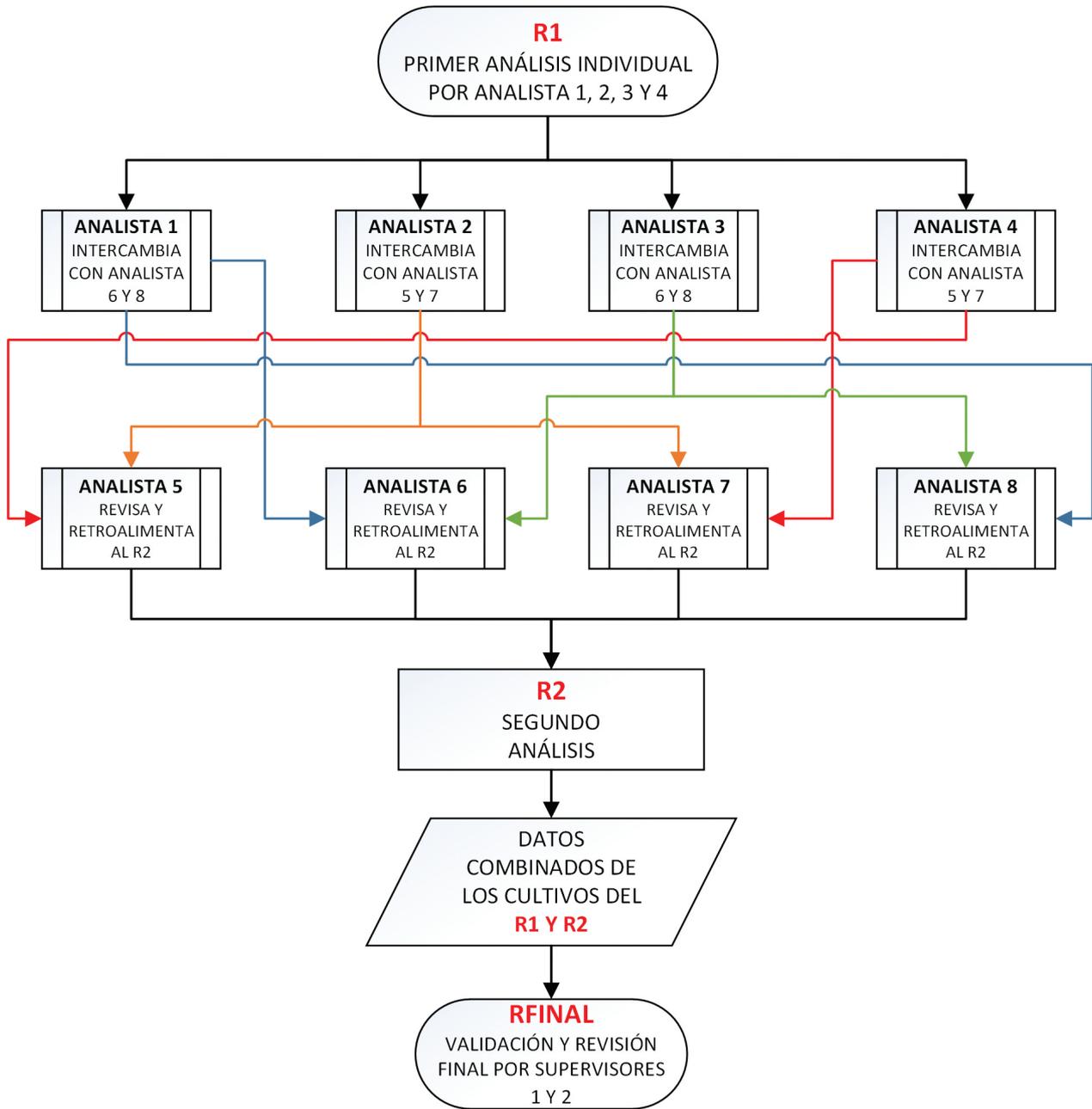
ANEXO III: Breve descripción de los softwares utilizados por el proyecto

