



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Artes y Diseño

Infografía e ilustración científica sobre la abeja
Melipona beecheii

Tesis

Que para obtener el Título de:
Licenciada en Diseño y Comunicación Visual

Presenta: Melanie Celeste Círigo Jiménez

Director de Tesis: Maestro Guillermo Alberto Rivera Gutiérrez

CDMX 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Quisiera dedicarle este trabajo a todas las personas que me apoyaron con sus conocimientos y herramientas, que, de no ser por ellos, no habría logrado mis objetivos. Primero, agradezco a mi profesor Guillermo Rivera por ser mi guía en este proyecto. En segundo lugar a la Dra. Clementina Equihua del Instituto de Ecología de la UNAM, que sin ella no hubiera conseguido un tema el cual desarrollar, además, le agradezco por guiarme con los términos científicos que no comprendía en un principio y por su evaluación como especialista del tema.

Por otra parte, agradezco al Dr. Ismael Alejandro Hinojosa Díaz especialista en abejas y la biól. Susana Guzmán Gómez del Laboratorio de Microscopía y Fotografía de la biodiversidad (II) del Instituto de Biología, UNAM, quienes me permitieron acceder al material y herramientas para tener referencias del espécimen (*Melipona beecheii*).

Asimismo, les doy las gracias a dos personas más que me ayudaron a entender algunos términos y ubicación de algunos elementos de la anatomía y morfología de la abeja, Natalia Chapela (Bióloga) y Juan Carlos (Médico Veterinario y zootecnista), sin ellos no hubiera entendido cómo ilustrar a la abeja maya.

Y finalmente, agradezco a mis padres por apoyarme con su paciencia, motivación y monetariamente, sin ellos, no habría podido terminar este gran trabajo.

Índice

Agradecimientos.....	3
Introducción.....	9

Capítulo 1. Ilustración gráfica

Diseño y Comunicación visual.....	15
Ilustración gráfica.....	17
Características de la ilustración gráfica.....	17
Elementos visuales y elementos de relación para la composición en la ilustración gráfica.....	17
Clasificación de la ilustración gráfica.....	25
Ilustración científica.....	31

Capítulo 2. Ilustración científica

Orígenes de la Ilustración científica.....	35
Características y funciones.....	43
Variantes de la ilustración científica.....	46
Recursos gráficos, técnicas gráficas e instrumentos para la ilustración científica.....	47
Colores y códigos de color.....	51
Metodología del diseño para la elaboración de la ilustración científica.....	51
¿Qué diferencia hay entre la Ilustración científica y la fotografía científica?.....	52
La relación entre el investigador y el ilustrador.....	53
Ilustración científica en la actualidad.....	56
¿Qué es la Divulgación científica?.....	57
Tipos de imágenes en la divulgación científica.....	59

Capítulo 3. La crisis en la abeja sin aguijón

El Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México.....	63
Antecedentes.....	63
Misión y objetivos generales.....	64
Organigrama del Instituto de Ecología.....	66
¿De dónde provino el tema de la abeja <i>Melipona beecheii</i> ?.....	66
La abeja <i>Melipona beecheii</i>	67
Características de la abeja sin aguijón <i>Melipona beecheii</i>	67
Características morfológicas.....	71
Distribución geográfica.....	78
La polinización como función vital.....	80

Otras funciones importantes de las abejas sin aguijón.....	82
¿Qué plantas poliniza <i>Melipona beecheii</i> ?.....	82
La crisis en las abejas sin aguijón <i>Melipona beecheii</i>	82
Amenazas que enfrentan las abejas sin aguijón <i>Melipona beecheii</i>	83
Problemas futuros por la crisis en las abejas sin aguijón <i>Melipona beecheii</i>	86
Propuesta para las soluciones de la crisis en la abeja sin aguijón <i>Melipona beecheii</i>	88

Capítulo 4. Diseño de infografía e ilustración científica

Parte 1. Infografía..... 93

La importancia del uso del material gráfico como visualización de información en la ciencia.....	93
¿Qué es una infografía?.....	94
Elementos estructurales y efectos visuales en una infografía.....	95
Metodología para hacer una infografía.....	98
Campos de aplicación de la infografía.....	98

Parte 2. Desarrollo de la infografía e ilustraciones científicas.....100

Fase 1. Análisis del problema.....	102
Descripción de la localización del proyecto, la crisis de la abeja <i>Meliponina beecheii</i> (necesidad/problema) en el Instituto de Ecología de la UNAM.....	102
Definición y descripción del público interesado a la solución del problema de la crisis de las abejas sin aguijón <i>Meliponina beecheii</i> (Análisis de la necesidad).....	103
Análisis del entorno en donde se expondrá la infografía con las ilustraciones de la abeja <i>Meliponina beecheii</i> (Análisis de la relación social y las relaciones con el entorno).....	103
Desarrollo histórico del diseño de la infografía.....	104
Búsqueda de infografías y/o campañas, libros, revistas, videos en internet sobre la crisis de abejas sin aguijón (Análisis del mercado).....	105
Análisis comparativo de los materiales gráficos sobre la crisis de las abejas por desaparecer.....	114
Materiales para la ejecución de la infografía e ilustración científica (Análisis de materiales y proceso de fabricación).....	114
Fase 2. Solución del problema.....	116
Selección de información para presentar en la infografía.....	116
Marco informativo y mapas.....	116
Proceso de datos.....	116
Compresión de la información.....	119
Texto selectivo.....	120
Proceso de la elaboración de las ilustraciones.....	120
Ilustraciones del Achiote (<i>Bixa orellana</i>), Botoncillo (<i>Melanthera aspera</i>) y Tomatillo del diablo (<i>Solanum nigrum</i>).....	120
Ilustraciones de la abeja maya (<i>Meliponina beecheii</i>).....	126

Bocetos de la estructura de la infografía.....	126
Selección de fuentes tipográficas, paleta cromática y aspectos icónicos para la infografía.....	132
Fase 3. Valoración de la solución del problema.....	138
Proceso de la infografía.....	138
Fase 4. Realización de la solución al problema.....	140
Selección de la infografía final.....	140
Fuentes consultadas.....	143
Conclusiones.....	149
 Anexos	
Anexo.....	151
Producción en serie.....	151
Sistemas de impresión offset e impresión digital.....	151
Estudio de costos del mercado de imprentas.....	153
Anexo 2	
Entrevistas con especialistas del tema en el Instituto de Ecología de la UNAM.....	154

Introducción

El ser humano, al ser parte del mismo reino que el resto de los animales, hace que compartamos la mayoría de las características del reino *Animalia*. Somos seres vivos que hacemos funciones de nutrición, relación y reproducción, que nos distinguimos por ser organismos pluricelulares, por respirar, por poseer un sistema sensorial, por movernos y por alimentarnos de otros organismos. Pero existe una clasificación que divide a los animales en vertebrados e invertebrados, los cuales a su vez se subclasifican. Los primeros se dividen en 5 grupos: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Y los segundos, se clasifican en 6 grupos: poríferos, celentéreos, gusanos, moluscos, equinodermos y artrópodos.

Los artrópodos son seres que tienen funciones benéficas para el desarrollo de la vida, ya que parte de estas especies son una fuente importante de alimento para un sinnúmero de organismos como los peces, ranas, aves, murciélagos y hasta para plantas carnívoras. Otras más, son polinizadoras o controladoras de plagas, pero existe un segmento que puede transmitir agentes patógenos cuando su población crece de tal forma que llegan a considerarse un riesgo. Pese a este punto negativo, como bien se dijo, parte de los artrópodos son grandes polinizadores porque ayudan a generar frutos y semillas para el consumo de otros seres vivos, como el ser humano.

En el mundo existen alrededor de 20,000 especies de abejas que se distinguen entre sí por su tamaño, forma y estilo de vida. Son insectos que pertenecen a la rama de los *Artrópodos* por poseer patas articuladas; a su vez, están en la subrama *Anteníferos* (con antenas) que provienen del orden *Himenóptero*, del griego *Himen*=membrana y *pteron*=alas que significa: alas membranosas.

Las abejas son uno de los grupos de insectos sociales, que, junto con las hormigas y avispas, aparecieron hace unos 100 millones de años, durante el periodo Cretácico, y se hicieron dominantes entre los insectos al principio del Terciario, hace sólo 50 o 60 millones de años. Al ser insectos sociales (ya que viven en colonias, como una pequeña sociedad y porque la madre convive con sus crías), el humano ha tenido un interés por su sorprendente nivel de organización, así como por su importancia económica, ya sea por la elaboración de productos útiles o por su función polinizadora.

La polinización es la transferencia de polen (célula reproductora masculina) desde los estambres (parte masculina de la flor) hasta el estigma (parte femenina de la flor) lo cual hace posible la fecundación, y por lo tanto, la producción de frutos y

semillas (Pantoja, A. Smith, A. García, A. Sáenz, A. y Rojas, F.; 2014; p. 8). Aunque la polinización puede ser llevada a cabo tanto por vectores bióticos (animales) como abióticos (agua o viento), la mayoría de las plantas con flores dependen de los primeros, principalmente los insectos. Las abejas son los principales insectos que participan en esta labor, se estima que cerca del 73% de las especies vegetales cultivadas en el mundo, y más de 75% de la vegetación mundial, son polinizadas por las abejas. Es por esta razón que gran parte de los alimentos que hoy en día se consumen y comercializan masivamente, depende directa o indirectamente de las abejas.

La abeja *Apis mellifera* es la especie más reconocida a nivel mundial, además de ser una de las más usadas en la producción de miel, cera y resinas, entre otros productos, que, al ser comercializados, generan ingresos a los campesinos, indígenas y apicultores. Sin embargo, no es la mejor para realizar la polinización en algunos cultivos; por ejemplo, para polinizar la flor de la alfalfa, su morfología no es adaptable para la *A. mellifera*, resultando inefectiva su polinización. Esta abeja fue introducida en América durante la colonización europea, provocando un descenso en la población de abejas nativas, como en el caso de la *Melipona beecheii*. Esta especie es conocida como abeja maya o *Xunan kab* y se caracteriza por no tener aguijón; siendo su mecanismo de defensa los mordiscos en la piel arrancando el pelo; también se introduce en los ojos, nariz y orejas; o expulsando sustancias cáusticas.

10

Son abejas muy dóciles y excelentes polinizadoras de las flores de plantas nativas. Es una de las 46 abejas sin aguijón que habita en México y unas de las 400 especies en el mundo. En la península de Yucatán es una de las 16 diferentes especies que habitan la Entidad, además, es una abeja que sigue siendo cultivada por su fácil manejo y valor sagrado. Su origen, historia, destino, ámbito y residencia la ha hecho sagrada para los mayas, ya que fue domesticada y criada por los antepasados en troncos huecos llamados *jobones*, lugar en el que hacen sus colmenas. De igual modo, su miel es un producto natural utilizado en la medicina maya, considera como un alimento del Sol, siendo creador y regenerador, elaborado misteriosamente en el estómago de las abejas *Meliponas*.

Desafortunadamente, en los últimos años las poblaciones de abejas *Meliponas* han disminuido, generando una preocupación general, tanto ambiental como económica. Dicho problema se debe a la invasión de plantas exóticas, la deforestación y fragmentación de hábitat, así como al uso de pesticidas y el cambio climático. Sin embargo, este problema no solo está afectando a las abejas, sino a otros polinizadores como los abejorros, moscas, mariposas, aves, murciélagos, entre otros. A este gran problema se le ha denominado “crisis de los polinizadores” o “crisis de la polinización”, ya que sin estos polinizadores no se podría tener uno de las tres comidas del día, además de que se producirían frutos de baja calidad nutricional, por todas estas razones es que se ha empezado a actuar contra esta gran crisis.

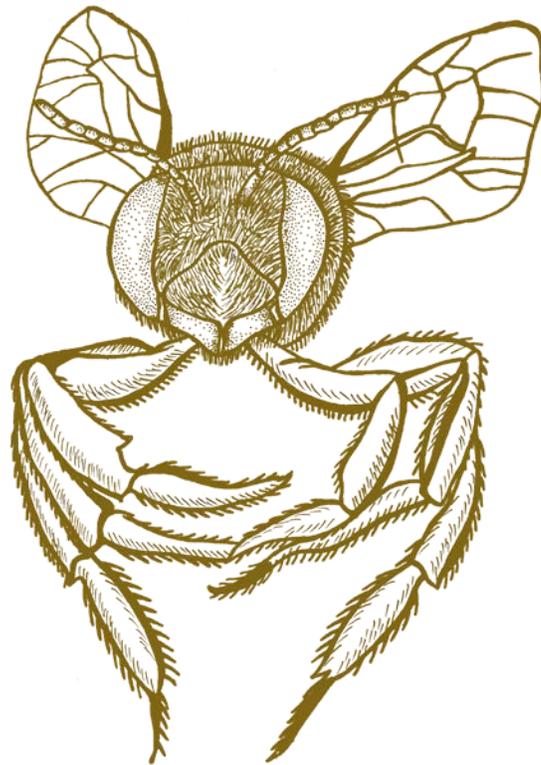
Entre las actividades que se han hecho para divulgar y difundir esta problemática se encuentran las campañas apoyadas en material gráfico como videos, fotografías, animaciones, carteles, folletos, infografías, etc. Por un lado, la infografía es un medio para informar y transmitir al lector un mensaje de una manera más rápida, donde los datos son capturados por formas visuales extraordinarias. En el caso de la ilustración científica, este medio permite contar una historia, es decir, explicar algo de manera más sencilla y clara, algo que no se puede contar solamente con texto o fotografías.

Usando como justificación lo antes mencionado, se usará la infografía e ilustración científica como medios gráficos para transmitir la amenaza que tienen las abejas, en especial la *Melipona beecheii*. Esto con el objetivo de hacer concientes a las personas de que la abeja es un polinizador y está amenazada su existencia. Además de dar a conocer que existen abejas sin aguijón y que fueron insectos sagrados e para nuestros antepasados por su gran importancia.

De este modo, en la presente investigación se realizó una búsqueda de información desde lo general a lo particular, para obtener un trabajo bien fundamentado y estructurado. Es así que, en este trabajo, los lectores podrán apreciar el objetivo principal del diseño y la comunicación visual, particularmente de la ilustración gráfica, y como variante de esta, la ilustración científica. De ambos medios gráficos se abarcarán los orígenes, características y funciones, así como sus variantes, los recursos gráficos que se necesitan, la metodología para realizarla, entre otros; esto hasta llegar a la relación que tiene con la divulgación científica.

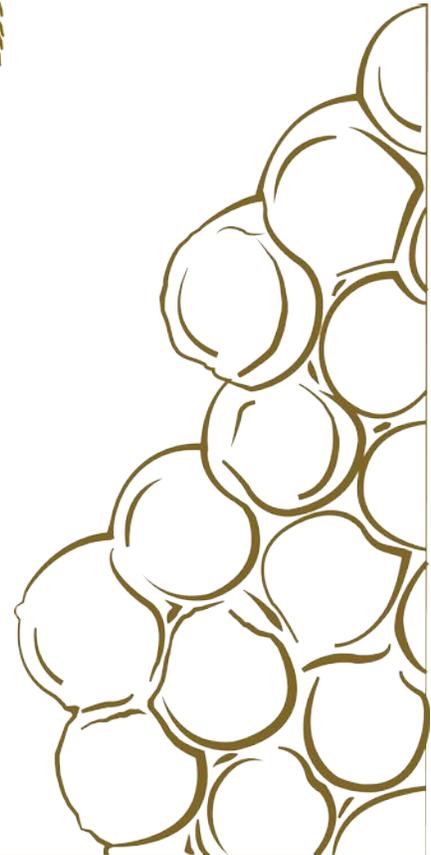
Por otra parte, habrá un apartado donde se habla sobre generalidades de la abeja, así como particularidades de la abeja *Melipona beecheii*. De igual modo, se podrán conocer algunas flores que poliniza la abeja *A. mellifera* y la *Melipona beecheii*, además de mencionar el nivel de importancia que tienen estas abejas en el ser humano.

Por último, se podrá leer y apreciar cómo hacer una infografía, así como una ilustración científica, paso a paso, desde la relación con el investigador hasta el resultado final.



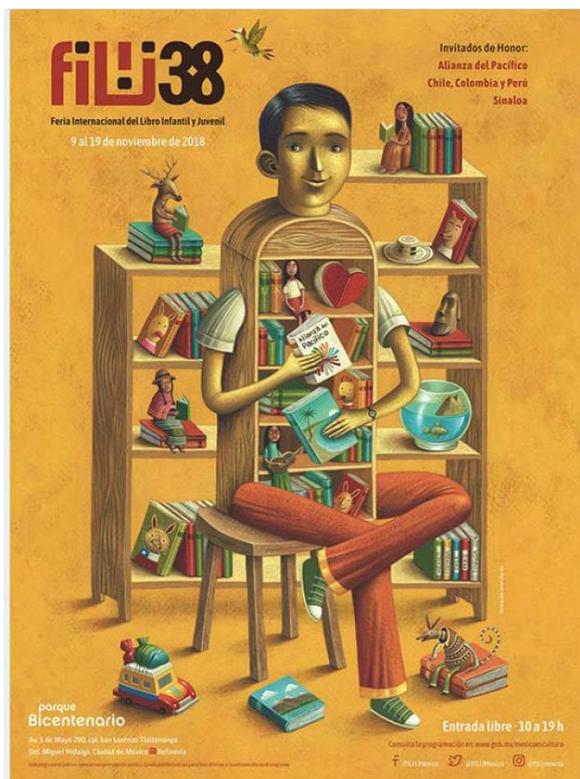
Capítulo 1

Ilustración gráfica





1. Diseño gráfico.



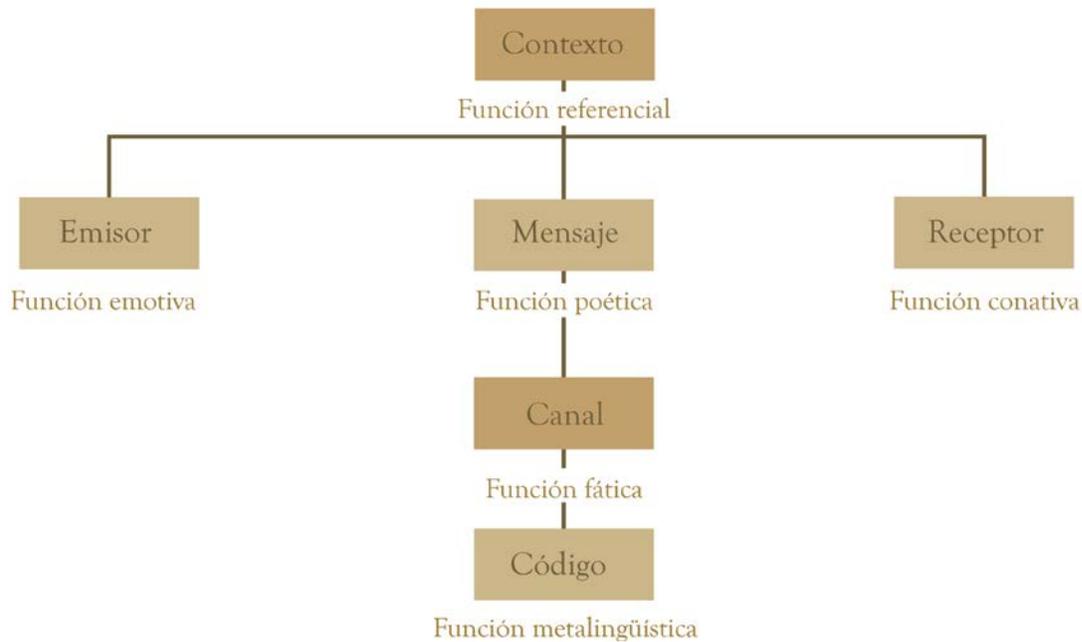
2. Ejemplo de un cartel como mensaje visual.

DISEÑO Y COMUNICACIÓN VISUAL

El término “*diseño*” conlleva una amplia globalidad, por lo que sería muy extensa la definición. Sin embargo, a este término si se le agrega el calificativo de “*gráfico*”, se podrá hablar de una definición más cerrada, aun así, teniendo sus reservas.

Así que, el diseño gráfico como actividad: “es la acción de concebir programar, proyectar y realizar comunicaciones visuales producidas en general por medios industriales y destinados a transmitir mensajes específicos a grupos determinados” (Frascara, 19 ,2000, citado por Tena, 2005, p.1). Por lo tanto, el trabajo del diseñador gráfico es centrarse en la transmisión de un mensaje, es decir, interpreta el texto base (contenido) para su presentación de forma visual (mensaje gráfico), de modo que sea el más adecuado para su receptor, que es a quien se dirige la comunicación. Este mensaje gráfico se apoya de recursos gráficos como: textos, iniciales, filetes, fotografías, infografías, gráficas y una multitud de elementos formales que servirán para estructurar formalmente al mensaje sobre el soporte (producto).

La comunicación visual se puede definir prácticamente como todo lo que ven nuestros ojos, por ejemplo, un cartel o una flor, estas son imágenes que tienen su propio valor, según el contexto en el que están insertas, dando cada



Esquema 1. Modelo de comunicación propuesto por Jakobson, 1948. **Emisor.** Aquel que transmite el mensaje. **Receptor.** Es el que recibe e interpreta el mensaje. **Contexto.** Circunstancias temporales, espaciales y socioculturales que rodean el hecho o acto comunicativo y que permiten comprender el mensaje en su justa medida. **Código.** Sistema de signos que el emisor utiliza para codificar el mensaje. **Canal.** Elemento físico por donde el emisor transmite la información y el receptor capta por los sentidos corporales. **Mensaje.** Información que trasmite el emisor.

una información diferente. De manera que, la comunicación visual se da por medio de mensajes visuales, los cuales forman parte de los demás mensajes que actúan sobre nuestros sentidos sonoros, térmicos, dinámicos, etc.

Los mensajes son emitidos por un emisor y recibidos por un receptor. Este último está inmerso en un ambiente lleno de interferencias que pueden alterar e incluso eliminar el mensaje. Sin embargo, si el mensaje está bien hecho, puede llegar al receptor sin ninguna alteración, pero aun así se presentarán otros obstáculos (filtros) para el receptor, pues este lo interpretará a su manera. Un ejemplo sería un filtro sensorial, es decir, un daltónico ve determinados colores y por ello los mensajes basados exclusivamente en el lenguaje cromático los ve alterados o son anulados.

Así que, la relación que hay entre el diseño gráfico y la comunicación visual es que tienen que emitir un mensaje visual a un determinado receptor. Cabe mencionar que hoy en día el emisor implica muchas personas cuyos intereses pueden ser comunes o diversos, personas que manifiestan un comportamiento similar frente a los mismos estímulos, a esto, en el campo de diseño gráfico se le conoce como *target* (público objetivo). Por lo tanto, la estrategia de comunicación puede verse dificultada al desconocer a qué grupo exactamente se dirige el mensaje, y lo más importante, cómo va a reaccionar a nuestra propuesta de mensaje gráfico. De este modo, será imprescindible conocer los intereses comunes de nuestro *target*. Pero, la tarea del diseñador gráfico será entonces, crear un mensaje visual con los elementos formales necesarios (punto, línea, contorno, dirección...) y en un espacio gráfico

(cartel, periódico, revista...) determinado que tendrá que ser recibido por diversos receptores pero que deberá reaccionar de forma muy similar. El diseñador gráfico tendrá que comunicar al receptor las ideas complejas, el mensaje debe transmitirse de una forma sencilla y estéticamente atractiva.