Logotipo	Descripción
	<p>ArcGis: Software aplicado a los Sistemas de información Geográfica (SIG), utilizado para el análisis de fotointerpretación en imágenes y fottomosaicos; así como la creación del geodatabase en el cual se integran los polígonos de los plantíos interpretados para cada periodo cuatrimestral del estudio.</p>
	<p>Global Mapper. Software aplicado a los Sistemas de información Geográfica (SIG), utilizado para crear los planes de vuelo. Con este software es muy sencillo trazar las líneas de vuelo que serán introducidas al GPS aéreo y que se utilizarán para la recolección de fotografía aérea en campo.</p>
	<p>Pix4D Mapper. Software aplicado a la fotogrametría y manejo de datos LIDAR, utilizado para el procesamiento y corrección digital de fotografías aéreas colectadas en trabajos de campo; obteniendo como producto final fottomosaicos de muy alta resolución.</p>
	<p>R-Statistics: Software utilizado para el análisis estadístico y el cálculo de la estimación de superficie sembrada con plantíos de amapola.</p>
	<p>SOCET GXP. Software de teledetección y análisis, utilizado en el procesamiento, realce de histogramas, y corrección digital (ortorrectificación) de las imágenes satelitales de forma automatizada, lo que permite hacer mas eficientes los tiempos para el análisis de los plantíos.</p>

FUENTE: Logotipos obtenidos en sitios web de cada software (2016)

ANEXO IV: Flujo de trabajo sistemático de triple revisión

El siguiente flujo se utiliza para la fotointerpretación de plantíos de amapola mediante el uso de imágenes satelitales.



FUENTE: Elaboración MEXK54 (2018).

ANEXO VI: Criterios geométricos para delimitar el área de los plantíos de amapola del 1 al 5

Núm.	Criterio	Ejemplos	
1	Delimitar el área del plantío con la imagen satelital de mayor resolución disponible e indicar el tipo de sensor en el cual fue detectado el plantío (imagen satelital o fotografía aérea).		
2	La escala de análisis será de 1:5,000; y para la delimitación del área de los plantíos es: • World View 2-3 - 1:1,000 • Spot 6-7 - 1:1,500		
3	Incluir media copa de los árboles, considerando las sombras por efecto del ángulo de incidencia, cuando se encuentren en el límite del plantío.		
4	Incluir la presencia de vegetación de amapola en diferentes etapas de crecimiento y otra vegetación cuando se encuentre dentro del plantío.		
5	Incluir la presencia de humedad (riego) que se encuentre dentro del plantío.		

FUENTE: Elaboración MEXK54 (2018).

ANEXO VII: Criterios geométricos para delimitar el área de los plantíos de amapola del 6 al 10

Núm.	Criterio	Ejemplos	
6	Incluir las veredas que se identifiquen dentro del plantío.		
7	Excluir áreas con suelo desnudo sin rasgos de amapola con un límite bien definido.		
8	Excluir la vegetación diversa que se encuentre hacia los extremos del plantío.		
9	Excluir las rocas de grandes dimensiones que se encuentren hacia los extremos del plantío.		
10	Excluir grupos de árboles, vegetación diversa, suelo desnudo o rocas de grandes dimensiones dentro del plantío (10 x 10 m).		

FUENTE: Elaboración MEXK54 (2018).