ILUSTRACIÓN GRÁFICA

La ilustración es una imagen que tiene como propósito comunicar un significado, una información, o bien, un conocimiento de manera amplia, de cualquier orden; ya sea religioso, hermético, filosófico, moral, social, científica o estético. Pero, hablando propiamente del significado de esta palabra desde sus raíces, *ilustrar* deriva del latín *Illustrare*, y este, de *Iustrare*, que significa iluminar, o bien, purificar.

Pero para Martínez (2004) la Ilustración es: “Instruir, proporcionar cultura a alguien; proporcionar a alguien un conocimiento o información sobre cierta cosa; y también dar una idea, descubrir, revelar; dar luz al entendimiento: difundir la ciencia o el saber; civilizar”.

Por otra parte, la ilustración es una clave para crear imágenes de mayor profundidad, pues tiene la capacidad de captar una forma de ser, un punto de vista, incluso puede narrar una historia, por lo que podría decirse que tiene un

gran poder de comunicación.

CARACTERÍSTICAS DE LA ILUSTRACIÓN GRÁFICA

Las características generales de la ilustración gráfica son:

- La ilustración es un complemento narrativo. (Ver imagen 4).
- Se hace una ilustración a partir de una función concreta.
- La ilustración comunica una información concreta.
- Utiliza tanto las técnicas pictóricas tradicionales como contemporáneas. (Ver imagen 5).
- Presenta grados de iconicidad.

En tabla «Características generales de la imagen» (ver tabla 1) de Guillermo Rivera, se puede apreciar de manera más particular y específica las cualidades de una ilustración como imagen.

ELEMENTOS VISUALES Y ELEMENTOS DE RELACIÓN PARA LA COMPOSICIÓN EN LA ILUSTRACIÓN GRÁFICA

El ser humano desde pequeño, tiene su primer conocimiento, a partir de una experiencia en donde involucra los cinco sentidos del cuerpo: siendo el tacto el primer sentido que emplea, seguido del olfato, oído, gusto y visión. Este último, suele ser el sentido que supera rápidamente al resto, ya que nos permite



3. Mafalda la primera tira cómica, 1964.



4. Ejemplo de una ilustración como complemento narrativo.

reconocer y comprender de manera visual las fuerzas ambientales y emocionales. Asimismo, la conclusión es que el sentido visual es una herramienta poderosa e importante para la comunicación humana.

18

Por medio de la vista podemos percibir una gran cantidad de información de muchas maneras, y a muchos niveles, ya que nos permite hacer una descripción total de lo que, a nuestro alrededor, en una fracción de segundos, lo que la caracteriza como veloz, comprensiva y, simultáneamente, analítica y sintética.

Así que, el ser humano ha adoptado la información visual como un apoyo para adquirir conocimiento, por su aproximación a la experiencia real. Por ejemplo, un hecho histórico como el de la nave espacial norteamericana, Apolo XI, y los astronautas que posaron sobre la superficie de la luna; fue emitida a través de una simulación visual, para que el resto del mundo pudiera entender lo que se describía con palabras. Eh aquí, donde la tarea del diseño gráfico o la ilustración responden a esta necesidad básica, de manera objetiva y con una funcionalidad.



5. Ilustración digital como técnica contemporánea.

Anteriormente, se dijo ya que los mensajes visuales son un elemento de la comunicación visual, por medio de los cuales se transmite o comunica un conocimiento o información. Pues bien, existen elementos básicos y técnicas susceptibles que ayudan al diseñador en comunicación visual a comprenderlos de manera más clara.

Los elementos básicos son las herramientas esenciales de la información visual, de una composición de cualquier clase de materiales y mensajes visuales:

- El *punto*, o unidad visual mínima, señalizador y marcador del espacio.
- La *línea*, articulante fluido e infatigable de la forma, ya sea en la flexibilidad del objeto o en la rigidez del plano técnico.
- El *contorno*, los contornos básicos como el círculo, el cuadrado, el triángulo, y sus infinitas variantes, combinaciones y permutaciones dimensionales y planas.
- La *dirección*, canalizadora del movimiento que incorpora y refleja el carácter de los contornos básicos, la circular, la diagonal y la perpendicular.

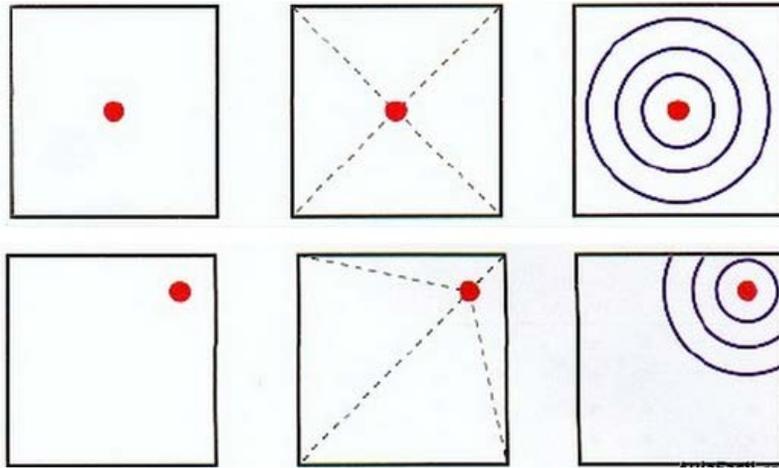
TABLA 1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA IMAGEN	
Función	<p>La imagen tiene 4 funciones que son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informar • Persuadir • Instruir • Decorar
Características	<p>De acuerdo al contexto en el que esté la imagen se puede encontrar en 3 situaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dependiente. La imagen depende del texto, por lo que no se diferencia, es decir, se unifican como un solo mensaje. • Independiente. Aquí la imagen tiene su propia identidad, sin ninguna relación con los textos. Para llegar a su mensaje deseado se basa en recursos propios como los íconos, colores, formas, líneas, composición, texturas, etc. • Semindependiente. Esta imagen puede ser acompañada del texto, aunque por sí sola puede entenderse. Incluso requiere de un contexto para su eficaz entendimiento, o sea, si el receptor tiene la información suficiente de los factores que hay en ella, el reconocimiento será sencillo y rápido.
Tipología	<p>La imagen se hace a partir de un objetivo y una temática. Estas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Científica. Este tipo de imagen expone información precisa y detallada acerca de temas que requieren un importante apoyo visual. • Literario. Son para mostrar ópticas sobre un escrito. Entran aquí imágenes de carácter conceptual e ilustrativo. • Publicitaria. Tiene un fin comercial, por lo que el creador de dicha imagen intenta que sea lo suficientemente atractiva como para llamar la atención de los potenciales consumidores. • Fantástica. Son aquellas representaciones que se dan a partir de la imaginación. • Cartográfica. Son representaciones gráficas de datos de regiones de la Tierra de manera proporcional, como mapas o cartas geográficas. • Arquitectónica. Es la representación de una obra de arquitectura que aporta datos necesarios para analizar, diseñar, construir y/o mantener el objeto en cuestión. • Instruccional. Este tipo de imagen permite la adquisición de conocimientos y habilidades de manera eficiente, eficaz y atractiva. • Deportiva. La imagen deportiva muestra el movimiento, la técnica deportiva, el instante preciso y la situación en la que se desarrolla.

<p>SopORTE</p>	<p>La imagen se plasma en un espacio, en un soporte. En el diseño los más usados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soporte bidimensional, que a su vez se clasifica en <ul style="list-style-type: none"> - Impresos. <ul style="list-style-type: none"> * Libros o impresos editoriales. Volumen determinado de hojas unidas por el lomo. Se caracteriza por no ser una publicación periódica, por contener un mínimo de 49 páginas y contiene cubiertas. * Impresos paralibreros o paraeditoriales. Son parecidos a los libros, tienen cierta periodicidad. Aquí se incluyen todos los impresos periódicos: diarios, seminarios, revistas, etc. * Impresos extraeditorial o extralibrero. Es un extenso grupo de materiales que corresponden a los impresos comerciales de todo tipo, como: tarjetas de visita, ex libris, tarjetas postales, volantes, recetarios, sobres, circulares, facturas, estado de cuentas, etiquetas, fundas de discos CD, papel para envolver, catálogos y muestrarios, cheques, sellos de correo, billetes de banco, agendas, invitaciones, diplomas, anuncios, carteles, mapas, etc. - Medios visuales: Estos se caracterizan por utilizar recursos gráficos de forma semejante a los productos ya mencionados, pero con la introducción de las variables propias de los medios audiovisuales. Por ejemplo: páginas web, productos interactivos, CD-ROM, televisión, cine y animación. * Soporte tridimensional. Tienen una posición y una dirección. Posee las tres dimensiones: alto, ancho y profundidad. Ejemplos: Stands, envases, cajas, letreros de letras corpóreas, relieves, arquitectura, esculturas, entre otros.
<p>Técnica</p>	<p>Se construye por medios análogos o digitales.</p> <p>Análogos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pluma y tinta. • Lápiz y carboncillo. • Lápices de colores. • Gouache, óleo y acrílico. <p>Digital. Esta no entra en ninguna técnica, pero se le puede describir por criterios como; su modalidad si es vectorial o es mapa de bits, color, forma, trazo, tamaño medido en pixeles, texturas, resolución.</p>
<p>Público</p>	<p>La imagen al ser una vía de comunicación, da por hecho que habrá un emisor, un canal y un receptor.</p> <p>Este último, es sinónimo de público, el cual es fundamental conocer para hacer una adecuada transmisión del mensaje, por lo que hay que saber la reacción exacta que se espera de él y si aceptaría el mensaje.</p> <p>Este mensaje va a persuadir a un tipo concreto de público que será clasificado por género, edad, condición social e ingresos, nacionalidad y cultura; elementos que nos permitirán un mejor manejo del contenido.</p> <p>Los últimos elementos mencionados, se deben a que hoy en día la industria creativa está presente en todos los continentes, lo que provoca que hay tener un enfoque multinacional e intercultural.</p>

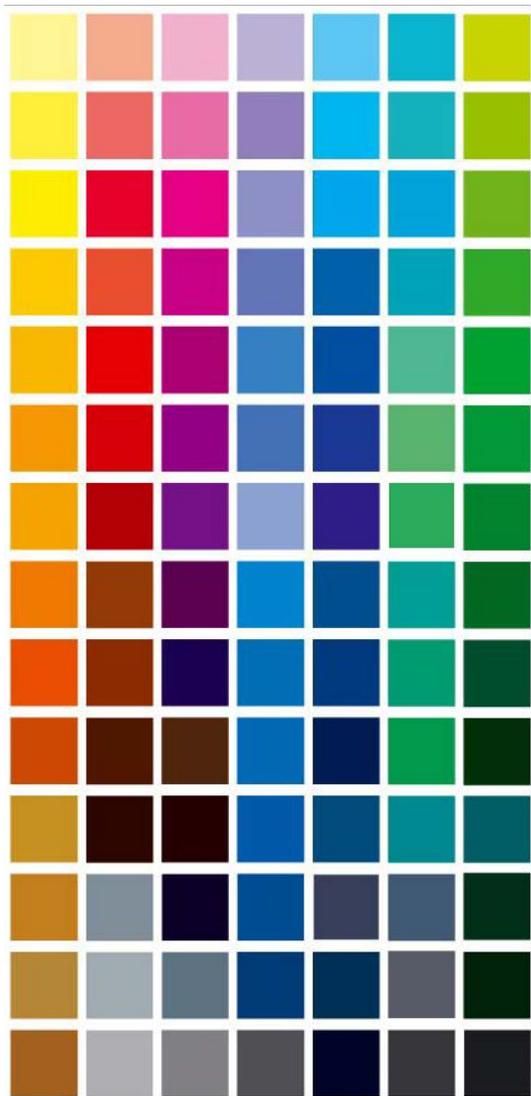
<p>Iconicidad</p>	<p>Este es el grado de parecido que la imagen guarda con el objeto representado. Es la relación de apariencias entre la imagen y su referente.</p> <p>Villafañe y Mínguez, 1996, establecen una escala de iconicidad de once grados que va desde el máximo grado (corresponde a la imagen natural) al mínimo grado (refiere al propio objeto presentado).</p> <ul style="list-style-type: none"> •Grado 11. Imagen natural. •Grado 10. Modelo tridimensional a escala. •Grado 9. Imágenes de registro estereoscópico. •Grado 8. Fotografía a color. •Grado 7. Fotografía en blanco y negro. (Ver imagen 6). •Grado 6. Pintura realista. •Grado 5. Representación figurativa no realista. •Grado 4. Pictograma. •Grado 3. Esquemas motivados. •Grado 2. Esquemas arbitrarios. •Grado 1. Representación no figurativa.
<p>Temporalidad</p>	<p>Es el tiempo que va a durar su exposición en el soporte adecuado y el momento histórico en el que se realizó.</p> <p>Y dependerá del soporte el tiempo en el que se mostrara la imagen, por ejemplo, los periódicos se publican diariamente e incluso puede ser mensualmente.</p>



6. Grado 7. Fotografía en blanco y negro, de acuerdo a la escala de iconicidad por Villafañe y Mínguez, 1996. Desde el mirador, San Miguel de Allente, Guanajuato, 2019. Fotografía de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.



7. El punto como elemento básico, de acuerdo a Dondis, 1976.



22

- El *tono*, presencia o ausencia de luz, gracias al cual vemos.
- El *color*, coordenada del tono con la añadidura del componente cromático, elemento visual más emotivo y expresivo.
- La *textura*, óptica o táctil, carácter superficial de los materiales visuales.
- La *escala* o *proporción*, tamaño relativo y medición.
- La *dimensión* y el *movimiento*, tan frecuentemente involucrados en la expresión. (Dondis, 1976, p. 28).

Las técnicas visuales son medios que permiten al diseñador expresar visualmente, por medio de una composición, el contenido de un mensaje. “Existen en forma de dipolos sobre un espectro continuo, o como aproximaciones contrarias y disímiles al significado” (*Ibidem*, p.129). Estas ofrecen una gama amplia de posibilidades de expresión y compresión.

Algunas de las técnicas visuales y su contrario en forma de dipolo son:

- **Equilibrio e inestabilidad.** El equilibrio en el diseño es cuando hay un centro de gravedad a medio camino entre dos pesos, es decir, el equilibrio nos permite hacer una distribución adecuada de elementos que, junto

8. El color como elemento básico, según Dondis, 1976.

con los factores como el tamaño, el color, la ubicación o la dirección, permiten una mejor compensación entre ellos. Mientras que su opuesto, la inestabilidad, es la ausencia de equilibrio lo que genera visualmente en la composición una desproporción y desbalance entre los elementos.

- **Simetría y asimetría.** Esta dos se dan a partir del equilibrio, siendo la primera un equilibrio axial, donde cada unidad está situada a un lado de la línea central (eje de simetría) correspondiendo exactamente en cada lado. La simetría es perfectamente lógica y sencilla de diseñar, pero suele ser estático o aburrida. En cambio, la asimetría a partir del equilibrio puede conseguir la variación de elementos y posiciones, de manera que se equilibren los pesos. Suele ser más complicado, porque requiere el ajuste de muchas fuerzas, pero resulta ser interesante y rico en su variedad.
- **Regularidad e irregularidad.** En el diseño, la regularidad es la uniformidad de elementos, el desarrollo de un orden basado en algún principio o método respecto al cual no se permiten desviaciones. Su contrario, hace lo inesperado y lo insólito, sin ajustarse a ningún plan descifrable.
- **Simplicidad y complejidad.** La simplicidad va de la mano con el orden, generando un carácter directo y simple de la forma elemental, libre de complicaciones o elaboraciones secundarias. Asimismo, el número de elementos influye mucho en la simplicidad de una composición visual. (Ver imagen 9). La complejidad visual en el diseño se da por la presencia de numerosas unidades y fuerzas elementales, que dan lugar a un difícil proceso de organización del significado. Cabe mencionar, que la forma de los objetos visuales influye en la simplicidad o complejidad que pueda presentar una composición, pues al observador puede parecerle sencilla por no advertir complejidad, o bien, este puede encontrarla desconcertantemente compleja

por no estar familiarizado con su estructura. (Ver imagen 10).

- **Unidad y fragmentación:** La primera es el equilibrio adecuado de elementos diversos en una totalidad que es perceptible visualmente. Los elementos utilizados deben de ensamblarse adecuadamente, de manera que se perciban y se vean, como un objeto único. Por el otro lado, “la fragmentación es la descomposición de los elementos y unidades de un diseño en piezas separadas que se relacionen entre sí, pero conserven su carácter individual” (*Ibidem*, p.134).
- **Economía y profusión:** La economía hace uso mínimo de unidades, con una ordenación visual frugal y juiciosa. Realza los aspectos conservadores y reticentes de lo pobre y lo puro. La profusión, el contrario, “está muy recargada y tiende a la presentación de adiciones discursivas, detalladas e inacabables al diseño básico que, idealmente, ablandan y embellecen mediante la ornamentación” (*Ibidem*, p.135). Visualmente, es muy enriquecedora, asociada al poder y la riqueza.
- **Reticencia y exageración.** La primera busca entre los elementos mínimos una aproximación que persigue una respuesta máxima del espectador. (Ver imagen 11). La exageración recurre a la ampulosidad extravagante, ensanchando su expresión mucho más allá de la verdad para intensificar y amplificar. (Ver imagen 12).
- **Predictibilidad y espontaneidad.** La predictibilidad se relaciona a un orden o a un plan convencional, donde se preverá lo que será el mensaje visual, basándose en un mínimo de información. La otra, se caracteriza por no tener un plan, además de tener una carga emotiva, impulsiva y desbordante.
- **Actividad y pasividad.** La actividad visualmente debe reflejar movimiento por medio de la representación o la sugestión. Y viceversa, la pasividad es una técnica que representa una fuerza inmóvil, estática



24

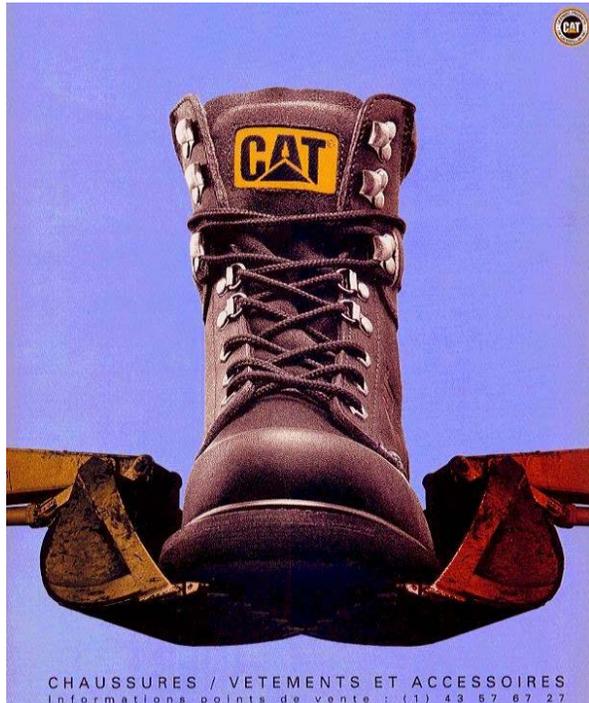
9. Simplicidad.



Imagen 10. Complejidad.



11. Reticencia.



12. Exageración.

mediante un equilibrio absoluto, generando un estado de reposo. (Ver imagen 13).

•**Sutileza y audacia.** La sutileza es una técnica visual que rehúye el propósito evidente, ofreciendo delicadeza y refinamiento. Debe de utilizarse inteligentemente para conseguir soluciones ingeniosas.

La audacia, en cambio, es una técnica obvia que el diseñador debe de usarla con atrevimiento, seguridad y confianza en sí mismo, pues el objetivo es lograr una visibilidad óptima.

•**Neutralidad y acento.** En una composición gráfica, la neutralidad se presenta donde ningún elemento destaca más que otro. En cambio, el acento realza intensamente un elemento contra un fondo uniforme.

•**Transparencia y opacidad.** La primera técnica visual se refiere a aquel detalle visual, a través del cual es posible ver. La segunda, es justamente lo opuesto, el bloqueo y la ocultación de elementos visuales.

•**Coherencia y variación.** La coherencia expresa la compatibilidad visual desarrollando una composición dominada por una aproximación temática uniforme y consonante. Su opuesto, da la diversidad y la variedad.

•**Realismo y distorsión.** El realismo es la técnica natural de la cámara, la opción del artista. Nuestra experiencia visual y natural de las cosas es el modelo del realismo en las artes visuales, cuyo empleo puede recurrir a numerosos trucos y convenciones calculadas para producir las mismas claves visuales que el ojo transmite al cerebro. La configuración de la cámara es una imitación de la del ojo y, en consecuencia, repite muchos sus efectos... La distorsión fuerza el realismo y pretende controlar sus efectos desviándose de los contornos regulares y a veces, también de la forma auténtica (*Ibidem*, p. 142).

•**Plana y profunda.** Ambas técnicas visuales se basan por el uso o la falta de perspectiva y se ven reforzados por la reproducción fiel de información ambiental, por medio de

la imitación de los efectos de luz y sombras propios del claroscuro, para sugerir o eliminar la apariencia natural de la dimensión.

•**Singularidad y yuxtaposición.** La primera trata en centrar la composición en un tema independiente, no contando con ningún otro estímulo visual, sea particular o general. Su efecto es la transmisión de un énfasis específico. Por otro parte, la yuxtaposición expresa interacción de estímulos visuales situando al menos dos claves juntas y activando la comparación relacional.

•**Secuencialidad y aleatoriedad.** La primera se dispone en un orden lógico, cuyo orden puede responder a una fórmula, pero por lo general entraña una serie de cosas dispuestas según un esquema rítmico. La aleatoriedad es la falta de un plan, es una desorganización de una representación accidental de la información visual.

•**Agudeza y difusividad.** La agudeza permite una expresión de claridad, mediante el uso de contornos netos y de la precisión, dando como un efecto final de nítido y fácil de interpretar. Su contrario, es suave, no aspira tanto a la precisión. Crea más un ambiente, más sentimiento y más calor.

•**Continuidad y episodicidad.** La continuidad permite que entre sus elementos haya una serie de conexiones visuales ininterrumpidas, que resultan particularmente importantes en cualquier declaración visual unificada. Por su parte, la episodicidad, da el efecto de desconexión, o bien, conexiones débiles. “Es una técnica que refuerza el carácter individual de las partes constitutivas de un todo, sin abandonar completamente el significado global” (*Ibidem*, p. 146).

CLASIFICACIÓN DE LA ILUSTRACIÓN GRÁFICA

En la ilustración gráfica existen diferentes tipos de ilustraciones que tienen una función



13. Actividad y pasividad.

específica según el soporte a utilizar. De este modo, se clasifica de la siguiente manera, de acuerdo a Simpson, 1994, en su libro *La nueva guía de la ilustración*:

La revista

Es uno de los soportes impresos en los que se hace uso de la ilustración para su diseño, puede ser desde una revista de moda hasta una futurista. Aquí la ilustración tiene muchos fines, a cierto nivel, sencillamente adorna una página. Por otro lado, la ilustración decorativa tiene como fin variar el efecto visual, contrastando dibujos con fotografías, sirviendo como herramienta para tentar al lector. Ésta implica cenefas ornamentales, titulares decorados, ingeniosas viñetas cómicas o diseños atractivos, los cuales deben destacar el estilo general de la revista.

La ilustración de reportaje dentro de las revistas, ha sido reemplazada poco a poco por la fotografía, la cual proporciona una “realidad” al lector. Pues la ilustración puede ofrecer una visión no honesta y objetiva.

La ilustración conceptual o editorial es otra de las imágenes que aparecen dentro de una revista, cuya misión es “proporcionar una forma visible a conceptos a menudo abstractos y hacer que esta forma resulte esclarecedora, desafiante, entretenida y seductora” (Simpson I., 1994,

p.75). (Ver imagen 14).

Por otro lado, la ilustración de la cubierta tiene la función de hacerla distinta de otras, dándole un determinado carácter, el cual debe ser una imagen fácil de reconocer.

El periódico

Se compone de diferentes secciones, generando que haya cuatro tipos principales de ilustración: viñetas cómicas, infogramas (gráficos de información), ilustraciones conceptuales y de reportaje.

Las viñetas cómicas son la mayor parte de la ilustración que aparece en un periódico, con temas de política, deporte, negocios y de relleno. Este tipo de imagen debe transmitir el concepto de manera sencilla, para que se pueda comprender en seguida. Y para ser más efectiva en los periódicos, la imagen debe ir en blanco y negro.

De acuerdo a Simpson (1994) los infogramas “son una mezcla de ilustración y diseño gráfico. Consta de dibujos que explican cómo se ha producido un acontecimiento y su causa probable, por ejemplo, un accidente de aviación en un lugar remoto del mundo que resulta inaccesible para los fotógrafos” (p.89).

La persona encargada de ejecutar la imagen deberá ser un ilustrador, y escritor a la vez, ya que tiene que pensar tanto en la función de la ilustración como en la información, debido a que en los infogramas se hace uso de mapas, diagramas empresariales y gráficas que hacen que resulte más útil.

La ilustración conceptual en los periódicos se asemeja mucho a la ilustración mencionada anteriormente, y sobre todo, para ilustrar artículos importantes que aclaran mucho sus características.

El uso de la ilustración en el reportaje suele ser de mucha ayuda, por ejemplo, en Gran Bretaña, no se puede entrar con cámaras fotográficas a los tribunales, tampoco se le permite la entrada a los artistas para hacer bocetos, por lo que se envía alguien que tenga una buena memoria visual, que sea capaz de realizar el dibujo de lo

que percibió, ayudando a complementar el texto. Otro uso que se le da a la ilustración, es para la reconstrucción de un suceso inesperado, donde haya cámaras fotográficas.

Sobrecubiertas de libros

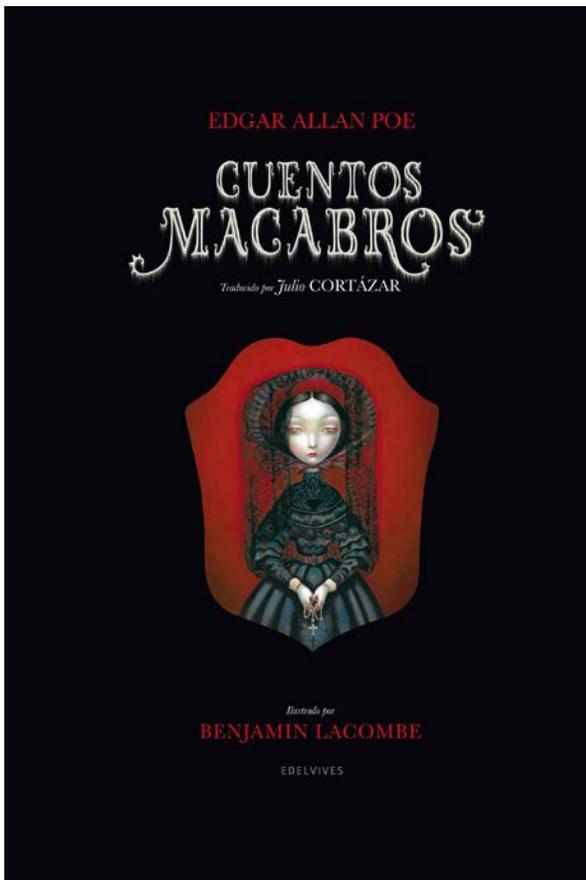
Tiene como función llamar la atención del posible comprador para que desee adquirir el libro. Es bien sabido que existe una gran variedad de libros dependiendo del tema, lo que genera múltiples factores a la hora de tomar la decisión de comprar uno. Sin embargo, los factores comunes que se deben considerar es que llame la atención, que guarde relación con el tema y que tenga un estilo distintivo.

Ilustración narrativa

Es otro tipo de imagen que transmite una idea, esta sirve de apoyo o puntuación en un texto. Es

14. Ilustración conceptual o editorial de una revista para niños.





28 15. Ilustración narrativa.

decir, forman parte de la narración, en la cual, a veces, las palabras juegan un segundo papel. Por tal motivo, el ilustrador deberá comprender bien el texto para hacer una fiel descripción en la representación visual. La variedad de textos que se pueden ilustrar es tan grande, ya que va desde poemas o narraciones breves, hasta novelas, obras de teatro, sátiras o fábulas.

Ilustración decorativa

La ilustración decorativa en los libros es una función que se remonta por lo menos hasta la época de los manuscritos medievales, cuyo objetivo fundamental era tener una puntuación visual. Hoy en día esta ilustración tiene como función crear una identidad y un ambiente sin poner en peligro la lectura.

Cómics y viñetas cómicas

Las tiras cómicas contienen material poco trascendente; permiten que una narrativa poderosa avance a un ritmo tanto visual como literario. Una de las características principales en lo cómics es que se dividen en viñetas.

Libros con información para adultos

Hay libros con información para adultos que están ilustrados, sobre todo libros técnicos como bricolaje, cocina y jardinería. En estos libros, se incluyen tres tipos de ilustraciones: los de adorno que dan vida y embellecen la página, los inspirativos que estimulan al lector a hacer algo, y los instructivos, que muestran paso a paso la información.

Ilustración en libros infantiles

La edición en la ilustración para libros infantiles tiene tres aspectos: la forma de aproximación al texto (que va más allá del contenido de este libro), el diseño e ilustraciones y, fundamentalmente, el lector.

La interpretación para este tipo de ilustraciones es importante para la narración o para la información que se va a presentar al lector, pues hay factores que implican la comprensión de estas por parte de los niños. Estos son:

La relación entre la imagen y el texto, el orden de lectura de la página (es decir, el orden en el que el diseñador pretende que el lector siga el texto y las imágenes), la comprensión de los convencionalismos visuales (perspectiva, diagramas, paso a paso, escalas y demás), y el orden en que sucede la narración o la información, etcétera (*Ibidem*, p.113).

-

Entre los contenidos de libros que hay para niños pueden ser novelas y cuentos tradicionales,

y los libros informativos como los diccionarios y enciclopedias.

Ilustración de fantasía o ciencia ficción

Son representaciones sobrenaturales en un marco realista, es decir, aparición y desarrollo de hechos inexplicables, mundos maravillosos, personajes místicos, héroes míticos con poderes sobrenaturales, trolls, hadas, gnomos, elfos, brujos, dragones, monstruos y caballeros.

Ilustración especializada

Esta clase de ilustración la tienen ciertas áreas en las que un dibujante puede desarrollar su habilidad. Es decir, debe tener una buena técnica, estar dispuesto a realizar investigaciones meticulosas, además de llevar un auténtico estudio sobre cada tema. La ilustración especializada se divide en: ilustración técnica, la de moda, la médica y la de historia natural.

En la ilustración técnica, el dibujante debe tener auto-disciplina, capacidad de observar, comprender y registrar un objeto y su entorno con la intención tanto de recuperar la información como de dibujarlo después con precisión. Otro aspecto a considerar, es que debe tener conocimientos sobre la perspectiva y de los métodos de proyección, ya que le permitirá tener una mejor interpretación con precisión del objeto. También, es fundamental que los ilustradores tengan conocimientos prácticos de diseño gráfico, tipografía, fotografía y los procesos de impresión.

Dentro de este tipo de ilustración se pueden presentar distintos tipos de ilustración que muestren el objeto en concreto, cada uno tiene su propia función y transmite información de modo diferente.

Ilustraciones siluetadas y en explosión. Las primeras presentan “invariablemente una

imagen de tres cuartos, en perspectiva, de la parte exterior de un objeto, seccionado de manera que se lleguen a ver los detalles internos u ocultos” (...) Las segundas cumplen la misma función; el exterior aparece como una superficie transparente en aquellas partes donde hace falta ver los detalles internos” (Simpson I., 1994, p.127).

De igual modo, la ilustración en explosión:

“es un medio para establecer la relación entre las piezas constitutivas y se dibuja en el orden en que el objeto se monta o se desmonta. Las distintas partes que componen todo el montaje se dibujan de tal manera que cada una de ellas resulta fácil de reconocer e identificar en caso de que haya que sustituirla, pero sin que quede aislada de sus vecinas inmediatas” (*Ibidem*, p. 128).

Hay veces que el objeto presenta varias piezas, por lo que hay que hacer una serie de ilustraciones, cada una de las cuales aparece como un submontaje del objeto completo. La ilustración en explosión se puede realizar con líneas de tinta blanca y negra, con tonos intermedios, monocromos o a todo color.

Las proyecciones ortográficas sirven para explicar con precisión la forma externa, la silueta y/o esquema cromático determinado del objeto.

Los diagramas esquemáticos, como lo indica el nombre, presentan un esquema de los objetos de una forma lógica y a menudo estilizada.

Los gráficos “sirven para fines publicitarios, como referencia inmediata, como auxiliares instructivos en una charla o una reunión promocional o, en un nivel más amplio, para transmitir información concreta”.

Las ilustraciones secuenciales se pueden describir como los diagramas esquemáticos o de flujo.

Y las ilustraciones de mano alzada no son rígidas, no dan al lector una información concreta ni técnicamente exacta, aunque están relacionadas con algún elemento u objeto que describa en el texto.

Con los avances tecnológicos en informática, hoy se puede hacer uso de diseño asistido por ordenador (más conocido por sus siglas inglesas CAD) para la elaboración de este tipo de ilustraciones, siendo que las reproducciones serán más rápidas y efectivas, pero la calidad dependerá de la habilidad que tenga el usuario.

Ilustración de moda

Se usa para vender un producto, pero bien, la nueva tendencia de esta ilustración se refiere a las ideas donde sigue siendo importante saber dibujar la figura humana realmente bien. El ilustrador debe tener una fuerte sensación de color y textura, además de la capacidad de trabajar siguiendo un *briefing* (escrito de las características generales del proyecto) preciso y en plazos determinados. (Ver imagen 16).

Ilustración publicitaria

Da forma y personalidad a una marca comercial o a un producto. Lo fundamental de este tipo



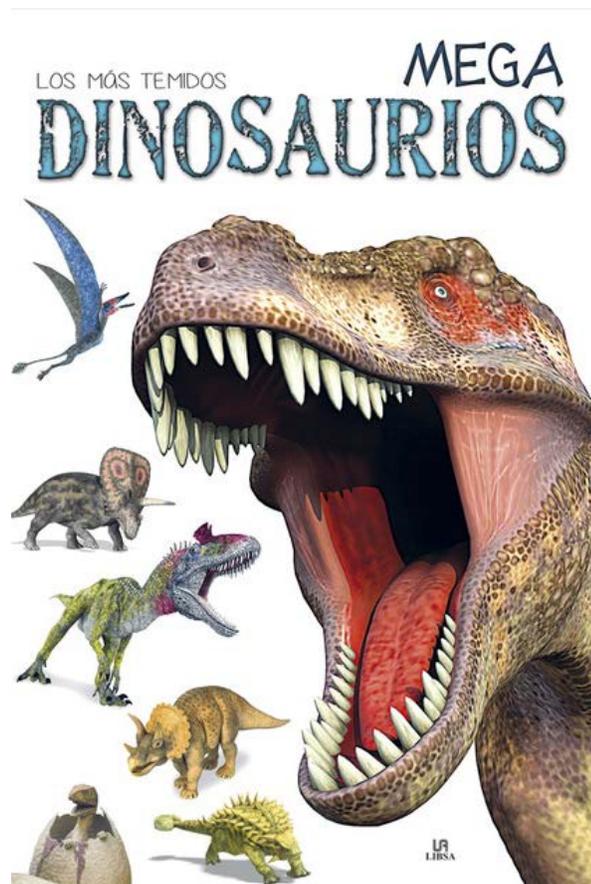
16. Ilustración de moda.

de ilustración es su inmediato y eficaz impacto visual; creando así al público una conciencia de la marca.

La proyección que se le da a la ilustración es muy amplia, ya que se emplea en una gran variedad de medios que van desde carteles en las vallas, como los laterales de los autobuses o las marquesinas (conocidos como medios exteriores), hasta los anuncios en televisión y cine.

Ilustración médica

Se remonta a cuando Leonardo da Vinci (-1452 1519) afirmó que era imposible describir la complejidad del cuerpo humano sin ayuda de dibujos. Posteriormente, la ciencia fue mostrando más descubrimientos por lo que se hizo más imperante la necesidad de expresar



17. Ilustración de Historia Natural.

esta información. Las ilustraciones van desde la anatomía humana tradicional, la descripción pictórica de operaciones quirúrgicas, hasta el diseño de material de educación sanitaria para el público y los pacientes.

Ilustración de historia natural

En esta clase de ilustración el dibujante deberá ser consciente de la función que cumple la imagen, ya sea para comunicar información técnica, como para adornar o embellecer el texto. También deberá tener en cuenta la capacidad de interpretar un *briefing* y preparar la ilustración e incorporarla al texto.

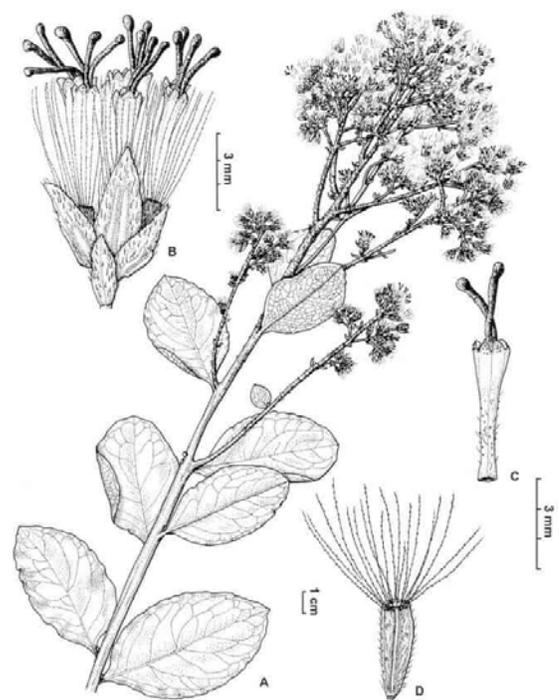
Tradicionalmente, la ilustración de historia natural se dividía en distintas categorías: la botánica, zoología, marina y ornitológica. Áreas que aún siguen siendo demandadas.

La capacidad de investigar y de seleccionar la información más importante y presentarla con claridad son importantes para el dibujante, pues existe el error de que la ilustración científica debe tener un exceso de detalles, mientras que esta debe ser sencilla y fluida. Existen diferentes tipos de ilustraciones de historia natural que plantean un conjunto distinto de dificultades. Un ejemplo, sería la ilustración de hábitats, que son aquellas donde aparece la vida silvestre en su entorno natural. Para tener una solución convincente, se tendrá que investigar lo necesario para establecer la relación correcta entre cada una de las especies, tanto de dos entre sí, como con el medio ambiente. De igual manera, para lograr la perspectiva y escalas correctas, también se hace uso de vistas de perfil evidentes y posturas estáticas en lugar de actitudes que brinden alguna información sobre el comportamiento, para dar vitalidad a la escena. Y normalmente, en estas ilustraciones usan anotaciones o números de referencia. (Ver imagen 18).

ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA

Como ya se mencionó anteriormente, el objetivo principal de la ilustración es comunicar información y conocimiento de cualquier tipo, lo cual crea la necesidad de desarrollar diferentes campos de estudios con sus respectivas necesidades y funciones. Siendo así, el área científica, uno de los campos en lo que se emplea la ilustración.

La ilustración científica, o también conocida actualmente como dibujo científico, *Scientific Visual Communication*, es decir, comunicación visual de la ciencia. Se puede definir como “transmitir gráficamente formas, detalles y conceptos asociados al conocimiento científico que no pueden explicarse con palabras. Es un arte al servicio de la ciencia, y cada ciencia tiene



Stomatanthus loefgrenii (B.L.Rob.) H.Rob.

18. Ejemplo de una ilustración científica como vía de conocimiento en el área de botánica.



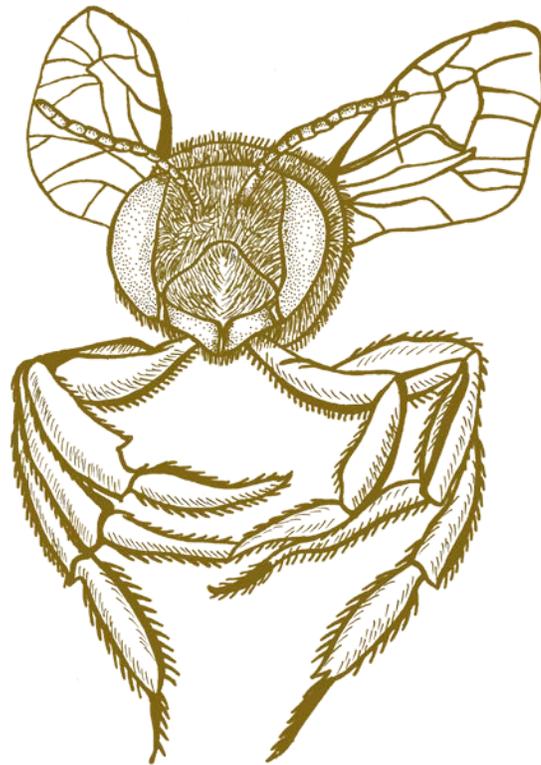
19 y 20. *Dahlia brachetii*, 2018. Ilustración científica. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.

diferentes exigencias” (Cabezas de Lino, 2016, p. 13). Sin embargo, también la ilustración científica ayuda a reforzar o completar conocimientos científicos.

Igualmente, hace mucho tiempo Leonardo da Vinci mencionó que “la pintura presenta obras de la naturaleza ante sentidos con mayor autenticidad y certeza de lo que hacen las palabras o las letras” (*Ídem*).

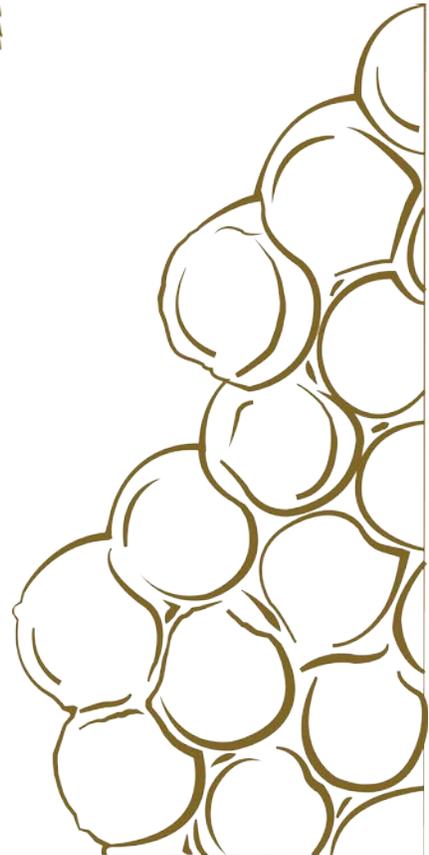
De esta forma es que el dibujo científico sirve como imagen para mostrar, conocer, reconocer, organizar, clasificar, etc., los fenómenos del mundo material, hipótesis, teorías, ideas y

procesos. También, permite resumir, implicar y enfatizar; eliminar información innecesaria, describir situaciones difíciles de observar y ayudar a resolver problemas. Por lo tanto, las imágenes realizadas por la ilustración científica son un medio efectivo para su divulgación, plasmación y fijación de nuevas vías del conocimiento. Y es aquí donde se aprecia que son imágenes portadoras de información; cuya función fue mencionada en las definiciones de ilustración gráfica.



Capítulo 2

Ilustración científica





21. Pintura rupestre. Representación de un canguro por los aborígenes australianos.



22. *Caza en los pantanos*, fresco de la tumba de Nebamun.

ORÍGENES DE LA ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA

Cabezas (2016) menciona que:

“El origen del dibujo científico o el dibujo aplicado a la ciencia lo encontramos indisolublemente unido a los textos de las mismas disciplinas científicas, teniendo en cuenta que la relación entre la imagen y el texto ha ido configurándose en paralelo a los avances del conocimiento y se ha convertido en el mejor vehículo para la transmisión de contenidos complejos; al extremo de que, en muchos casos, su presencia deja de ser necesaria para hacerse imprescindible.” (p.13).

Los antecedentes de la ilustración científica en la historia de la humanidad, inician con los primeros vestigios, es decir, aquellas representaciones pictóricas en las grutas, o bien, sobre soportes duros como la piedra o hueso. Las escenas de caza, figuraciones detalladas de personas y de animales prehistóricos fueron las representaciones principales del arte rupestre. Un ejemplo, es la representación de un canguro por los aborígenes australianos, en la que se muestra a un cazador y la estructura ósea del animal (como si tratara de unos rayos X, ver imagen 21).

Por otro lado, en las civilizaciones antiguas, el arte estuvo presente en donde se mostraban

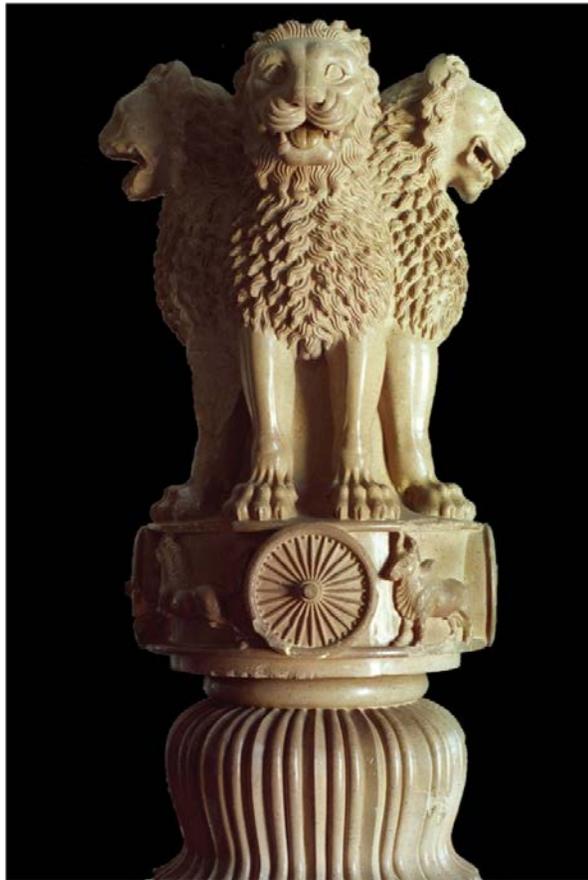
escenas de la vida cotidiana, la religión, del inframundo, la guerra, la mitología, la belleza, el culto, los gobernantes, entre otros. Sin embargo, también se adoptó, en su arte, las representaciones de elementos naturales. En el caso de la cultura egipcia se puede observar, principalmente, animales y plantas, como en el fresco, *Caza en los pantanos*, (imagen 22) de la tumba de Nebamun, donde se puede apreciar el pantano y los diferentes especímenes que lo conformaban, como la flora (las flores de loto) y la fauna (mariposas, peces y los diferentes tipos de aves). De la civilización sumeria, está el relieve de la *Leona herida de Nínive*, que muestra la anatomía del animal (su musculatura y sus tendones), asimismo, se puede notar su agonía y la esencia en la gesticulación en el rugido. (Ver imagen 23).