ANEXO VIII: Descripción del sensor satelital de tipo pasivo-óptico

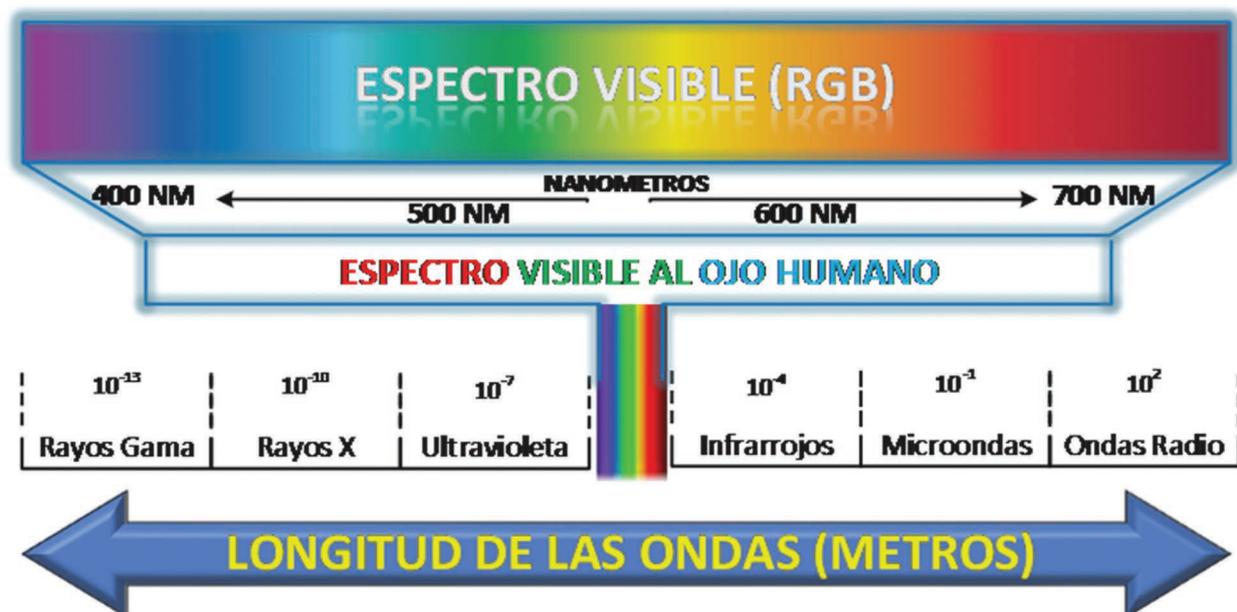
Los sensores de tipo pasivo-óptico tienen la capacidad de capturar la radiación reflejada dentro del espectro *electromagnético*⁷¹ (Figura 6); pero existen ventajas y desventajas en el uso de este tipo de información satelital.

Ventajas:

- Son sensores multispectrales con la capacidad de coleccionar información con bandas del pancromático, roja, verde, azul (RGB) así como las incluidas en la banda infrarroja lejana, media y cercana (IR-NIR), que son primordiales para la discriminación de los diferentes tipos de vegetación.
- La capacidad de colecta o cobertura de barrido (cobrimiento terrestre) oscila entre los 225 km² y los 3,750 km².
- Son imágenes de muy alta resolución con hasta 0.30 metros por píxel.

Desventajas:

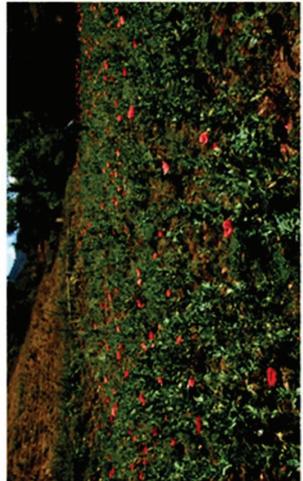
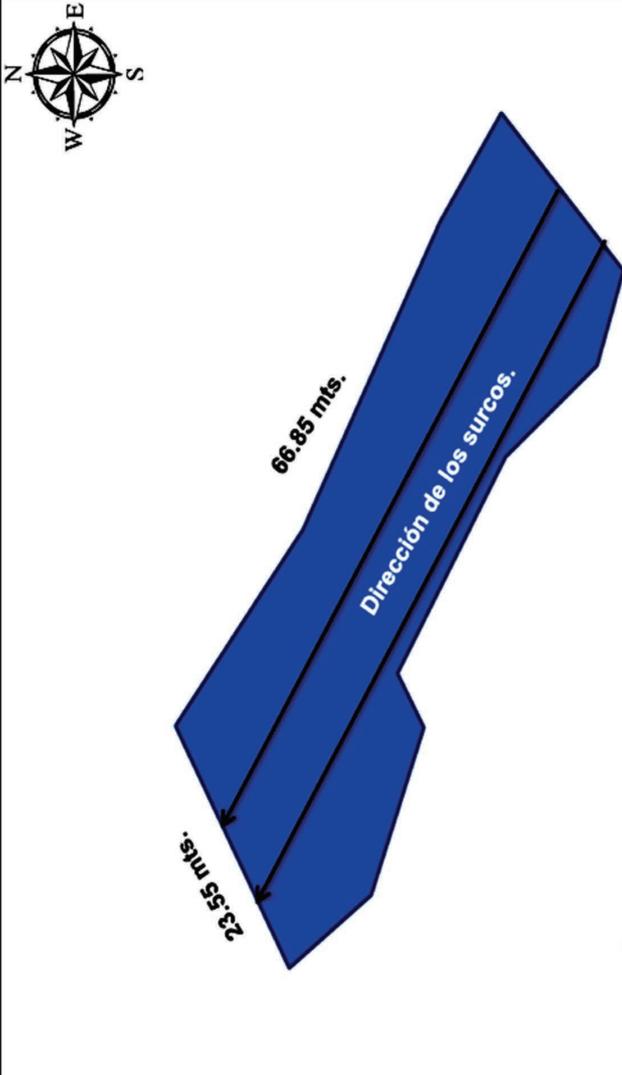
- Las imágenes solo pueden ser coleccionadas durante el día, ya que requieren de una fuente de luz externa como el sol.
- Pueden verse afectadas por las condiciones atmosféricas como los aerosoles, nubosidad o neblinas que se encuentran al momento de la captura de información entre el sensor y la superficie terrestre.
- A mayor resolución espacial en las imágenes utilizadas, mayor será su costo comparado con otras imágenes disponibles de manera comercial.



FUENTE: Elaboración MEXK54 (2016)

⁷¹ Es el rango de la energía o radiaciones electromagnéticas que tienen longitudes de onda diferentes de todas las radiaciones electromagnéticas posibles. El espectro de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética de ese objeto.

ANEXO IX: Formulario 1 para las características físicas por cada plantío de amapola

FORMULARIO 1 "CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PLANTÍO DE AMAPOLA"											
Clave Plantío		Observaciones									
AMRSGRO028001		Cultivo en cosecha									
Fecha Visita		22/02/2016									
Estado		1950									
Guerrero		30									
Municipio		215									
Chilapa de Alvarez											
Localidad		Extensión Cultivo									
La Villa		Largo (mts)									
Coordenadas Geográficas		Ancho (mts)									
Latitud:		Sup. GPS (m ²)									
Longitud:		Sup. Imagen (m2)									
Fotografía 1		Fotografía 2									
											
		<p>Forma/Bulbo: Estérico <input checked="" type="checkbox"/> Ovalado <input type="checkbox"/> Alargado <input type="checkbox"/> Otra forma <input type="checkbox"/></p> <p>Color Pétalo: Blanco <input type="checkbox"/> Rojo <input checked="" type="checkbox"/> Amarillo <input type="checkbox"/> Lila o Violeta <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/></p> <p>Bulbos/Planta: <input type="checkbox"/></p> <p>Tipo Pétalo: Entero <input checked="" type="checkbox"/> Flequillos <input type="checkbox"/></p> <p>Tipo/Siembra: Surcos <input type="checkbox"/> Boleo <input checked="" type="checkbox"/> Terrazas <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/></p> <p>Control/Plantas: Fertilizante <input checked="" type="checkbox"/> Plaguicida <input type="checkbox"/> Herbicida <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Etapa Fenológica: Germinación <input type="checkbox"/> Plántula <input type="checkbox"/> Roseta <input type="checkbox"/> Desarrollo Tallo <input type="checkbox"/> Botón <input checked="" type="checkbox"/> Floración <input checked="" type="checkbox"/> Maduración <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Tipo/Riego: Gravedad <input type="checkbox"/> Aspersión <input checked="" type="checkbox"/> Goteo <input type="checkbox"/> Bombeo <input type="checkbox"/> Temporal <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/></p>									
		<p>66.85 mts.</p> <p>23.55 mts.</p> <p>Dirección de los surcos.</p> 									