23. Relieve de la *Leona herida* de Nínive.

36

En el arte hindú la escultura y la pintura presentan un dinamismo que se alude a las formas naturales. Las montañas, árboles y animales son los elementos sagrados que reciben culto y que son inseparables de las formas religiosas. Por caso, está el conocido capitel de *Sarnath*, en donde aparecen cuatro leones confrontados que simbolizan los cuatro puntos cardinales. (Ver imagen 24).



24. Capitel de *Sarnath*.

En la cultura china la naturaleza fue una gran inspiración para los artistas, quienes eran aficionados, principalmente, de pintar paisajes, seguido de las flores y aves. Entre unas de las pinturas de paisaje esta *Primavera reciente* de Guo XI.

En el arte griego se hicieron representaciones de paisajes, como un fresco que ilustra el mundo marino, el de los *Delfines* del palacio de Knossos, en Creta. En cambio, en la cultura romana los temas que plasmaban en su arte, primordialmente, eran los retratos, la mitología, la religión y el inframundo.

En las civilizaciones mesoamericanas principalmente la Olmeca, Tolteca, Teotihuacana, Zapoteca, Mixteca, Azteca y Maya; representaban pictóricamente plantas, flores y animales (mamíferos como el jaguar; los reptiles como las serpientes, cocodrilos y lagartos; en la vida marina como peces,



25. *Cacamatlalim*, *Hecapabtlí* y *Cuencuehpabtlí*, plantas medicinales. Láminas del Códice de la Cruz de Badiano.

conchas y caracoles; aves como búhos, águilas, guacamayas, quetzales, colibrís; insectos como mariposas y chapulines). Un ejemplo muy representativo es el códice de la *Cruz de Badiano*, el cual ilustra las plantas medicinales que usaban los aztecas.

A pesar de que se hacían representaciones de la naturaleza en la antigüedad con fines ornamentales (en su mayoría), se tiene un registro de especímenes que existían en ese momento. “Sin embargo, hemos de considerar que la ilustración científica tiene orígenes en los primeros estudios analíticos y con fines intelectuales realizados para el registro y la difusión del mundo natural a través de los documentos escritos” (*Ibidem*, p. 24).

De igual manera, la *Historia Natural* tiene origen a partir del estudio de todos los elementos que integran el universo, siendo así un referente principal la obra de Aristóteles que describía

el mundo homónimo incluida en 37 libros, una completa recopilación de fuentes más antiguas relativas a geografía, zoología, botánica, medicina, farmacología, mineralogía, metalurgia, agricultura y jardinería, estableciendo un modelo perdurable prácticamente sin cambios hasta la Edad Media.

El *Codex Aniciae Juliana* es uno de los herbarios más antiguos y de los primeros libros ilustrados, de modo que es conocido por una copia del s. XV del texto de Doiscórides, hoy conservado en la biblioteca Imperial de Viena. El interés por la formación de enciclopedias fomentó la edición de grandes compendios sobre el estudio de la naturaleza entre los que resaltan los de Isidoro de Sevilla (c. 636-556), *Etimologías* (c. 634); Vicent de Beauvais (c. -1190c. 1264), *Speculum Majus*, Tomás de Cantimpré 1272-81201), *De Nature Rerum* (1240-1237); los cuales dan a conocer una relación de todos los elementos conocidos de la creación divina, además de aquellos de los que

se asegura que existen sin muestras de evidencias (las *mirabilia*).

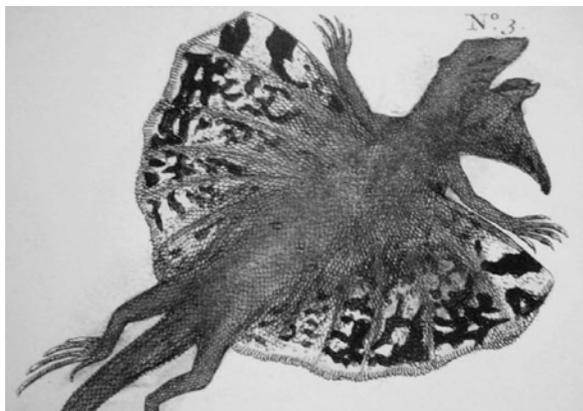
Durante la Edad Media la ilustración científica tuvo un grado de subjetividad y misticismo. Las ilustraciones tuvieron una transmisión histórica de errores, algunos de bulto, favorecidos además por los condicionantes culturales, religiosas o literarias. Así los bestiarios medievales describían las costumbres y comportamientos de los animales, a través de narraciones y descripciones basadas en referentes grecolatinos antiguos y muy conocidos sobre el mundo de zoología, con un fin doctrinario y moralizante que gozó de una difusión amplia.

Cabe mencionar, que algunas de las criaturas que aparecen en los trabajos científicos fueron basadas en seres mitológicos. Por ejemplo, la hiedra era un animal que con frecuencia se representaba en los bestiarios sin tener un referente que existiera, sin embargo, hubo un ejemplar de una hiedra preservada que le perteneció a Philipp Christoph, el Conde Königsmark, quien la adquirió en 1648 después de la Batalla de Praga. Más tarde, Linnaeus en 1735 vio dicho ejemplar, diciendo que se trataba de una falsificación, hecha de piel de serpiente, quijadas y patas de varias comadreas o zorrillos. Asimismo, presumió que la hidra había sido fabricada por los monjes como representación de una bestia apocalíptica. Otra representación que se realizaba, eran los dragones, los cuales eran basados en el género *Draco* una lagartija planeadora del sur y sureste de Asia. (Imagen 27).

Para los últimos años de la Edad Media, se comenzó de nuevo a dibujar, directamente de especies botánicas, iniciando así las redes de recuperación de ilustraciones realistas. En la mitad del siglo XIII, los escultores estudiaban el movimiento y la ondulación de plantas, lo que dará origen la flor gótica que se irá desarrollando



26. El *Codex Aniciae Julianae*. Copia del texto de Doiscórides durante el s. XV.



27. *Draco* género en la que se basaban para la representación de dragones .

durante 150 años.

“De manera general, la transición al gótico promueve un necesario abandono de los repertorios escolásticos y la especulación cede paso al empirismo y a la observación en vivo de los fenómenos, introduciendo

motivos naturales directamente inspirados del mundo vegetal, y entre otras disciplinas, los textos de anatomía, prácticamente sin aportaciones desde los avances de Galeno en siglo II d.C., demandarán un necesario retorno a la *via experimenti* frente a la *via rationis*.” (*Ibidem*, p.27).

Con este cambio de idea se dio una transición progresiva del dibujo de memoria y un retorno hacia el dibujo natural, en el que la ilustración se realizara a partir del modelo. En este caso, el *Cuaderno* de Villard de Honnecourt, es un ejemplo claro donde se pueden observar tres tipos de ilustraciones, de igual modo es una obra clave en el contexto de la representación animal. Los primeros dibujos que aparecen son representaciones convencionales de animales basándose en modelos heráldicos o tipificados

tan característicos de la transición gótica (hieráticos o antropomorfos). El segundo grupo, son ilustraciones de animales que muestran un alto grado de naturalismo, los cuales han sido dibujados del natural (ver imagen 28). Y el último grupo, son dibujos donde el autor describe de manera geometrizada, los modelos naturales para enseñar a dibujar animales, partiendo de patrones basados en polígonos, así como figuras humanas. (Ver imagen 29). Esta obra, forjó en gran medida el desarrollo posterior de la iconografía científica, pues se presentan imágenes intelectuales o elaboradas que muestran gráficamente los rasgos característicos y particulares de las especies.

Para el s. XVI las disciplinas en la ciencia comienzan a diversificarse y desarrollarse de manera autónoma, siendo así que la Historia



28 y 29. Láminas del *Cuaderno* de Villard de Honnecourt.



30. Representación escultórica de Leonardo Da Vinci.



31. Retrato de Alberto Durero.

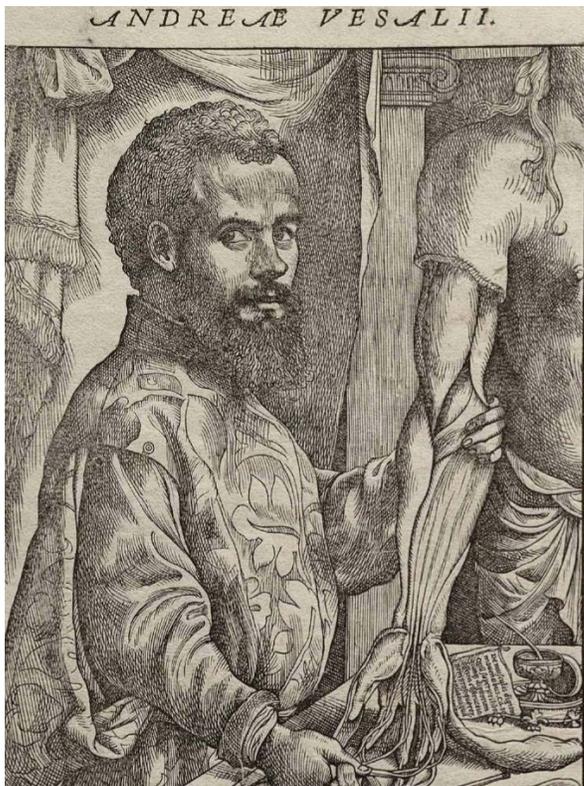
40

Natural se relaciona al estudio de la Tierra y al reino animal y vegetal, con el objetivo de fomentar el afán recopilatorio, lo que hace aumentar los campos de estudio. Durante este mismo siglo, existieron grandes representantes de la iconografía científica como Leonardo Da Vinci en Italia (30), Alberto Durero en Alemania (31) y Andrés Vesalio (32) en Italia y España, considerando a los dos primeros como los precursores de la ilustración científica.

Leonardo Da Vinci además de ser un pintor, escultor, arquitecto e ingeniero militar, fue un gran científico que se dedicó al estudio de varias disciplinas como la anatomía, óptica, mecánica, matemáticas, geología, acústica, entre otras. Aquel interés por la observación rigurosa, el experimento y la formulación exacta de principios generales a partir de la experiencia empírica, generó a que realizará varios cuadernos de notas, en donde se pueden

apreciar anticipaciones de muchos desarrollos posteriores de la ciencia moderna, a través de dibujos y gráficos acompañados de textos. Entre los tratados que escribió están: *Libro sobre perspectiva*, *Tratado sobre la cantidad continua*, *La geometría como juego*, *Tratado sobre los nervios, los músculos, los tendones, las membranas y los ligamentos* y *Libro especial sobre los músculos y los movimientos de los miembros*. Es importante destacar, que Da Vinci planeaba publicar sus tratados científicos con los materiales recogidos en sus cuadernos, pero pese a su gran dedicación, nunca consiguió llevar a buen término su propósito. Un gran ejemplo de sus dibujos con gran precisión fue aquella donde represento los órganos del tórax, el abdomen y el sistema vascular de una mujer, que data de 1507, considerándose como la primera radiografía de la historia.

En cambio, Durero se dedicó a pintar, dibujar, grabar y realizar escritos sobre arte.



32. Retrato de Andrés Vesalio.

Sin embargo, en 1515 realizó una ilustración considerada como científica, de un rinoceronte, a partir de un ejemplar de *Rhinoceros unicornis* de India. Dicho dibujo se denomina *Rinoceronte de la plancha de Caldera* en cuya imagen se evidencia el manejo perfecto de la proporción y exactitud en el dibujo; considerando que al momento de dibujarlo se basó en la descripción y observación de un boceto de un artista de Moravia llamado Valentin Ferdinand, quien tenía acceso a los animales antes de que murieran. Otro gran ejemplo de este artista es la “*Joven liebre*”, pintado en aguada y acuarela sobre papiro en 1502. Es un trabajo que resalta la descripción de la liebre de manera meticulosa, tanto que se puede saber que es a partir de un espécimen joven, tal como sus características anatómicas corroboran. También, destaca por su delicadeza y detalle del tratamiento del pelaje, por el nivel de observación que se ve en el reflejo de la pupila del animal y por el efecto de volumen y tridimensionalidad

que consigue con la proyección de la sombra arrojada.

Andrés Vesalio fue un médico que se dedicó al estudio de la anatomía, quien tenía su propia concepción del cuerpo humano, a pesar de la obra ya existente de Galeno. La cual será un motivo para que Vesalio vuelva a las figuras y al método experimental de la práctica de las disecciones como recurso de aprendizaje indispensable en las escuelas de medicina. Es así, que Vesalio escribe un nuevo tratado de anatomía, *De humani corporis fabrica libri septem*, en 1542. Con este nuevo tratado fomentó un cambio en el método didáctico, facilidad en el uso de ilustraciones, además, corrigió la obra de Galeno incorporando nuevos hallazgos, y como consecuencia, logró revolucionar la enseñanza de la anatomía.

Cabe mencionar que, durante el Renacimiento, para el desarrollo de la historia natural, existían gabinetes o armarios de curiosidades en los que había colecciones de diferentes especies de plantas y animales, ya conocidas para ese entonces. Pero con la llegada de nuevas especies provenientes del Nuevo mundo (América), se dio un caos en la *scala natura* de Aristóteles, pues se tuvo que modificar la clasificación existente. Quien lo logró hacer tal modificación fue Carlos Linneo, pero preservando en gran parte, la ya conocida organización. Fue así que las nuevas especies fueron descritas e ilustradas. Sin embargo, las ilustraciones de animales eran alteradas debido por la preservación y condiciones del espécimen, además de que había influencia de la mitología de los bestiarios antiguos.

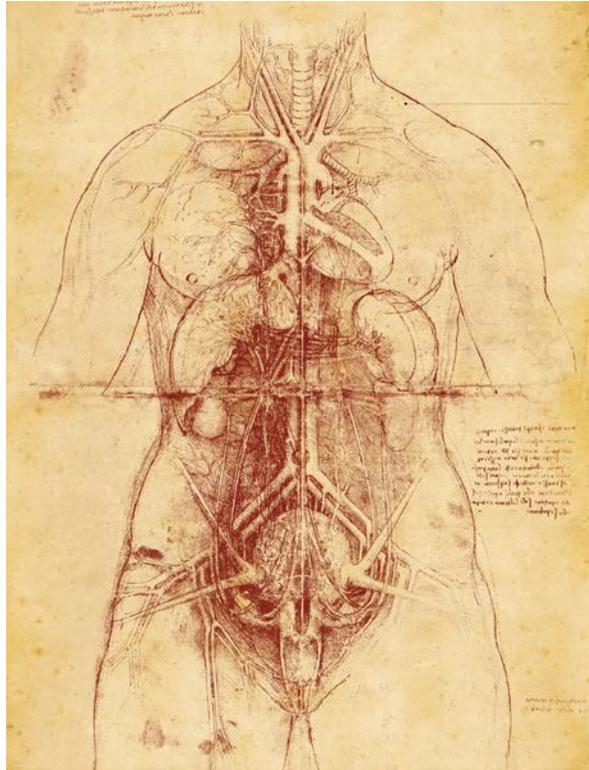
También, es importante resaltar que la Historia Natural durante su desarrollo (entre los siglos XVI y XVIII) tuvo conflictos con las doctrinas religiosas por su confrontación con los relatos narrados en la Biblia, un claro ejemplo fue el

tema con la evolución de las especies, el cual tenía un importante componente místico y simbólico en el que la conjetura era inherente a los conocimientos científicos. Sin embargo, más adelante el impulso científico tomó fuerza con la aparición de la imprenta durante el siglo XV, y con el respaldo institucional de las organizaciones financiadas por el Estado, surgieron durante el siglo XVII las academias y posteriormente las sociedades científicas.

Fue así que en siglo XVII, la especialización del conocimiento se configuró con la aparición de grandes grupos de naturalistas que se dedicaron al estudio del cuerpo humano a través de la anatomía, a los minerales y sus usos mediante la química, también se dedicaban al mundo vegetal por medio de la botánica. Estos diferentes campos de estudio de la ciencia, dieron una larga evolución en que la densidad de los avances hace necesaria la independencia como una rama autónoma de la ciencia. De este modo el cuerpo humano se abriría al estudio de su morfología, sus funciones (fisiología) y tratamiento de las enfermedades, siendo ésta un área fundamentada en el dibujo científico.

Por otro lado, la ilustración en el mundo vegetal y la botánica tuvo su origen más directo en la Historia Natural, ésta fue en importantes compilaciones, y en el desarrollo de modelos y sistemas de clasificación.

Después del descubrimiento del Nuevo Mundo, en el siglo XVIII, naturalistas y artistas participaron en grandes expediciones científicas de donde se documentó con abundantes ilustraciones de la flora y fauna desconocidas hasta ese entonces. Una de las expediciones que se realizó entre los años 1816-1783 fue la del Nuevo Reinado de Granada, comandada por José Celestino Mutis y apoyada de ilustradores como Salvador Rizo y Francisco Matis. Las ilustraciones botánicas que resultaron eran



33. Estudio anatómico por Leonardo Da Vinci, 1507. Considerada como la primera radiografía de la historia.



34. *Joven liebre*, Alberto Durero, 1502.

mucho más exactas y estandarizadas, teniendo como ejemplo la lámina de Salvador Rizo, *Mutisia clamatis* (Ver imagen 36).

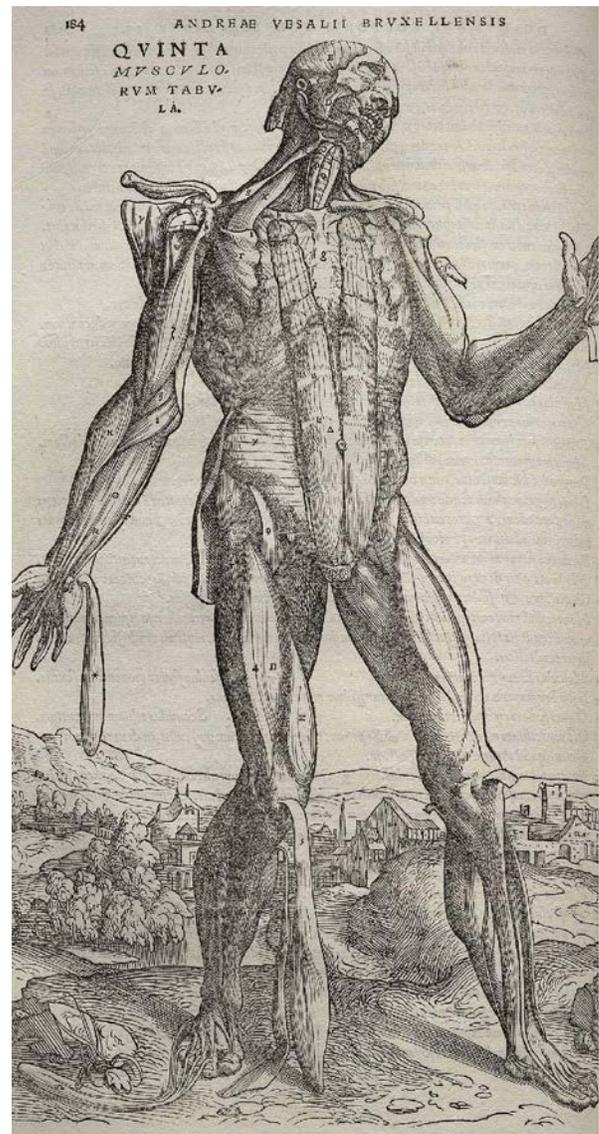
Cabe mencionar que durante el s. XVIII, Siegfried Albinus fue un importante ilustrador científico con su destacado trabajo sobre la anatomía en 1747, *Tratados del esqueleto y músculos del cuerpo humano*.

Ya en el siglo XIX, aparecieron notables ilustradores como John J. Audubon y John Gould quienes ilustraron un libro de aves en 1827 y 1841, el cual sirvió de consulta para el área de Ornitología. Y fue en ese siglo que se separó la objetividad de la subjetividad en la representación de las ciencias naturales.

Otro notable ilustrador fue Charles Darwin, particularmente con sus trabajos de cuestiones geológicas; sobre la expedición del Beagle, proyecto que consistió en representar cartografías de las costas, además de la flora y la fauna de lugares remotos. Su más grande obra, que revolucionó el ámbito de la Biología, y que además generó una percepción distinta de la naturaleza, fue su libro *El Origen de las especies* de 1859, cuyas ilustraciones eran mucho más precisas y menos artísticas. Sin embargo, un año antes, Henry Gray había publicado la primera edición de su libro *Anatomía Descriptiva y Quirúrgica*, el cual también contenía ilustraciones muy bien hechas y científicas de anatomía humana.

CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES

Como se mencionó anteriormente, la ilustración es una imagen, una producción gráfica, que comunica y que transmite información o un conocimiento, lo que llega a definirse como *imagen funcional*, cuya expresión introdujo el sociólogo Joan Costa, especialista en comunicación visual, durante la década de los noventa del siglo



35. Ilustración de *De humani corporis fabrica libri septem* por Versalio.

pasado. De modo que, la ilustración científica es una imagen funcional, en la cual destacan tres tipos principales:

- Función referencial. Las imágenes muestran una relación de semejanza con el objeto presentado, y dependiendo de la disciplina en la que se enmarque, este componente icónico será más marcado. Por ejemplo, las ilustraciones relacionadas con el mundo natural (animal, vegetal y mineral), la función de representación gráfica debe ser un dibujo



36. *Mutisia clematis* de Salvador Rizo. De la expedición botánica de José Celestino Mutis, 1783 -1808.

fundamentalmente descriptivo y exacto, en donde el estilo del autor no debe estar presente ni si quiera con fines decorativos.

Para estos dibujos, "...también han de ser selectivos en la información; no solo han de presentar lo evidente, su apariencia externa, sino que también deben plasmar los rasgos comunes a todos los sujetos de un mismo conjunto y en muchas ocasiones deben además mostrar lo invisible" (*Ibidem*, pág. 15)

- Función didáctica o narrativa. Las imágenes generadas en este punto deben transmitir la información compleja de manera comprensible a través de los gráficos con una semántica propia. Además, deben permitir organizar la información explícitamente, resumirla, simplificar, enfatizar, recapitular y contextualizar, con el objetivo de tener una transmisión más efectiva.
- Función conceptual. Son imágenes que a través de ellas permiten explorar e inferir nuevas vías de conocimiento, explicar fenómenos, manejar y clasificar grandes cantidades de información. El dibujo científico, para ordenar y hacer comprender el análisis de un fenómeno, se basa en la esquematización, es decir, la generación de una simbología propia, el desarrollo de esquemas y gráficos. (Ver imagen 37).



37. Función conceptual. Infografía sobre viajes peligrosos de aves de Fernando Baptista.

A continuación, a grosso modo, se enuncian las funciones específicas de la imagen científica en siete principios fundamentales, según Briscoe, (1990):

- Describir fenómenos complejos que no puedan ser explicadas mediante el lenguaje verbal.
- Documentar con verosimilitud.
- Facilitar el análisis de un fenómeno.
- Simplificar y aclarar la información.
- Resumir la información.
- Enfatizar.
- Recapitular (Cabezas, 2016, p.17).

Con lo anterior se puede concluir que la

ilustración científica tiene la característica de usar modelos de representación objetiva, es decir, los dibujantes traducirán fielmente los referentes naturales extrayendo de estos los rasgos definitorios; aunque, en ocasiones en la ilustración científica se pueden realizar estilizaciones con el fin de mostrar la relación de un determinado componente o elemento respecto de un todo. Incluso se puede recurrir a fraccionar, lo que permite abarcar con más detalle una parte del todo.

Por otra parte, la ilustración científica también debe ser clara y precisa con todas sus líneas acabadas, además, de permitir visualizar y comunicar información muy puntual. Así mismo, debe tener una correlación con un texto o un contenido específico. Finalmente, en esta clase de ilustración el estilo del autor no debe estar presente, así como ningún decorativo.

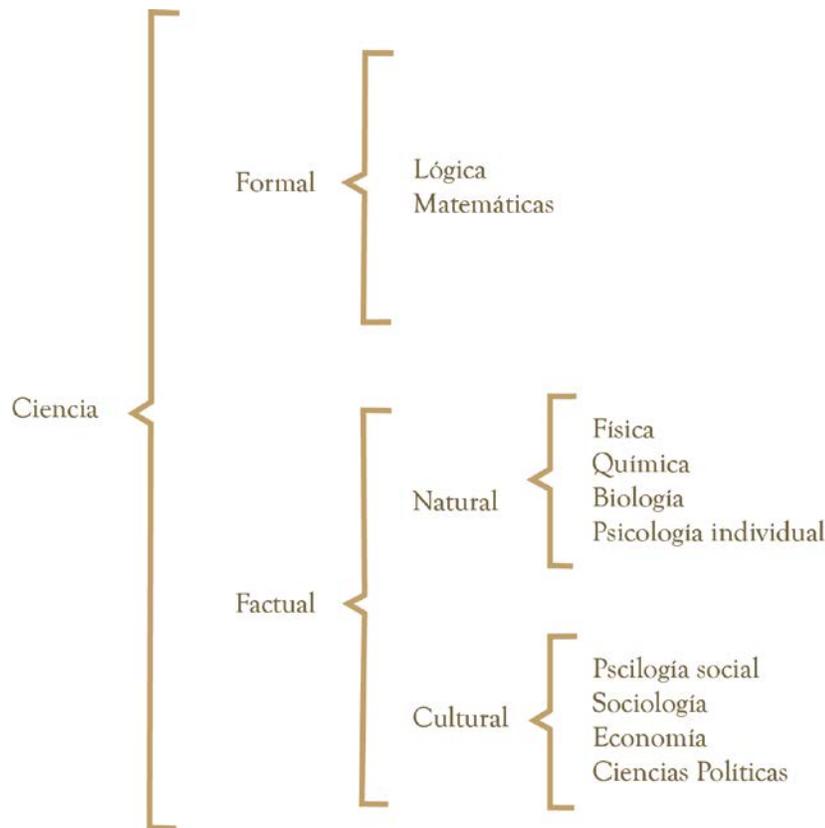
VARIANTES DE LA ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA

La clasificación de la ciencia a través del tiempo ha cambiado en su organización, pues algunos autores las ordenan de acuerdo al método que emplean, por su naturaleza o por el objeto de estudio. Mario Bunge en 1972 clasificó a la ciencia a partir del objeto de estudio, haciéndolo de la siguiente manera:

Las ciencias formales tienen como objeto de estudio los entes formales, los ideales o conceptuales, basándose de la lógica, del pensar racional humano. En cambio, las ciencias factuales estudian el mundo de los hechos, auxiliándose de la observación y experimentación.

Como se puede notar, el dibujo científico tiene un amplio campo de aplicación en las diferentes disciplinas que derivan de la ciencia, lo que provoca que existan diferentes variantes de la ilustración científica y que, a su vez, puedan tener fines más específicos.

En el libro *A Guild scientific illustration*, se menciona una clasificación “donde se destacan los campos de aplicación por orden de importancia con la siguiente relación de materias: medicina, arqueología astronomía, cristalografía, fisiología, astronomía, neurología, moléculas, ciencias de



Esquema 2. Elaboración propia. Tomada de la clasificación de las ciencias de acuerdo a Bunge, 1972.

la tierra, plantas, fósiles, invertebrados, peces, anfibios y reptiles, aves, mamíferos, animales en sus hábitats, humanos y artefactos, temas médicos...” (*Ibidem*, p. 18).

A continuación, se muestra una tabla que contiene la tipología que existe en la ilustración científica, la cual está clasificada en dos grupos: ilustración de la Historia Natural y la ilustración médica.

Tabla 2. Ilustración de la Historia Natural
Ilustración Botánica (estudio de los vegetales): Etnobotánica y Arqueobotánica.
Ilustración Zoológica (estudio de los animales): Vertebrados e Invertebrados.
Ilustración Submarina.
Ilustración Molecular.
Ilustración Paleontológica (resto fósiles): Botánica (paleobotánica) y Zoológica (vertebrados e invertebrados).
Ilustración Antropológica: Antropología sociocultural, Antropología física, Antropología lingüística, Arqueológica y Paleopatológica.
Ilustración Geológica: Minerales, superficie, ambiental y topografía.
Ilustración Geográfica: Cartografía, placas tectónicas, aire, suelo, mares, continentes, cordilleras, etc.
Ilustración Astronómica.
Ilustración médica
Ilustración de anatomía y anatomía comparada: Sistemática, Regional topográfica, Fisiología, Histológica y macroscópica, Embriología y Teratología. Intervenciones quirúrgicas: Anatomía patológica, Procedimientos clínicos e Instrumental médico y quirúrgico.

Tipología de la ilustración científica Historia Natural y médica. Adaptado de “Ilustración médica, mastectomía radical”, p.99, por D. Ortiz, 2005, México: Universidad Nacional Autónoma de México.



38. Langosta de Clipperton. Ilustración submarina de Roger Swainston.



Mineral
Marija Nabernik - Eslovenia

39. Mineral. Ilustración geológica de Marija Nabernik.

RECURSOS GRÁFICOS, TÉCNICAS GRÁFICAS E INSTRUMENTOS PARA LA ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA

La ilustración científica responde a la necesidad de comunicar información de cualquier área científica de manera sencilla, clara y exacta, como

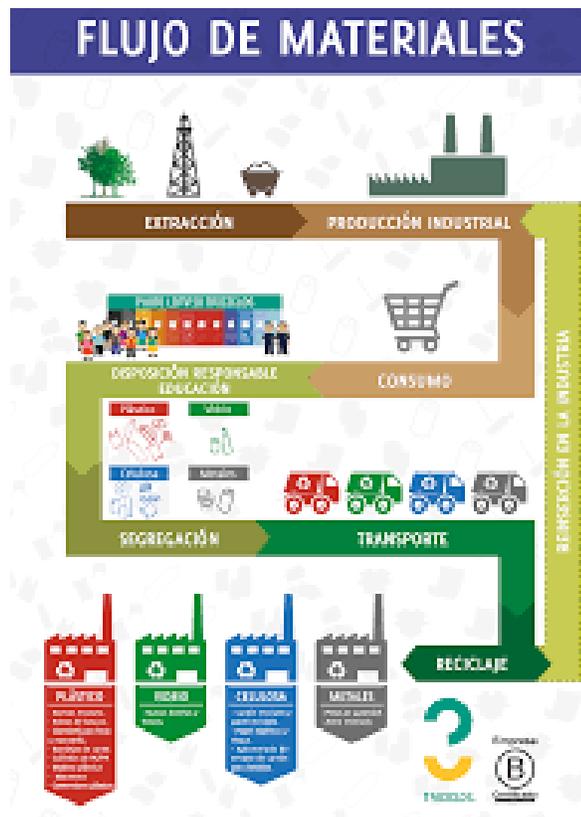
apoyo a los lectores. Para que esto suceda, el ilustrador deberá buscar y reunir la información que, posteriormente, deberá sintetizar, jerarquizar y ordenar en una composición que será plasmada sobre un adecuado soporte, a lo que se conoce como “material gráfico”. Estos elementos permitirán una mejor comprensión del receptor usando el recurso visual; a estos elementos se les llama “recursos gráficos”, en los cuales se encuentran los diagramas, esquemas, mapas y gráficos.

“El diagrama es un dibujo geométrico que sirve para demostrar una preposición o figurar de una manera gráfica la ley de variación de un fenómeno” (Cocucci, 2000, p. 37). Asimismo, es un “dibujo en el que se muestran las relaciones entre las diferentes partes de un conjunto o sistema” (San Martín, 2011, p. 83).

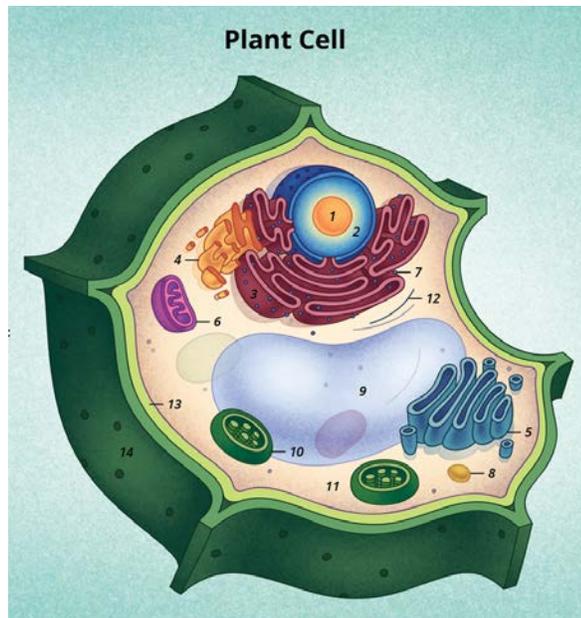
Los diagramas se pueden representar con líneas simplificadas en relación con el original, donde se reflejan los elementos esenciales. Estas líneas deberán ser de diferentes grosores para poder darles un contraste, asimismo, se puede hacer uso de tonos medios con aglomeración de distintos elementos gráficos tales como el punto o la línea.

Existe una clasificación en los diagramas; están los de noticias, los de deportes y los de proceso (ver imagen 40), siendo el último de nuestro interés. Los diagramas de procesos pueden representar cualquier género de cosas, desde la estructura de una célula hasta el procedimiento aplicado a un paciente antes y después de una operación médica; las imágenes que son parciales están alrededor de la imagen central.

“La palabra esquema proviene del griego *Schema*, que equivale a una figura en el sentido de plan o sistema ordenado de elementos. Es la representación en bosquejo de los elementos esenciales de un objeto” (Cocucci, 2000, p. 37).



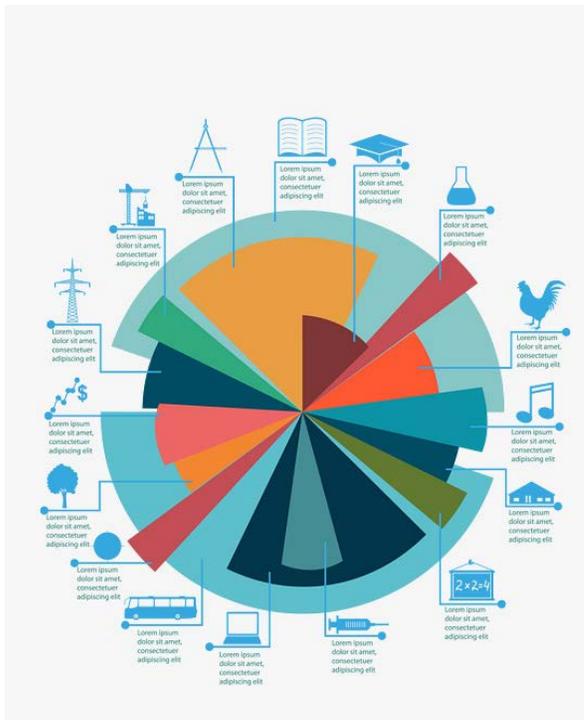
40. Ejemplo de diagrama de proceso.



41. Representación esquemática de la célula vegetal.



42. Ejemplo de un mapa mostrando las áreas de vacancia en Argentina.



43. Ejemplo de un gráfico de pastel.

O bien, es la “representación gráfica o simbólica de cosas materiales o inmateriales” (San Martín, 2011, p. 83).

Los esquemas son muy útiles para explicar gráficamente fenómenos o interrelaciones entre distintos asuntos en el quehacer biológico; por ejemplo, se usan ya sea para expresar relaciones

filogenéticas, comparaciones morfológicas o situaciones de organismos en ecosistemas, etc. De igual modo, permiten describir gráficamente las asociaciones que hay entre elementos de un mismo conjunto, posibilitando establecer las relaciones de causa-efecto, de análisis- síntesis o de derivación. (Ver imagen 41).

Los esquemas emplean la misma técnica que los diagramas, pero comprenden un cierto ordenamiento, plan o proyecto. También, tienen una cualidad sintética, la simplificación y reducción de elementos más sencillos, es decir, que del referente han sido eliminados o abstraídos los datos considerados irrelevantes en la transmisión informativa. “Los esquemas geometrizan el referente, modifican sus escalas, introducen efectos visuales, codifican el color, añaden símbolos o leyendas... pero siempre manteniendo un nivel de iconicidad que preserva su vínculo formal con el mismo” (Cabezas, 2016, p. 35). En este método se incluyen los gráficos, curvas en sistemas de coordenadas, etc., para expresar gráficamente datos estadísticos.

Por tanto, el diagrama y el esquema son representaciones en la que se prioriza el lenguaje visual y se hace un menor uso de las palabras. De igual forma, permiten tener una lectura internacional, pues los símbolos no son exclusivamente del idioma en que han sido desarrollados.

La palabra mapa viene del latín *mappa*, que significa toalla, plano de una finca rústica; es la “representación geográfica de la Tierra o parte de ella en una superficie plana, o también, es la representación geográfica de una parte de la superficie terrestre, en la que se da información relativa a una ciencia determinada” (San Martín, 2011, p.9).

Entonces, el mapa se caracteriza por ser una representación bidimensional de un territorio

hecho a escala de manera que sea posible tomar las distancias y superficies sobre ella con una exactitud, lo que se acerca a un nivel de originalidad. Sin embargo, hay elementos que dan una apariencia de un mapa escolar como el color, el volumen en la imagen o el *collage*. (Ver imagen 42).

Por otra parte, están los gráficos, palabra que proviene del latín *graphicus*, y este del griego *graphikos*, referente a la escritura o al dibujo. Se definen como “representación de datos numéricos por medio de coordenadas o dibujos que hacen visible la relación o gradación que esos datos guarden entre sí, o bien, es la representación por medio de líneas” (*Ibidem*, p. 145).

Los gráficos tienen una connotación matemática, ya que por lo general están implicados valores numéricos, como porcentajes o cantidades. Las representaciones más comunes en los gráficos son las de líneas, de tartas o circulares, de barras y de columnas; lo que nos permite visualizar más fácil. (Ver imagen 43).

En relación a las técnicas gráficas son un conjunto de recursos que permiten al ilustrador expresar y representar la forma del dibujo, un efecto visual. Estas se dividen en los siguientes dos grupos:

•**Técnicas tradicionales.** Para la producción de las ilustraciones con este tipo de técnicas se hace el uso de las manos, es decir, con las manos se hace la manipulación de las herramientas para esta técnica. A su vez, este grupo se subdivide en secas y húmedas. Las primeras se caracterizan por no usar disolventes (como el agua) para su aplicación; éstas son sólidas, aunque untuosa. Entre las técnicas secas se encuentran los carboncillos, lápices de grafito, tizas, pasteles, crayones, punta metálica, pluma y lápices de colores. En este segundo grupo, a diferencia del primero,

sí usa el agua como disolvente; además, sus pigmentos se encuentran diluidos en un medio acuoso o aceitoso, y se aplican con ayuda de pinceles u otros instrumentos. Entre las técnicas tradicionales húmedas están: acuarela, tinta china, óleo, pintura acrílica, tempera o gouache.

•**Técnicas digitales.** Para elaborar la ilustración con este tipo de técnica se hace uso de las nuevas tecnologías, a través de diferentes tipos de software como: *Adobe Photoshop*, *Clip Studio Paint*, *SAI*, *Painter*, *Illustrator*, etc. Sin embargo, esta técnica no se separa de la tradicional, pues en ocasiones suelen trabajarse conjuntamente. “El dibujo digital es un nuevo lenguaje que comparte objetivos con el dibujo tradicional, pero con claras singularidades tanto en técnica como en los materiales y métodos” (Cabezas, 2016, p.253). Los instrumentos propios del dibujo digital son el teclado, *mouse*, estilete, lápiz digital y tacto.

La ilustración digital se basa, principalmente, en tres procesos de dibujo: el vectorial, el *ráster* y la programación informática. Aunque, en el ámbito científico, “se utilizan en combinación con otras tecnologías (rayos X, RMN, escáner) para la interpretación de diagnósticos, para el desarrollo de metodología didáctica y para la creación de modelos artificiales que simulen los modelos reales y sus complejas estructuras, con la máxima fidelidad posible” (*Idem*).

Los ilustradores científicos desde sus inicios hicieron uso de diversos tipos de instrumentos para poder realizar una mejor ilustración. Con el fin de tener una mejor observación para la descripción del ejemplar, y por la visión descrita anteriormente, se hacía uso de lentes de aumento (como tipo lupas); posteriormente, esos lentes fueron montadas en microscopios y telescopios; así como en la cámara fotográfica.

Los otros instrumentos que se usan para hacer un dibujo científico desde el boceto hasta el



44. Acurela, como técnica tradicional.

final son:

- Cuadernos para bocetar.
- Lápices de grafito.
- Portaminas o lapiceros.
- Estilógrafos recargables/Plumillas.
- Tinta.
- Borradores o almohadillas de limpieza.
- Papeles (satinados, opacos y traslucidos).
- Cinta adhesiva.
- Pinceles (redondos o planos).
- Cepillos para la limpieza de instrumentos y para eliminar los restos de goma.
- Pinceles abrasivos para borrar tinta.
- Compás.
- Auxiliares para el trazado de curva y otras formas (Curvas francesas, reglas flexibles, plantillas, escuadras y regla).

COLORES Y CÓDIGOS DE COLOR

El empleo del color es fundamental para el estudio de las especies naturales, además, de permitir diferenciarlas, por ejemplo, a una especie botánica de otra. De tal modo, el dibujante tendrá que obtener los colores, fielmente, de los



45. Software *Clip Studio Paint*, como técnica digital.

modelos a representar, lo cual dará una paleta de colores que será el referente al momento de emplear la técnica.

Para evitar alteraciones de color en el mundo sobre una misma especie, se ideó la codificación de color, lo que generó tablas o cartas de color. El sistema *Pantone* (ver imagen 46) es el más utilizado en las artes gráficas o en otros campos el sistema *RAL* de gestión de color, cuyo sistema nos dan la seguridad de referenciar un color con plena exactitud al asociar un código numérico a los distintos porcentajes de pigmento que lo componen.

METODOLOGÍA DEL DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE LA ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA

El proceso para realizar una ilustración científica es una tarea que combina el diseño, la capacidad de una técnica apropiada, y una fuerte observación; a lo que el ilustrador debe de agregar un grado de objetividad, es decir, sin plasmar su estilo al momento de transmitir la



46. Muestrario de *Pantone*.

52

información deseada. Por lo que, el ilustrador científico debe considerar los siguientes pasos para tener un resultado adecuado:

- **Documentación.** El ilustrador deberá buscar información de lo que va ilustrar. Por ejemplo, en el caso de la zoología; para la especie a tratar, el ilustrador deberá tener ubicadas qué características son primordiales, es decir, qué hace diferente a la especie; como el patrón de colores. Asimismo, debe de considerar sus medidas para manejar mejor la relación entre escala y proporción.

Además de consultar la literatura, es recomendable tratar con el modelo vivo, de esta forma se obtendrá una mejor información visual, así como apreciar su interacción. Sin embargo, la mayoría de las veces, estas especies están en preservación, lo que altera su morfología.

- **Proceso de bocetaje.** En este punto debe de aparecer el bosquejo de las proporciones y el claroscuro, conservándose todas las líneas auxiliares. El boceto, normalmente, se realiza a lápiz o carbón, aunque también puede hacerse con tinta o con colores. Este puede ser del mismo tamaño que el dibujo

definitivo o diferente, es decir, puede ser que el trabajo final es más grande, pero el boceto fue pequeño; como en el caso de un mural.

- **Composición de lámina.** En el paso anterior, se suelen sacar varios bocetos permitiendo al ilustrador obtener diversas combinaciones hasta encontrar los intereses del objeto a ilustrar, respetando al mismo tiempo los cánones estéticos y los elementos visuales como el equilibrio, contraste, jerarquización, etc.

- **Proceso de calcado.** Una vez que se tiene lista la composición, se fija con cinta adhesiva el papel en el que se empleará y realizará el dibujo definitivo; y con ayuda de una mesa de luz o negatoscopio, permitirá el proceso de calcado. Siendo así, se trasladarán solamente los contornos con lápiz blando, haciéndose con un trazo suave para evitar que se maltrate el papel.

- **Dibujo acabado.** Es la etapa final de todo el proceso en donde se apreciará las características propias de la técnica empleada; ésta técnica puede ser en lápiz de grafito, tinta china, acuarela, lápices de colores, pintura acrílica, etc.

¿QUÉ DIFERENCIA HAY ENTRE LA ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA Y LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA?

El uso de la fotografía, en la ciencia, comenzó con la adaptación de lentes en microscopios y telescopios, con la finalidad de conocer mundos invisibles hasta ese momento. Lo que permite decir, que la fotografía no es un competidor para la ilustración, sino es un recurso que permite obtener un mejor estudio de la naturaleza.

La característica que distingue la fotografía de la ilustración científica de un mismo objeto estriba en que la referencia que aporta la fotografía es única, situacionalmente específica, perspectiva e instantánea,

mientras que para las ilustraciones se trataría de referencias esenciales, sintética, constantes y verídicas (Lynch, 1991) (*Ibidem*, p. 227).

Frente a la neutralidad de la fotografía, la ilustración científica tiene como cualidades recursos plásticos que permiten la diferenciación y selección del detalle, dándole así, el énfasis o realce de elementos parciales que interpretan la imagen.

En otras ocasiones, el dibujo muestra un modelo perfecto permitiendo ver al receptor las características idealizadas y comunes por la que puede definirse el universal del referente; en cambio, en la fotografía, se notarán solo los rasgos particulares de un individuo o elemento de ese conjunto o especie. (Ver imágenes 47 y 48).