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

ANEXO X: Formulario 2 para la medición de parcelas y bulbos por cada plantío de amapola

FORMULARIO 2 "MEDICIÓN DE PARCELAS Y BULBOS POR PLANTÍO DE AMAPOLA"											
Clave plantío		Fecha visita		Observaciones		Cultivos de maíz aledaños					
AMRSGRO028001		22/02/2016									
Longitud transecto		Parcela 1 (1 m ²)		Parcela 2 (1 m ²)		Parcela 3 (1 m ²)		Intento			
30 mt		Aleatorio 3 8		Aleatorio 5 14		Aleatorio 10 29		1			
Número de plantas		15		15		15					
Altura de plantas (cms)		B: 20		A: 95		B:		A:			
Diámetro de plantas (cms)		35		35		35					
Bulbos maduros		Sin rayar 15		Sin rayar 14		Sin rayar 14		Viejos			
Bulbos Inmaduros		14		0		0		Viejos			
Bulbos Ausentes		10		10		10					
Número de Flores		1		1		1					
Número de Botones		8		8		8					
Número de Botones		20		20		20					
Medidas de bulbos (mm)											
#	Alto	Diámetro	Rayado	#	Alto	Diámetro	Rayado	#	Alto	Diámetro	Rayado
1	24.43	25.80	1	1				1			
2	15.10	15.82	1	2				2			
3	24.16	23.26	2	3				3			
4	18.52	17.65	1	4				4			
5	26.08	26.05	1	5				5			
6	24.16	23.26	2	6				6			
7	18.52	17.65	1	7				7			
8	15.10	15.82	1	8				8			
9	24.16	23.26	2	9				9			
10	18.52	17.65	1	10				10			
11	26.08	26.05	1	11				11			
12	24.16	23.26	2	12				12			
13	18.52	17.65	1	13				13			
14	15.10	15.82	1	14				14			
15	18.52	17.65	0	15				15			
16	26.08	26.05	0	16				16			
17	24.16	23.26	0	17				17			
18	18.52	17.65	0	18				18			
19	19.15	21.24	0	19				19			
20	17.56	19.25	0	20				20			
Peso goma o latex recolectada:											
Frasco Vacío (gr):		8.1		Frasco C/Muestra (gr):		9.7		Peso Muestra (gr):		1.6	
								Bulbos Muestreados:		50	

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

ANEXO XI: Guía para realizar las mediciones en el terreno a plantíos de amapola

Procedimiento para registrar los datos en el terreno de cada plantío de amapola por el grupo de analistas en los formularios de campo 1 y 2 en actividades de campo⁷².

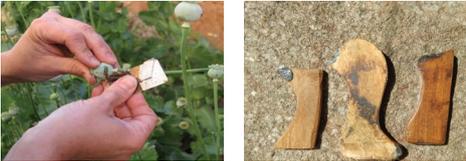
Núm.	Actividad	Fotografía	Núm.	Actividad	Fotografía
1	Elección de la dirección del transecto al azar.		6	Conteo de plantas, botones, flores, etc.	
2	Medición del transecto con cinta métrica (100m).		7	Medición de altura y ancho de plantas de amapola.	
3	Elección de 3 números aleatorios para la ubicación de las parcelas de 1x1 m.		8	Medición de altura y diámetro de todos los bulbos en cada parcela de 1x1m.	
4	Ubicación de parcelas de 1x1 m sobre la longitud del transecto.		9	Registro de los datos en formularios 1 y 2.	
5	Ubicación de las tres parcelas de 1x1 m para recolectar los datos.		10	Registro fotográfico de los materiales encontrados en el campo.	

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

⁷² Para mayores detalles consultar las "Directrices para la medición del rendimiento de amapola de opio y de la hoja de coca en cortas visitas al terreno" publicado por UNODC en 2001.