La idealización en el modelo de un dibujo permite la eliminación de elementos considerados accesorios o contaminación visual. Asimismo, ofrece una imagen suavizada del referente que incluso será perfeccionada, evitando el reflejo de las anomalías que caracterizan los rasgos distintivos de los individuos. El resultado final de la imagen científica evitará, por ejemplo, en caso de la anatomía, representar las vísceras o la sangre, creando imágenes más amables que faciliten la comprensión del receptor, sin que haya confusiones o se vea como algo desagradable.

La idealización, por una parte, puede ser un recurso efectivo; pero su uso extremo podría llegar a ser contraproducente, generando una imagen con información estereotipada en donde la fidelidad del modelo quedaría en segundo plano.

Otra cualidad que tiene la ilustración científica frente a la fotografía, es que permite

“desarrollar el concepto de esquematización del referente, articulado mediante la simplificación y geometrización del modelo, lo que mejora la mnemotecnia, cualidad imprescindible que redundante en la eficacia comunicativa del mensaje” (*Ibidem*, p. 229).

La recreación y reconstrucción, son otras de las particularidades del dibujo científico. Las representaciones gráficas son basadas en la demostración visual de hipótesis. Claros ejemplos son: los animales extintos, la figuración de lugares o épocas remotas, en la reconstrucción de procesos, etc.

LA RELACIÓN ENTRE EL INVESTIGADOR Y EL ILUSTRADOR

La relación que hay entre los campos científicos y artísticos ha existido siempre, pero fue hasta el siglo XX cuando el estudio de las Ciencias Naturales se apoyó de elementos, o bien, métodos artísticos. Estos eran la fotografía tradicional, la fotografía electrónica, y posteriormente, el tratamiento de imágenes fotográficas por ordenador para captar las diferentes especies y objetos de estudio. Sin embargo, hay otro elemento artístico, otro método de transmisión de imágenes artísticas; y este es, el dibujo.

Los artistas eran quienes se encargaban de realizar las representaciones de especímenes de estudio (desde dibujos botánicos hasta mapas geográficos) aportando a estas imágenes una visión propia.

Actualmente, se sigue considerando que la ciencia y al arte van por caminos diferentes, a pesar de ello, hay vínculos que unen a ambos campos, Borderías (2010) explica “tres tipologías científico- artísticas que se ven plasmadas en el mundo del arte: Arte valiéndose de Ciencia, Arte sobre Ciencia y Arte como instrumento científico” (p. 24). La primera



47. Ilustración de guacamayas de Elvia Esparza.

54



48. Fotografía de guacamayas de Melanie Cirigo.

tipología se refiere a la Ciencia que se pone al servicio del arte, mediante la utilización de los elementos científicos como material para realizar composiciones artísticas. Un ejemplo de este caso sería la realización de un jardín, pues a partir de diferentes especímenes botánicos se pretende llegar a la creación de conjuntos artísticos.

Arte sobre Ciencia, es la segunda tipología; que va, por lo general, con los historiadores del arte, pues al tener contacto con vestigios en donde las disciplinas científicas se captan mediante procedimientos artísticos. Por ejemplo, la *Lección de Anatomía* de Rembrandt, obra que actualmente no tendría el mismo impacto que tuvieron los interesados de ese momento, pero es susceptible de ser estudiada por los historiadores del arte con la finalidad de observar los diferentes procedimientos médicos utilizados en la antigüedad. (Ver imagen 49).

Por último, el Arte como instrumento científico; tiene una mayor controversia por el hecho de que no siempre los elementos estudiados han sido considerados con un valor intrínseco. Un claro ejemplo, sería las ilustraciones que resultaron de las expediciones científicas (ver imagen 50), pues los dibujantes que participaban en éstas, habían de ser capaces no sólo de dibujar los especímenes que quería representar, sino también de completarlos. En el caso de las reproducciones botánicas, los ilustradores de las expediciones tenían que plasmar en la misma imagen la floración, los frutos, su parte interior y las raíces de una planta, cuando realmente sólo era posible ver uno de los estados a simple vista, de modo que, esto implicaba tener una gran visión y destreza para hacer la ilustración.

Por otro lado, la Ciencia se puede estudiar por medio de obras artísticas no realizadas específicamente con tal fin. Siendo tan amplio este grupo por la cantidad de obras de arte,



49. *Leción de anatomía* de Rembrandt.



50. Lámina de un agave durante la expedición botánica de la Nueva España.



51. *Naturaleza muerta de banquete con ratón* de Abraham van Beyeren.

un gran ejemplo sería los bodegones, en los cuales se puede observar y estudiar la diferente zoología y botánica de cada región en función de los períodos en los que fueron realizadas las obras. (Ver imagen 51).

Como conclusión entre la Ciencia y el Arte, Borderías (2010) menciona:

Este tipo de nexos suponen un acercamiento que, aunque en ocasiones resulten indirectos, unificaban el conocimiento mediante la interacción de las dos materias. De esta forma se aporta al espectador una visión más completa, tanto del proceso desarrollado como de lo que mediante él se pretende plasmar. Así pues, la unión de ciencia y arte no puede concluirse con el mero resumen de ser una la expresión de la otra. Tampoco puede utilizarse sólo como instrumento para representar el fin buscado, sino como la unión de dos materias que, trabajando de forma sincrónica, producen objetos de un interés común para ambas. (p.29).

56

ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA EN LA ACTUALIDAD

“La ilustración en historia natural tiene un alcance mucho mayor ahora que nunca, pero sea cual sea fuere la función que desempeñe, las características fundamentales de los mejores dibujos son la observación meticulosa, la vitalidad y la selección de detalles” (Simpson, 1994, p. 136).

Actualmente, la ilustración científica sigue teniendo las mismas funciones que anteriormente tenía como la divulgación, completar un texto para la enseñanza, reconstruir o recrear, y para hacer registros de una especie.

La divulgación es una de las principales acciones que tiene el ilustrador científico, junto con el científico, esto con la intención

de una transmisión efectiva del conocimiento, y la labor de este último, del naturalista o del conservacionista. Quienes lo hacen por medio de carteles, ilustraciones para publicaciones en revistas científicas, literatura científica, folletos, guía de campo ilustradas, manuales, mapas, entre otros tipos de iconografía. La información dada por estos medios es una herramienta de comunicación para aquellas personas no expertas que tienen un interés por la ciencia (público en general), así como entre los propios científicos.

En la actualidad, las personas comienzan a tener conciencia de los peligros y las consecuencias del mal manejo de los recursos naturales, así como el crecimiento de la lista de plantas y animales en peligro, temas que han sobresalido bastante hoy en día. Otra razón que el ilustrador de historia natural debe de considerar, como una tarea muy urgente, es ilustrar aquellas especies que se encuentran en dichos riesgos, con el objetivo de enterar a la población de tal amenaza, y poder crear conciencia.

Como podemos ver, hay una amplia tarea para seguir haciendo ilustración científica, desafortunadamente, el campo laboral se ve complicado, ya que “por un lado, es cierto que los profesionales científicos aprecian el trabajo de los ilustradores. Por el otro, sin embargo, hay cada vez menos fondos dedicados a ellos, y en muy pocos casos se opta por contratar un ilustrador para los proyectos. Se trata de un paradigma un poco perverso para los profesionales del ámbito” (<https://nmas1.org/material/13/06/2017/ilustracion-cientifica>).

Por otra parte, el alcance del trabajo de los ilustradores, se ha visto afectado por la expansión del Internet, este se ha convertido en una herramienta para dar a conocer el propio trabajo, conocer otros profesionales y ponerse en contacto con potenciales clientes. Otra



52. Ejemplo de una red social: *Instagram de Wild Fauna Art*, Ilustración del mundo natural.

forma de mostrar y conseguir trabajo; es través de cursos, exposiciones, venta de productos y otras actividades. Todo esto está acompañado de una fuerte competencia, lo que implica un gran esfuerzo por parte de los ilustradores.

¿QUÉ ES LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA?

El ser humano está siempre en busca del conocimiento para poder entender, comprender y juzgar las cosas, además de estar consciente de lo que tratan; es decir, es capaz de ver e interpretar la realidad. El conocimiento es algo que el ser humano siempre ha estado buscando, lo que ha provocado la generación de distintos

tipos de conocimiento: filosófico, empírico, científico, intuitivo, religioso o relevado, declarativo, procedimental, directo e indirecto o vicario, entre otros; y cada uno se adquiere o procesa de manera diferente.

En el caso del conocimiento científico, se deriva la labor de la divulgación científica; permitiendo un acercamiento a un público heterogéneo (infantil, juvenil, adulto, o docente, entre otros), además de muchas otras disciplinas, a parte de las propiamente científicas. Siendo que el lenguaje se emplea de manera que no se traicione el contenido científico, pero al mismo tiempo, se genere un mensaje atractivo, accesible y contextualizado; que ponga la Ciencia al alcance de públicos no especializados.

La divulgación científica cumple una función educativa, que no necesariamente se puede dar en un salón de clases, sino a través de diferentes medios de comunicación como el radio, la televisión, diversas publicaciones, museos, conferencias, talleres o demostraciones, solo por mencionar algunos. De tal modo que la información que se comunica, sobre algún tópico de la ciencia; debe ser clara y sólidamente apuntalada en reflexiones y análisis serios sobre el medio a utilizar.

Una de las características importantes de la divulgación científica es la motivación, pues para el investigador presentar aportaciones de una investigación nueva lo motiva a seguir investigando. Mientras que, en el caso del divulgador científico, al lograr transmitir una serie de inquietudes e ideas a su público, se siente contento y satisfecho; se siente a gusto sí es capaz de motivar a su público produciendo el efecto que deseaba, del que se percatará al terminar su trabajo de divulgación. (<http://www.revistaciencias.unam.mx/en/-104revistas/revista-ciencias-864/55-ique-es-la-divulgacion-de-la-ciencia.html>).



Divulgamos y premiamos la ilustración científica y de naturaleza desde 2009. Organizamos un certamen internacional y, de entre todas las obras presentadas, el jurado profesional selecciona las 40 finalistas que conforman la exposición itinerante. De entre los finalistas, y de acuerdo al objetivo de Illustraciencia, se premia económicamente a los autores de las dos obras ganadoras. Ofrecemos cursos de ilustración científica presenciales y online.



Video presentación del curso de ilustración científica "Ilustrando la ciencia"



Salimos en el programa de televisión La aventura del saber.



Primer encuentro de ilustradores científicos y de la naturaleza en Madrid



53. Página Web *IllustraCiencia*. Organización española con el objetivo de divulgar y premiar la ilustración científica a nivel internacional.

58

Entre los profesionistas que hacen dicha labor están los investigadores de las ciencias naturales, los comunicadores, periodistas, historiadores, filósofos, pedagogos, artistas, diseñadores, fotógrafos y educadores; generando así a un grupo interdisciplinario, lo que resulta en una tarea enriquecedora de la que se obtienen buenos resultados.

En conclusión, y de manera general, se puede decir que la divulgación científica es una disciplina que se encarga de llevar el conocimiento científico y técnico a un público no especializado, que va desde los niños hasta los adultos. Dicha labor es, sobre todo, interdisciplinaria, aunque la realizan especialmente los científicos, técnicos, comunicadores y, de manera más reciente, los divulgadores de la ciencia (Tonda, 1999, p. 76).



54. *Biodiversitas* es una edición por parte de CONABIO que divulga temas de biodiversidad de México.

TIPOS DE IMÁGENES EN LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

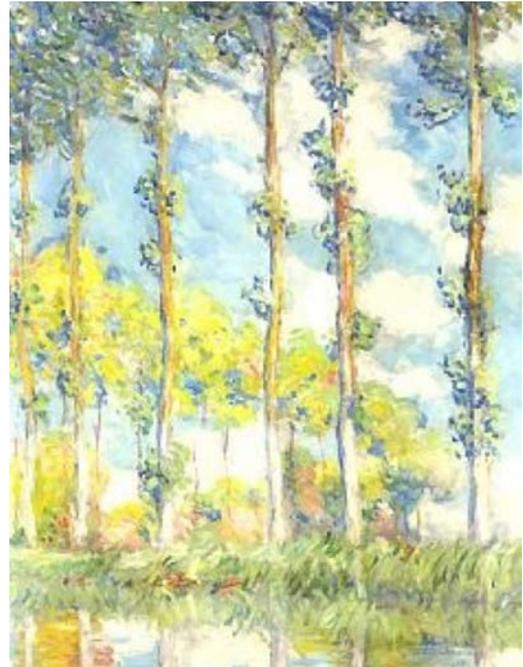
Los científicos para hacer difusión y divulgación de sus investigaciones, complementan sus descripciones de manera visual, recurriendo a la fotografía, pintura e ilustración científica.

La fotografía es un recurso que permite la comunicación pública de la ciencia y apoya en diversas publicaciones de divulgación y difusión. Pero a diferencia del dibujo, la fotografía es una copia de la realidad, pues al momento de hacer la ilustración se necesita de la observación, la exactitud y la reflexión. Se hace un estudio, donde el investigador y el artista hacen un razonamiento y selección de cada parte del objeto a representar. Dicho anteriormente, la fotografía es un referente en el que se apoya un ilustrador científico al momento de hacer el dibujo.

La pintura, es otro medio usado para la representación del conocimiento científico, aunque, ésta carece de detalle y exactitud en comparación con el dibujo científico, además, es producto de la inspiración de la naturaleza y reúne cualidades estéticas. Un ejemplo claro sería la obra paisajista del impresionista Claude Monet, donde se ve a simple vista dicha diferencia. (Ver imagen 55).

Uno de los usos de la ilustración científica, por ejemplo, es el caso de los de taxónomos, que son los biólogos que estudian las características morfológicas de los organismos y su clasificación, en un contexto evolutivo, recurren a este tipo de imágenes para la representación de sus investigaciones, lo que ha aportado una percepción de la diversidad de la vida.

El dibujo biológico, es una rama de la ilustración científica que permite a través del lenguaje visual plasmar el conocimiento de la naturaleza

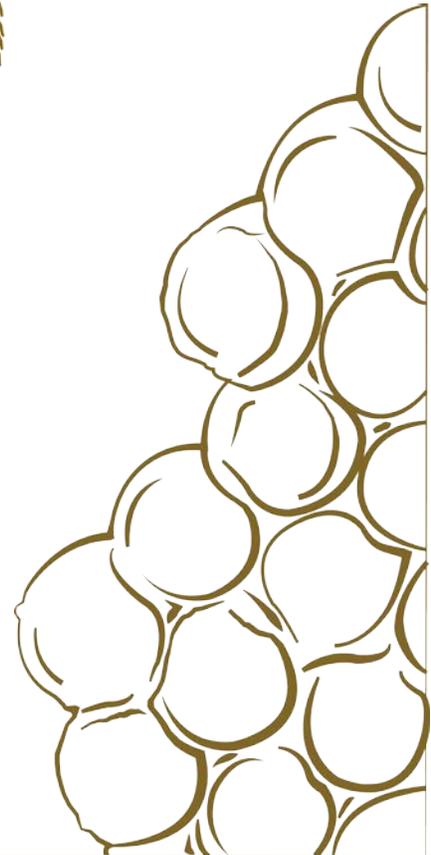
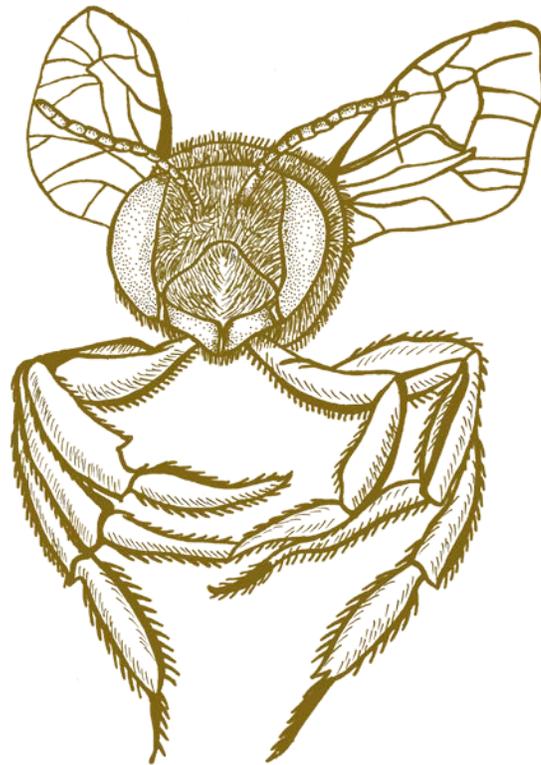
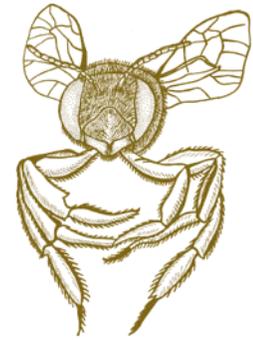


55. *Serie de álamos*, 1891. Claude Monet.

por medio de los propios caminos de la vida. Asimismo, es un esfuerzo, en conjunto, del investigador y del artista, para comunicarse con diferentes sectores de la sociedad. Sin embargo, la ilustración científica es una herramienta fundamental en el análisis del arte pictórico y gráfico; así como en cualquier disciplina de las ciencias, como en la Antropología, Arqueología, Astronomía, Geografía, Medicina, entre otras.

Algo que debe considerar el ilustrador científico es que tendrá que traducir en imágenes lo requerimientos del investigador y que la transmisión de conocimientos representada de forma visual, deberá ser universalmente entendible.

La importancia de este tipo de imágenes en la divulgación científica se centra en que son es herramienta que concede fines descriptivos, la transmisión de conocimientos especializados. Además, son tan indispensables en una publicación debido a que, en ellas recae todo el acento divulgativo, ya que las imágenes tienen el poder de fijar ideas.



Capítulo 3

La crisis en la abeja
sin aguijón



56. Identidad gráfica del Instituto de Ecología, UNAM.



57. Dr. José Aristeo Sarukhán Kermez.

EL INSTITUTO DE ECOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

El Instituto de Ecología (IE) de la UNAM es un centro de investigación de excelencia, que lleva a cabo una labor de investigación científica en términos cualitativos y cuantitativos, así como la formación de nuevos cuadros de profesionistas que requiere el país; además, de impulsar el liderazgo nacional e internacional del mismo Instituto.

También, es un centro que se involucra en la solución de los problemas ambientales que aquejan tanto al país como al mundo. De tal modo, la necesidad de investigar es esencial en la ecología, pues de esta forma ayudará al país y al mundo a estar preparado a responder a ciertos desafíos de manera responsable.

ANTECEDENTES

El origen del Instituto de Ecología, así como el de ésta disciplina en la UNAM, se dio con la fundación del Laboratorio de Ecología de Poblaciones, cuando el Dr. José Sarukhán se incorporó al Instituto de Biología de la UNAM en 1972. Trece años más tarde, en 1985, el laboratorio contaba ya con 13 investigadores y 6 técnicos académicos, creándose así el Departamento de Ecología del Instituto de Biología. Pero, debido a que este departamento

creció en su número de investigadores, se buscó que se le otorgara la categoría de *Centro* por el Consejo Universitario el 23 de marzo de 1988, y fue trasladado a los edificios que actualmente ocupa en Ciudad Universitaria. No fue hasta el 13 de noviembre de 1996 cuando adquiere la categoría de *Instituto*, contando con 45 investigadores y 19 técnicos académicos.

El Centro de Ecología fue creado sin una estructura departamental, por lo que todas las políticas académicas se discutían en el Consejo Interno. La organización original de este Centro estaba integrada por cinco unidades de investigación llamadas: Ecofisiología, Ecosistemas, Comunidades, Biología de Poblaciones y Manejo, y Conservación de Recursos Bióticos. Además, contaba con cuatro unidades de apoyo que son la Biblioteca, Cómputo, Laboratorio de Análisis Químicos e Invernaderos, y Cámaras Ambientales. Ya para el año de 1994, se creó una nueva estructura académica con tres nuevos departamentos, el de Ecología Aplicada, Ecología Evolutiva y Ecología Funcional.

En 1996, por la iniciativa de generar una unidad regional en el estado de Michoacán, la organización interna fue reestructurada para formar los departamentos de Ecología Evolutiva, Ecología Funcional y Aplicada, y Ecología de los Recursos Naturales, este último ubicado en el campus de Morelia de la UNAM.

En el 2003, por acuerdo del Consejo Universitario, el Departamento de Ecología de los Recursos Naturales se volvió en el Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco) y el Instituto de Ecología (IE) reestructuró sus departamentos en Ecología Evolutiva, Ecología Funcional y Ecología de la Biodiversidad. Para septiembre de 2012, en este mismo Instituto se integraron otras tres unidades de apoyo académico, la de Información (Biblioteca y

Oficina de Información Electrónica), la de Cómputo y la de Manejo de Organismos Vivos (cámaras de crecimiento, cuartos de ambiente controlado e insectarios), así como con una Unidad de Apoyo a la Investigación (invernaderos del IE). Y en cuanto al personal del Instituto, ya se conformaba por 39 investigadores, 25 técnicos académicos, 36 trabajadores de base, 6 funcionarios, 5 trabajadores de confianza y un empleado por honorarios.

MISIÓN Y OBJETIVOS GENERALES

La misión del Instituto de Ecología es:

Impulsar el desarrollo de la ecología como una disciplina científica. Para ello, el Instituto realiza: investigación de alta calidad, forma investigadores y profesionistas en ecología, participa en la divulgación del conocimiento científico sobre temas ecológicos y promueve la vinculación entre el conocimiento científico y la solución de problemas ambientales de México y del mundo (<http://web.ecologia.unam.mx/>).

Los cuatro puntos fundamentales que se mencionaron en la misión han generado un desarrollo adecuado para el crecimiento del Instituto de Ecología, teniendo un liderazgo científico importante dentro de la UNAM, así como a nivel nacional e internacional.

Y como objetivos generales dicho Instituto tiene:

- Investigación: Fortalecer el programa de investigación del IE para consolidarlo como un referente nacional e internacional en temas ecológicos y ambientales, tanto teóricos como aplicados.
- Docencia y formación de recursos humanos: Formar recursos humanos de alto nivel que sean capaces de realizar investigación ecológica básica y/o aplicada a la solución de problemas ambientales.

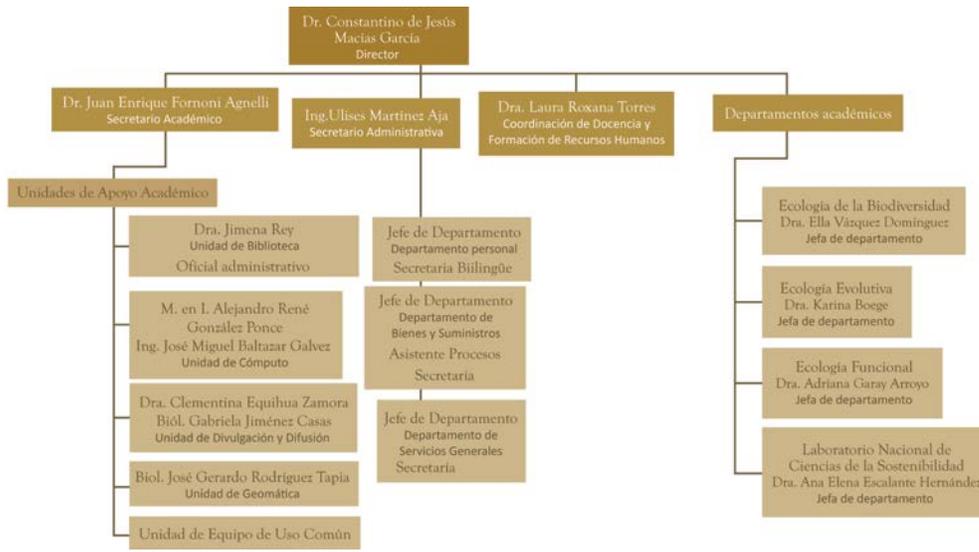


58. Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Entrada principal y biblioteca.



- Difusión científica: Consolidar el programa institucional de difusión científica y extenderlo a todos los ámbitos de la sociedad.
- Infraestructura: Fortalecer la infraestructura de laboratorios, áreas de servicios y equipos de investigación en las instalaciones del IE en CU. Desarrollar las acciones que permitan establecer el Centro de Estudios Multidisciplinarios del Desierto en la sede foránea del Instituto de Ecología en Hermosillo, Sonora. (Plan de desarrollo -2012 2016 ,2016, p. 12).

ORGANIGRAMA DEL INSTITUTO DE ECOLOGÍA



Esquema 3. Organigrama del Instituto de Ecología. Adaptado del “Directorio de la página web del Instituto de Ecología de la UNAM, México”, por C. Equihua, 2017, México.

¿DE DÓNDE PROVINO EL TEMA DE LA ABEJA MELIPONA BEECHEII?

66

Retomando lo que es la ilustración científica, es un medio que trasmite de manera gráfica formas, detalles y conceptos relacionados al conocimiento científico, aquello que no se puede emitir con palabras. Es un medio efectivo para la divulgación, la plasmación y la fijación de nuevas vías del conocimiento. Por tanto, permite comunicar información muy puntual y verídica.

A partir de esta definición, se planteó realizar este tipo de ilustración y, como consecuencia, se buscó un proyecto real en el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México. En donde se tuvo contacto con la Dra. Clementina Equihua Zamora, quien es bióloga y doctora de la Facultad de Ciencias de la UNAM, en donde también imparte clases. Además, se encarga de divulgar ciencia en el Instituto de Ecología, en cuyo lugar coordina la Unidad de Divulgación y Difusión.

Así pues, la Dra. Equihua propuso divulgar y difundir, a través de un material gráfico, el problema en el que se encuentran las abejas a nivel mundial; es decir, el riesgo que tienen de desaparecer como especie y, con ellas, el mismo proceso de polinización.

Este problema comenzó y se presentó hace unos años en los cultivos de almendros en el estado de California, Estados Unidos de América; por el uso de pesticidas y por la fragmentación del hábitat, provocando así, la disminución en la abundancia de las abejas nativas en esa región. De igual modo, la invasión de las abejas africanizadas causó la crisis en el cultivo de almendros por la falta de polinización.

Actualmente, este problema también se presenta en México, sin embargo, éste fenómeno se está dando de manera más rápida; tan solo, se estima que se ha perdido el 50% de las abejas a nivel nacional, a partir del invierno del año 2015. Por lo tanto, es urgente difundir esta problemática para dar a conocer las causas y consecuencias

de la disminución de la población de abejas sin aguijón (en específico la de la especie *Meliponina beecheii*, de la tribu *Meliponini*), para evitar que desaparezcan totalmente del planeta. Esta difusión se puede hacer por medio de una infografía e ilustraciones científicas que ofrezcan la información necesaria para dar soluciones y que involucren la participación de todos los ciudadanos, ya que es un gran problema que nos afectará a todos de manera importante, incluso, en nuestro plato de comida.

Por otra parte, este es un proyecto del área de Ecología, que es un área de la ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con el medio en el que viven. Algo que el ser humano no está considerando como algo vital en nuestras vidas. Y es así, que con mis conocimientos en diseño y comunicación visual haré una gran ayuda con aportaciones gráficas para dar a conocer al hombre lo que existe y lo que es importante en la relación que tenemos con nuestro planeta Tierra.

LA ABEJA MELIPONA BEECHEII

Las abejas son insectos sociales que pertenecen al reino *Animalia*, al subreino *Metazoario* o *Metazoos* (organismos multicelulares), a la división *Artiozoarios* (por presentar simetría bilateral). Pertenecen a la rama *Artrópodos* por poseer patas articuladas; a la subrama *Anteníferos* (con antenas) y provienen del orden *Himenóptera*, del griego *Himen*=membrana y *pteron*=alas y por lo tanto significa alas membranosas (López y B.G., 1986, p 325).

Las abejas pertenecen a la familia *Apidae*, se caracterizan por la presencia de una corbícula o una cesta polínica localizada en la cara extrema de cada tibia en las patas posteriores. De esta familia deriva la subfamilia *Apinae* de la cual se distinguen 15 tribus, pero 4 de estas son las

principales: la *Meliponini* (abejas sin aguijón), la *Bombini* (abejorros), la *Euglossini* (abejas de las orquídeas) y la *Apini* (abeja europea). (Ver imagen 59).

La *Melipona beecheii* es una abeja que pertenece a la tribu *Meliponini* y al género *Melipona*. La especie *Melipona beecheii* es la que se destacará en este trabajo ante el peligro de extinguirse, luego de que está amenazada por diversas causas como el desplazamiento de la abeja europea (*Apis mellifera*) en México, la deforestación y fragmentación de su hábitat, el uso de pesticidas y el cambio climático. Además, es importante resaltar a este insecto por ser una abeja nativa, la que además tiene relevancia ancestral (para los mayas), y porque son importantes polinizadoras de especies vegetales de su propio hábitat.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ABEJA MELIPONA BEECHEII

En el mundo existen aproximadamente 20,000 especies de abejas, las cuales tienen diferencias entre sí como el tamaño, la forma y el estilo de vida. Sin embargo, lo que tienen en común todas las abejas es su dependencia por las flores para el abastecimiento de energía (néctar) y proteína (polen).

Los meliponinos son abejas que viven en colonias permanentes con una reina y varias docenas o miles de obreras (varía entre especies). Por lo tanto, son abejas altamente sociales (eusocialidad), al igual que las abejas europeas (tribu *Apini*). Sus nidos los forman en cualquier cavidad aprovechable, como en los orificios de troncos de árboles e incluso en los nidos abandonados de escarabajos o nidos vivos de termitas y hormigas.

Las abejas sin aguijón se caracterizan, principalmente, por tener el aguijón atrofiado, por lo que la forma de defenderse de sus



59. Especie *Melipona beecheii* de la tribu *Meliponini* (abejas sin aguijón). Especie *Bombus pascuorum* de la tribu *Bombini* (abejorros). Especie *Orchid bee* de la tribu *Euglossini* (abejas de las orquídeas). Especie *Apis mellifera* de la tribu *Apini* (abeja europea).

enemigos naturales consiste en mordiscos en la piel; en arrancar el pelo; en introducirse en los ojos, nariz y orejas del intruso o en expulsar sustancias cáusticas.¹ Estas abejas tienden a ser muy dóciles y excelentes polinizadoras para las flores de plantas nativas, además de las cultivadas en los ecosistemas donde habitan.

Se estima que hay 400 especies de abejas sin aguijón en el mundo, ubicándose en unos 50 géneros. En México, se reporta la existencia de al menos 46 especies, de las cuales, 16 (ver tabla 3) viven solo en la Península de Yucatán, y es la especie *Melipona beecheii* la que se sigue cultivando por su valor sagrado y fácil manejo.

Tabla 3. Especies que viven solo en la Península de Yucatán
1. <i>Cephalotrigona zexmeniae</i>
2. <i>Lestrimelitta niitkib</i>
3. <i>Melipona beecheii</i>
4. <i>Melipona yucatanica</i>
5. <i>Nannotrigona perilampoides</i>
6. <i>Partamona orizabaensis</i>
7. <i>Plebeia (Plebeia) frontalis</i>
8. <i>Plebeia (Plebeia) moureana</i>
9. <i>Plebeia (Plebeia) parkeri</i>
10. <i>Plebeia (Plebeia) pulchra</i>
11. <i>Scaptotrigona pectoralis</i>
12. <i>Trigona (Frieseomelitta) nigra nigra</i>
13. <i>Trigona (Trigona) fulviventris</i>
14. <i>Trigona (Trigona) fuscipennis</i>
15. <i>Trigonisca (Trigonisca) maya</i>
16. <i>Trigonisca (Trigonisca) pipioli</i>

Especies de abejas sin aguijón reportadas en Yucatán por Ayala (1999). Adaptado de “Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (*Hymenoptera, Meliponini*)”, p. 19 y 20, por J. Quezada, 2005, Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán.

Copyright 2005 por Editorial Universidad Autónoma de Yucatán.

La abeja *Melipona beecheii*, comúnmente se le conoce como abeja maya. En maya yucateco se les llama: *Xunan Kab* o *Ko'olel Kab*, que significa “señora abeja”. Igualmente, es nombrada como Abeja del país, Colmena *Kab*, Santo *Kab*, o bien, *Jobon Kab*.

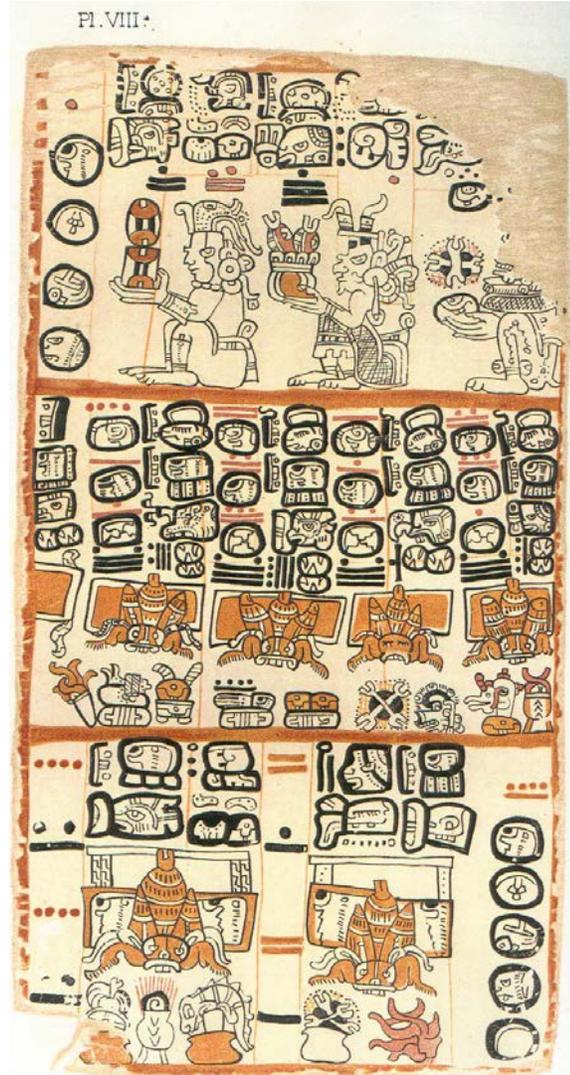
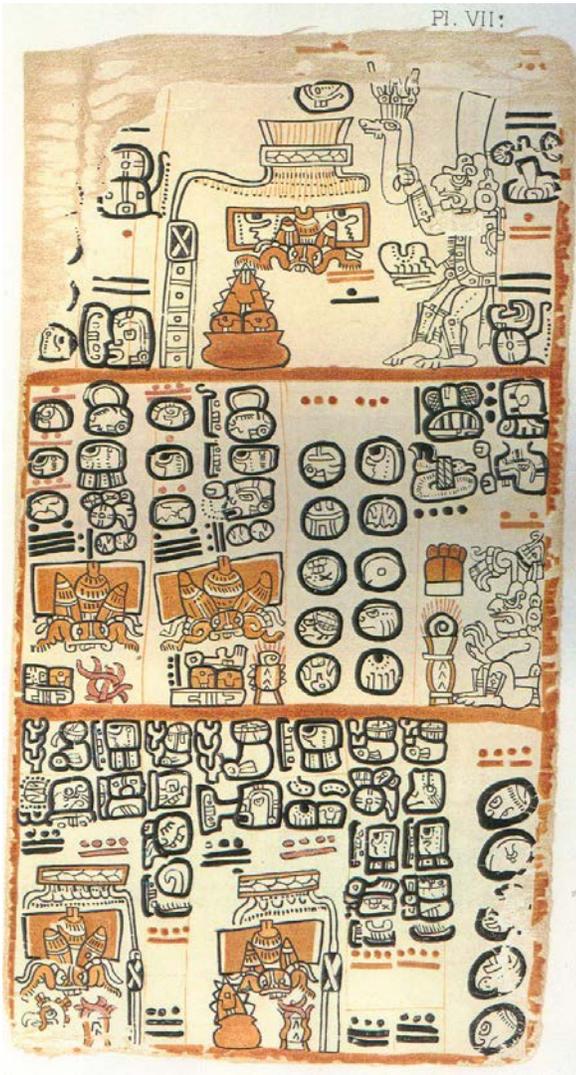
La *Xunan Kab* es una abeja sagrada para los mayas por su origen, historia, destino, ámbito y residencia. Fue una abeja que se domesticó y se crió por los antiguos mayas, en troncos huecos llamados “jobones” en donde hacen sus colmenas. Esta información se conoce gracias al *Códice Trocortesiano* o *Códice de Madrid* (ver imagen 60), y en parte a los estudios de Laura Elena Sotelo Campos, Genoveva Ocampo Rosales y María Elena Guerrero Gómez, investigadoras del Centro de Estudios Mayas del Instituto de Investigaciones Filológicas de la UNAM.

Actualmente, dicho código se encuentra en el Museo de América, en Madrid, en el cual se retratan algunos aspectos de la vida cotidiana y religiosa de los mayas de la Península de Yucatán, y en donde se señala a su dios *Ab Mucen Kab* (el que vigila la miel), dios de la miel, el guardián exclusivo para las colmenas de la *Melipona beecheii*. (Ver imagen 61).

“La miel, el producto natural más ampliamente utilizado en la medicina maya, era considerado un alimento del Sol, creador y regenerador, elaborado misteriosamente en el estómago de las abejas meliponas” (Ocampo, citado por Castillo, 2012, párr. 15).

Así que, la miel de esta abeja es apreciada por sus cualidades curativas y nutricionales, la investigadora Genoveva Ocampo (del Centro de Estudios Mayas del IIFL de la UNAM) al realizar un estudio en los documentos *Chilam Balam de Chumayel* y el *Ritual de los Bacabes* (textos escritos después de la conquista), encontró

¹ Encolombia. “Sustancias cáusticas: Compuestos químicos que queman y destruyen los tejidos animales”, obtenido de: <https://encolombia.com/medicina/guiasmed/u-toxicologicas/causticos-y-corrosivos/>



60. Códice de Madrid o de Trocortesiano (páginas 7 y 8). En estas páginas se pueden apreciar la domesticación de la abeja *Melipona beecheii* por parte de los Mayas.



61. *Ab Mucen Kab*, dios emplumado descendente, protector de las abejas. Esta representación, de dicho Dios, en la zona arqueológica maya de Tulum, Quintana Roo, se puede apreciar los panales de *M. beecheii* que sostiene entre sus manos.

información sobre los usos de la miel. Pero, Ocampo, identificó su uso medicinal sobre todo en el segundo documento donde hay recetas médicas. Observó que los mayas la utilizaban para trastornos del aparato respiratorio, digestivo, circulatorio e inmunológico. De igual forma, para enfermedades de los ojos, oídos, piel, boca y órganos internos, así como para calmar fiebres y para remedios de picaduras y mordeduras de artrópodos y vertebrados venenosos como serpientes y una especie de lagarto.

Por otra parte, la miel era usada para la preparación de un vino llamado por los mayas *balché*, que además de la miel contenía agua y raíz de árbol. Esta bebida tenía como fin que los mayas se emborracharan, o bien, para usarla en sus rituales.

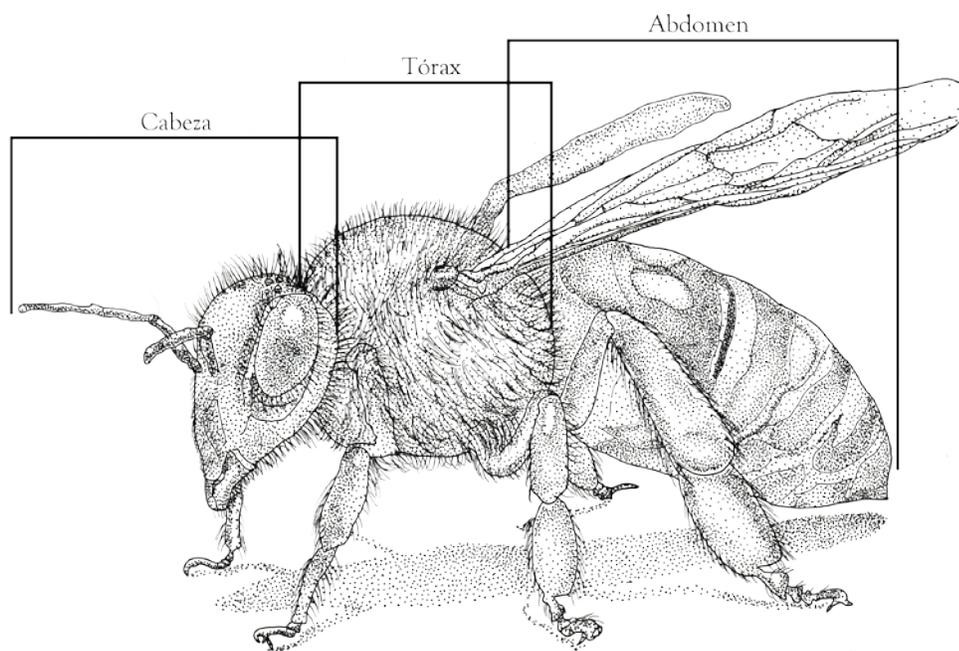
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

El cuerpo de una abeja, en general, está formado por segmentos llamados *somitas*. Estos segmentos se agrupan en tres regiones: cabeza, tórax y abdomen. La cabeza es de forma diferente

entre los individuos de la colonia; tanto la abeja reina como la obrera tienen forma triangular, y el zángano tiene la cabeza redonda. (Ver imagen 63). En esta parte del cuerpo, las abejas están conformadas por seis *escleritos* o segmentos que están unidos entre sí. En el primer esclerito se encuentran los ojos, en el segundo segmento están las antenas, y del tercero al sexto, las piezas bucales.

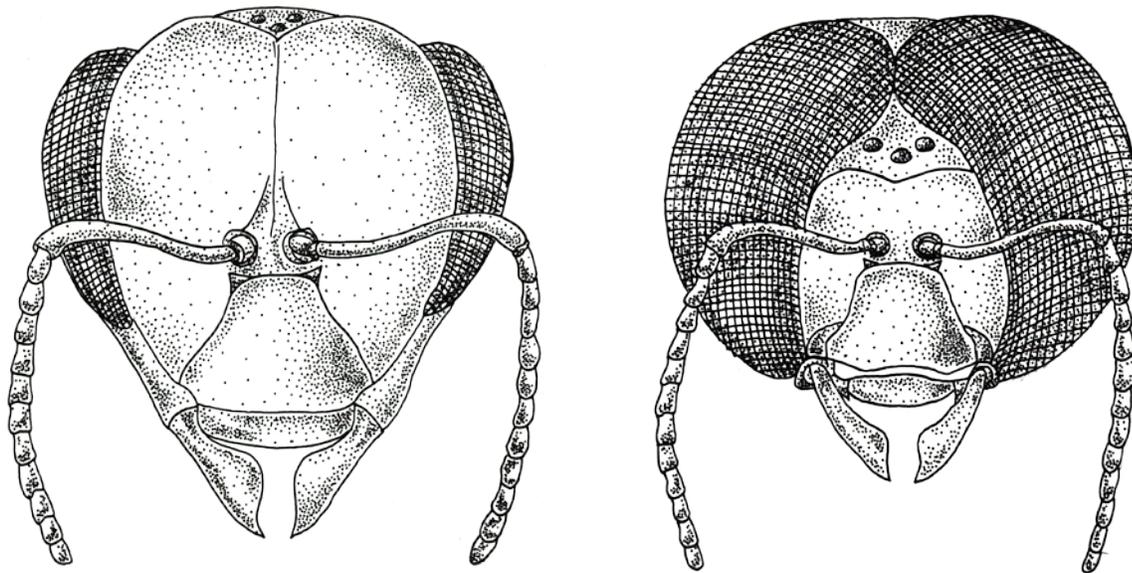
El primer segmento es la frente, limita inferiormente con el *clípeo* y lleva el *ocelo medio* (ojo simple). El segundo esclerito se encuentra entre la frente y el *labro*, lo que sería el *clípeo* o *epistoma*². El tercer segmento es el labro o *labrum*, el cual es movable y este articulado con el *clípeo*, lo que sería la tapa de la boca, que es parte del aparato bucal.

El *epicráneo* es el cuarto segmento, que es la parte superior de la cabeza y se extiende desde la frente hasta el cuello. El quinto esclerito, *occipucio*, constituye la parte superior del epicráneo el cual está ubicada entre el vértice (es la parte superior



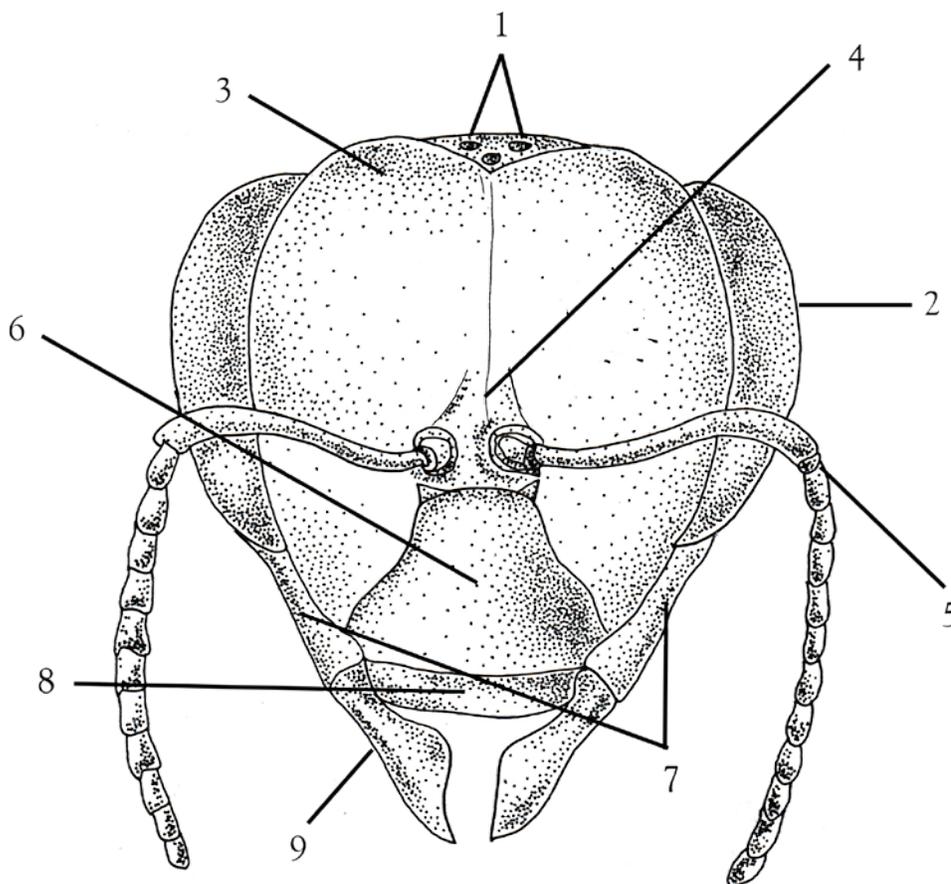
62. *Apis mellifera*. Segmentos o somitas que componen el cuerpo de una abeja en general.