ANEXO XII: Guía para el muestreo de látex en el terreno a plantíos de amapola

Actividades en el terreno para el muestreo de látex (goma de opio) por el grupo de analistas.

Núm.	Actividad	Fotografías
1	Etiquetado y pesaje de frascos de polipropileno sin tapa, registrando los pesos en los formatos correspondientes.	
2	Se seleccionan de 50 a 60 bulbos maduros sin rayar de diferentes secciones del cultivo de amapola.	
3	Con una navaja se hace un corte de un 1 mm de profundidad en forma horizontal en los bulbos maduros.	
4	Dejar escurrir el látex por 15 minutos aproximadamente.	
5	Se recolecta la muestra de látex en el frasco de material sintético previamente etiquetado y pesado, anotando con precisión el número de bulbos muestreados en el formato correspondiente.	
6	Los frascos con muestras se pesan en una superficie plana y se anota el peso en el formato correspondiente.	
7	Los frascos con muestra se conservan en una hielera con geles congelados para su transporte.	
8	Posteriormente se conservan en refrigeración hasta su traslado al Laboratorio de Química de la Coordinación General de Servicios Periciales de la FGR para su secado al horno.	

Fuente: Elaboración proyecto MEXK54.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Behr, A. (2015). *Theory of Sample Surveys With R*. Stuttgart: UTB GmbH.

Bliesner, D. M. (2006) *Validating Chromatographic Methods. A Practical Guide*. New Jersey: Wiley Interscience.

Harrell, Jr., Frank, E. (2015). Rms: Regression Modeling Strategies. R package version 4.3-1. Recuperado en <http://CRAN.R-project.org/package=rms>

Lurie, I. S., McGuinness, K. (1987). The Quantitation of Heroin and Selected Basic Impurities via Reversed Phase HPLC. II. The Analysis of Adulterated Samples. *Journal of Liquid Chromatography*, 10(10), 2189-2204.

Lurie, I. S., Hays P. A., Garcia, A. E., Panicker, S. (2004). Use of dynamically coated capillaries for the determination of heroin, basic impurities and adulterants with capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography*, 1034(1-2), 227-235.

Magnusson, B., Örnemark, U. (Eds). (1998). *The Fitness for Purpose of Analytical Methods. A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*. Londres: Eurachem.

Pebesma, E. J., Bivand, R. S. (2005). Classes and Methods for Spatial Data in R. *R News*, 5(2). Recuperado en <http://cran.r-project.org/doc/Rnews/>

R Core Team (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado en <http://www.R-project.org/>

UNODC (2016). *México, Monitoreo de Cultivos de Amapola 2014-2015*. Recuperado en <https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2014-2015-LowR.pdf>

UNODC (2018). *México, Monitoreo de Cultivos de Amapola 2015-2016 y 2016-2017*. Recuperado en <https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2015-2017.pdf>

UNODC (2020). *México, Monitoreo de Cultivos de Amapola 2017-2018*. Recuperado en <https://www.unodc.org/documents/crop-monitoring/Mexico/Mexico-Monitoreo-Cultivos-Amapola-2017-2018-Alta.pdf>

UNODC (2001). *Directrices para la medición del rendimiento de amapola de opio y de la hoja de coca en cortas visitas al terreno*. Nueva York: Naciones Unidas.

UNODC (1998). *Recommended Methods for Testing Opium, Morphine and Heroin, International Drug Control Program. Manual for Use by National Drug Testing Laboratories*. Nueva York: Naciones Unidas.

UNODC (2009). *Guidance for the Validation of Analytical Methodology and Calibration of Equipment used for Testing of Illicit Drugs in Seized Materials and Biological Specimens. Laboratory and Scientific Section*. New York: Naciones Unidas.



UNODC

Oficina de las Naciones Unidas
contra la Droga y el Delito

Vienna International Center, PO Box 500, 1400, Vienna, Austria
Tel: (+43-1) 26060-0, Fax: (+43-1) 26060-5866 • www.unodc.org