²Instituto de fomento pesquero. "Región de la cabeza bajo la frente. Placa que varía en forma y está ubicada centralmente entre el labro y la base de la antena", obtenido de: <https://www.ifop.cl/macrofauna/coleccion-de-especies/glosario-crustaceos/>



63. *Apis mellifera*. Cabeza de obrera (de lado izquierdo) y cabeza de zángano (de lado derecho). Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.

72



64. Estructura de la cabeza de una abeja obrera *Apis mellifera*. 1. Ocelos, 2. Ojo compuesto, 3. Vértice, 4. Frente, 5. Antena, 6. Clipeo, 7. Mejillas, 8. Labro y 9. Mandíbula. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.

de la cabeza) y el cuello. Y las *mejillas* son el sexto esclerito, situadas en cada lado de la cabeza por debajo y detrás de los ojos. (Ver imagen 64).

Las abejas tienen un par de antenas que se encuentran encima del clipeo, insertadas en la cabeza por medio de una membrana. La antena está formada por una parte rígida llamada *escapo* o *escopa basal* y por otra que es nombrada *flagelo* o *flagelum*, es larga, flexible y está dividida en once secciones en las hembras y doce en los zánganos. Está recubierta en la mayor parte por pelos (órganos del tacto). También, se hallan las placas porosas con forma de embudo y sirven para el olfato, asimismo están las cavidades con la forma de tapones de botellas de champagne, destinadas para el oído. (Ver imagen 65). Su aparato bucal se sitúa en la parte *anteroinferior* de la cabeza, constituida de diversas piezas. Su labio superior es normal y es muy similar al de tipo masticador que cubre a las mandíbulas. En las abejas obreras son lisos y terminan en forma de cuchara, como espátulas, moviéndose en sentido horizontal. Y en la reina y el zángano son puntiagudas y dentadas. (Ver imagen 66).

Estos insectos tienen cinco ojos en la cabeza, dos compuestos y tres simples. Los primeros ojos también se conocen como ojos facetados (si se observa la superficie de este ojo con una lupa, se podrá observar cómo está dividido por muchas facetas poligonales, llamadas también como *omatidios*), los cuales se encuentran enervados en los ganglios *supraesofágicos*, son fuertemente convexos y se encuentran ubicados a los lados de la cabeza, además carecen de pupila, iris y cristalino. La retina se encuentra en el fondo del ojo y es semejante a la del ser humano. Y como ya se mencionó, anteriormente, la superficie de los ojos compuestos está dividida en numerosos campos, en facetas que tienen formas de hexágonos. (Ver imagen 67).

Los ojos simples u *ocelos* en la abeja reinan, y en la

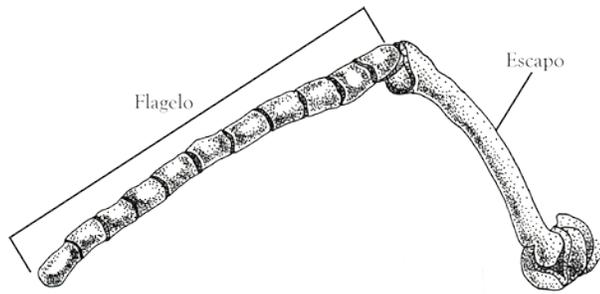
obrero, se localizan en el vértice de la cabeza, en cambio en el zángano, debido a la amplitud de su cabeza y de sus ojos compuestos, los ocelos están situados en frente de la cabeza.

El tórax de las abejas está dividido en cuatro segmentos: *protórax*, *mesotórax*, *metatórax* y *propodeum*. Todos están tan unidos, tanto que se dificulta distinguir sus límites. El protórax es el primer segmento del tórax que está conectado al cuello y da soporte a la cabeza. El mesotórax es el segmento más grande, mientras que el metatórax es el segmento más delgado. Y el propodeum es el cuarto segmento del tórax, pero en realidad es el primer segmento del abdomen, que se reduce abruptamente formando el *petiolo abdominal*. (Ver imagen 68).

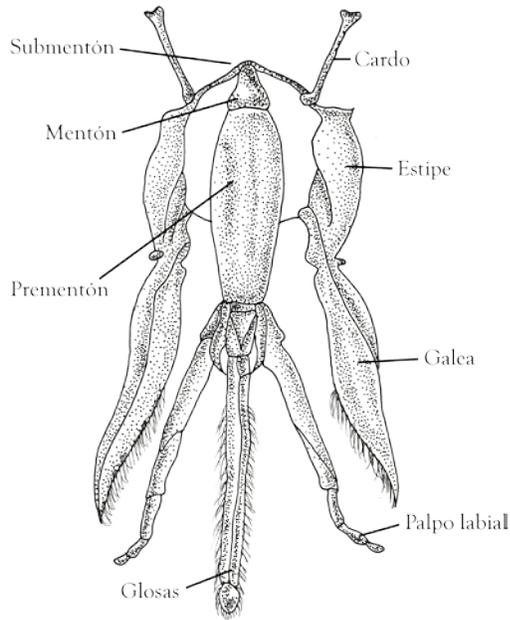
A lo largo del tórax se encuentran las patas y las alas, así como las primeras conexiones externas del sistema respiratorio, los *espiráculos*. A continuación, se mencionará la ubicación de cada una de las extensiones por segmento:

- En el protórax se encuentran el primer par de patas (*protorácicas*).
- En el mesotórax están el segundo par de patas (*mesotorácicas*), el primer par de alas y el primer par de espiráculos (forman parte del sistema respiratorio y conectan las tráqueas con el exterior).
- En el metatórax se halla el tercer par de patas (*metatorácicas*), el segundo par de alas y el segundo par de espiráculos.
- Y en el propodeum está el tercer par de espiráculos.

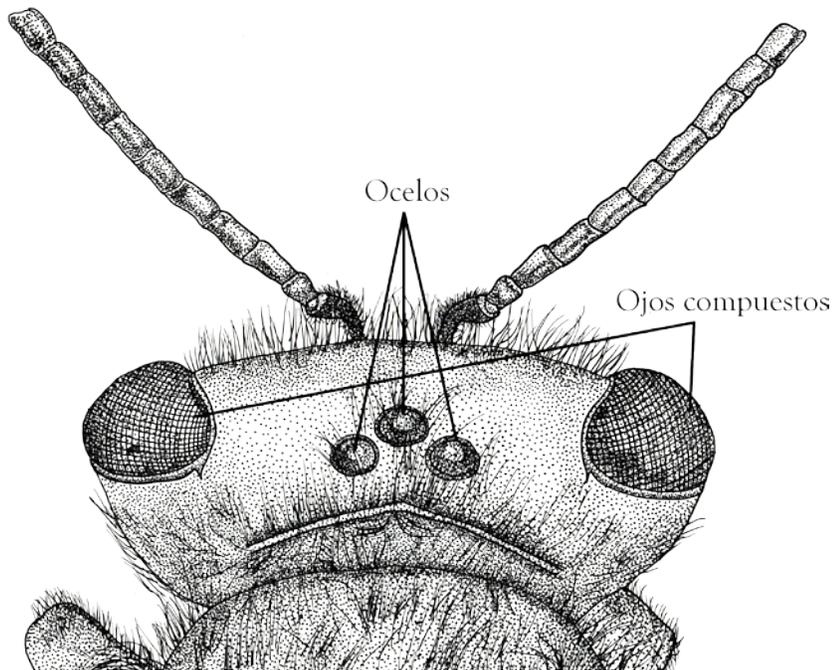
En cuanto a las extremidades, las abejas poseen tres pares de patas y cada una se divide en seis segmentos: la *coxa* (el más próximo al tórax), el *trocanter*, *fémur*, *tibia*, y *tarso*. Este último, se conforma por el *metatarso*, por cuatro *artejos* y el *pre-tarso* que posee dos garras, las que le permiten a la abeja mantenerse sobre superficies ásperas y entre esas dos garras se halla el *arólium* o *pulvillus*



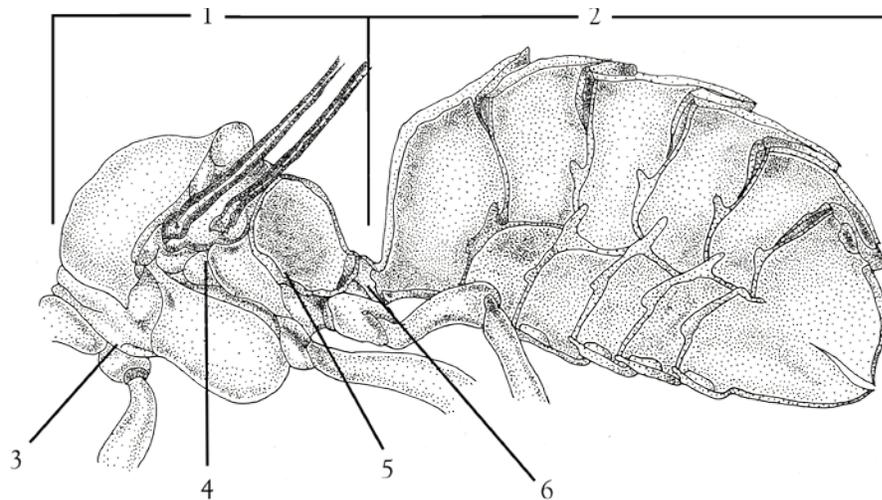
65. Segmentos de la antena izquierda de una abeja *Meliponi beecheii*. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.



66. Aparato bucal de la abeja *Apis mellifera*. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.



67. Vista dorsal de la cabeza de una *Melipona beecheii*. En ella se notan sus ojos compuesto y ocelos. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.



68. Tórax y abdomen. 1. Tórax, 2. Abdomen, 3. Protórax, 4. Mesotórax, 5. Metatórax, 6. Propodeum. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.

que le permite adherirse a superficies lisas.

El primer par de patas se conoce como *protorácias*, que son las más cortas y en donde se encuentra el *limpiantena* o limpiador de antenas (este está formado por una concavidad, o bien, por un semicírculo llamado *sithallanudo* ubicado en la parte superior y anterior del metatarso), en la inserción con la tibia y en la parte inferior de la tibia está el *velum* o espina. (Ver imagen 69).

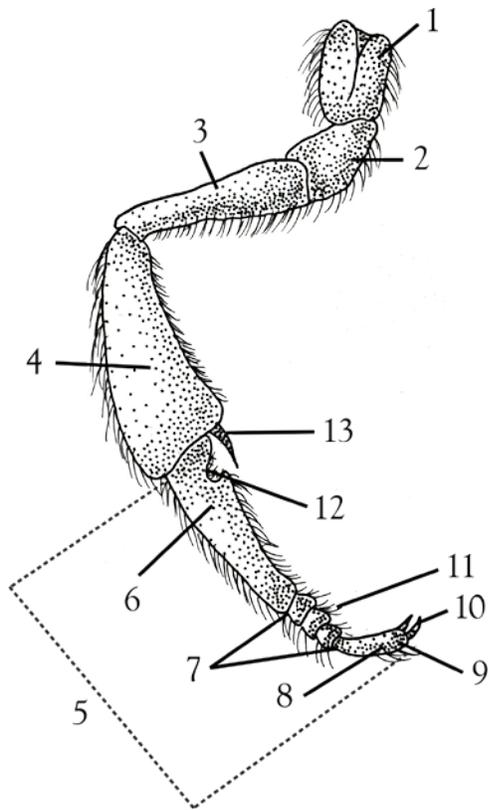
El segundo par de patas se conoce como *mesotorácicas* y no tiene ninguna modificación especial. En cambio, el tercer par de patas *metatorácicas* son las más grandes, tienen achatadas la tibia y el *basitarsus*, siendo esto más notable en las obreras. También, poseen las *corbiculas* o cestillas para el polen y propóleo. Estas se encuentran en el costado externo de la tibia, son cóncavas y sus bordes tienen pelos gruesos y algo curvados, lo que le permite retener el polen que recogen. (Ver imágenes 70 y 71).

Las alas anteriores son más grandes que las alas posteriores. Sus dos pares de alas son membranosas y cada una de estas está formada por una membrana muy delgada y transparente, pero reforzada por una red de nervaduras

quitinosas, la cual es convexa y cóncava. Se insertan en la parte dorsal del insecto entre el *paráptero* y *postescutelo*. (Ver imagen 72).

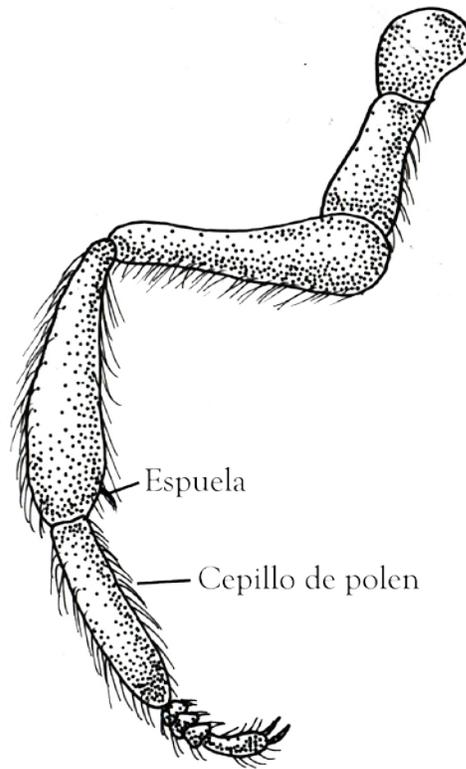
En el borde delantero de alas posteriores existe una serie de pequeños ganchitos, conocido también como *ámulos*, que coinciden con el pliegue del borde posterior de las alas delanteras. Y su abdomen está formado por nueve partes donde el primero propiamente, está pegado al tercer segmento del tórax, el *propodeum*. Así que, el abdomen se conecta al tórax por el petiolo abdominal.

En el abdomen de la abeja se encuentran los órganos de acoplamiento y de postura; así como las glándulas de cera, las glándulas aromáticas, los siete pares de espiráculos, el aguijón y las glándulas asociadas con la producción del veneno. El tamaño del abdomen en los tres tipos de individuos de la colonia está formado por anillos quitinosos unidos por delicadas membranas que le permiten los movimientos y la expansión del abdomen. En la abeja hembra adulta (obreras y reina), el abdomen se reduce a seis segmentos visibles y es de siete en el zángano.

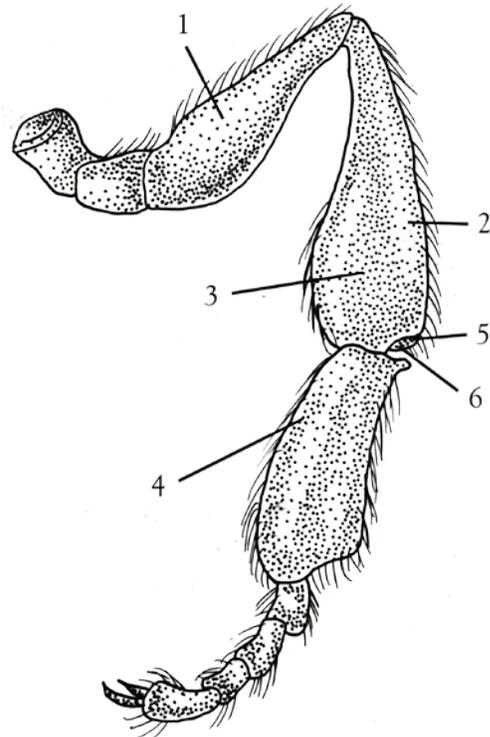


76

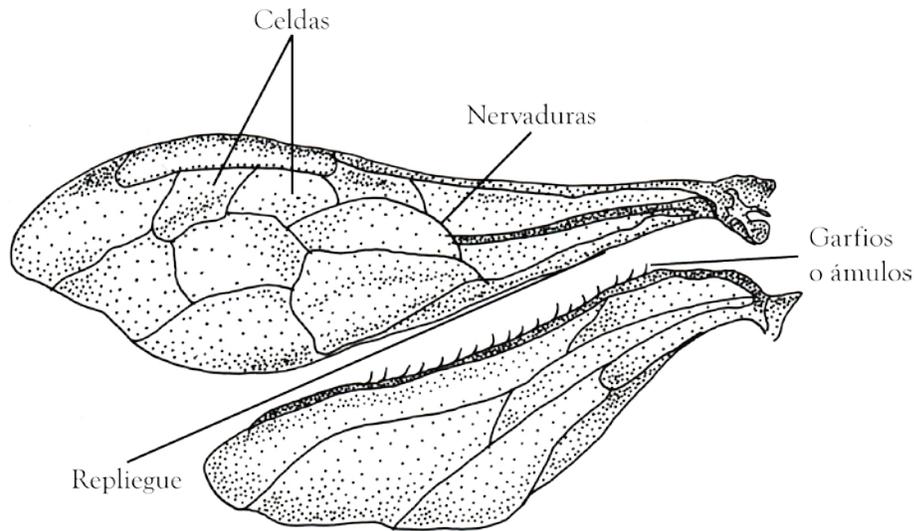
69. Estructura de la pata anterior de una abeja obrera. (Primer par de patas). 1. Coxa, 2. Trocánter, 3. Fémur, 4. Tibia, 5. Tarso, 6. Metatarso, 7. Artejos, 8. Pretarso, 9. Arólium, 10. Uñas, 11. Cepillo de polen, 12. Limpiador de antenas, 13. Velo, velum o espina. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.



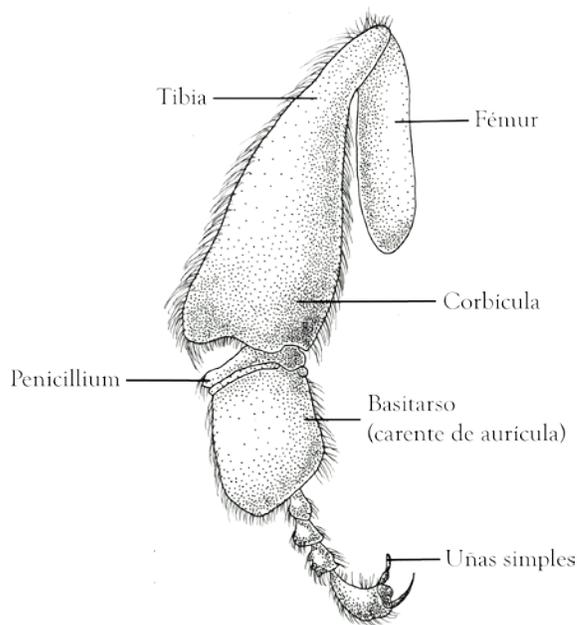
70. Estructura del segundo par de patas de una abeja obrera. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.



71. Estructura de la tercer par de patas de una abeja obrera. 1. Fémur, 2. Tibia, 3. Cesta de polen, 4. Basitarsos, 5. Peine, 6. Empaquetadora de polen. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.



72. Par de alas izquierdas de una abeja *Apis mellifera*. La ala de arriba corresponde al primer par de alas, mientras que la ala de abajo pertenece a segundo par de alas. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.



73. Pata posterior de una *Melipona beecheii* obrera donde se muestran sus estructuras. Nota: los machos tienen uñas bifurcadas. Ilustración de Melanie Celeste Cirigo Jiménez.

Para ser más específico, las abejas que pertenecen al género *Melipona* (tribu *Meliponini*), tienen como característica anatómica principal la ausencia de un aguijón funcional, además de tener una

corbícula en la tibia de la pata posterior de la hembra, cuya última característica comparten con las abejas que pertenecen a las tribus *Apini*, *Bombini* y *Euglossini*.

Las abejas de la tribu *Meliponini* se distinguen de las otras tribus por poseer las siguientes características: “Uñas simples, *arolia* presente, *espolones* tibiales traseros ausentes, basitarso posterior delgado en la base y tibia trasera con *penicilio*, venas poco definidas de las alas, *estigma* grande, *pre-estigma* pequeño o ausente y ala posterior con un lóbulo *yugal* bien desarrollado. Además, en las hembras el aguijón y sus estructuras asociadas están muy reducidos y no son funcionales.” (Michener 2007 ;1990, citado por Yurrita, 2017, p. 66). (Ver imagen 73).

Los rasgos particulares que difieren a las abejas del género *Melipona* son: “Su aspecto es robusto, con un tamaño entre 6.5 a 15 mm de longitud; cabeza más ancha que larga; área frontal y vértice con integumento opaco debido al micro-reticulado denso y con pilosidad plumosa, larga y abundante; mandíbula sin dientes o con dientes, solamente en *ápice*; *mesosoma* con

pilosidad larga y plumosa, al contrario de otros meliponinos; alas relativamente cortas, en general no sobrepasando ápice del *metasoma*, o solo un poco; *ptero stigma* estrecho y linear; ángulo submarginal entre Rs y M muy agudo; con 9 a 14 *hámulos*; metasoma robusto convexo ventral y dorsalmente; tibia posterior triangular, con esquina posterior terminando en punta o ángulo; penicilo presente; rastelo muy desarrollado; superficie interna de tibia a un mismo nivel, cubierta enteramente con pilosidad fina y corta. Desde el punto de vista de su biología las especies del género *Melipona* difieren del resto de los *Meliponini* porque las reinas vírgenes son menores que las obreras y los machos, y son criadas en celdas de tamaño y forma idénticos a los de las otras castas” (Schwarz 1932; Moure 1951; Moure 1961; Michener 1900; Silveira *et al*, 2002, citado por Yurrita, 2017, p. 79).

Siendo más precisa, la abeja *Melipona beecheii*, que pertenece al grupo de las *Meliponas* la describen como:

78

Una abeja robusta, parecida a la *A. mellifera*, de talla grande de aproximadamente 9.7 a 10.7 mm de largo, de color negro en la mayor parte del cuerpo y anaranjado, con franjas amarillas en el abdomen; mechones muy densos de pelos anaranjados-rojizos, patas de color negro. Alas transparentes menores que la longitud del abdomen. (Ayala, 1999, citado por Guzmán, Balboa, Vandame, Albores y González, 2011, p.14).

Por otro lado, Sotelo (2016) señala que:

La *Melipona beecheii* mide de 10 a 11 mm de largo. Su abdomen es negro con cinco anillos transversales de color amarillo verdoso que termina de forma redondeada. Sus alas, cuando están en reposo, no rebasan la punta del abdomen. Los ojos de estas abejas son de color gris-verdoso. En su tórax tienen vellosidades blancas, que se tornan naranja en el nacimiento de las alas. Tienen tres

pares de patas naranja o marrón y el tercer par de estas tienen la tibia negra, además están llenas de pelos.

Y para Yurrita (2017) describe a la *Melipona beecheii* como:

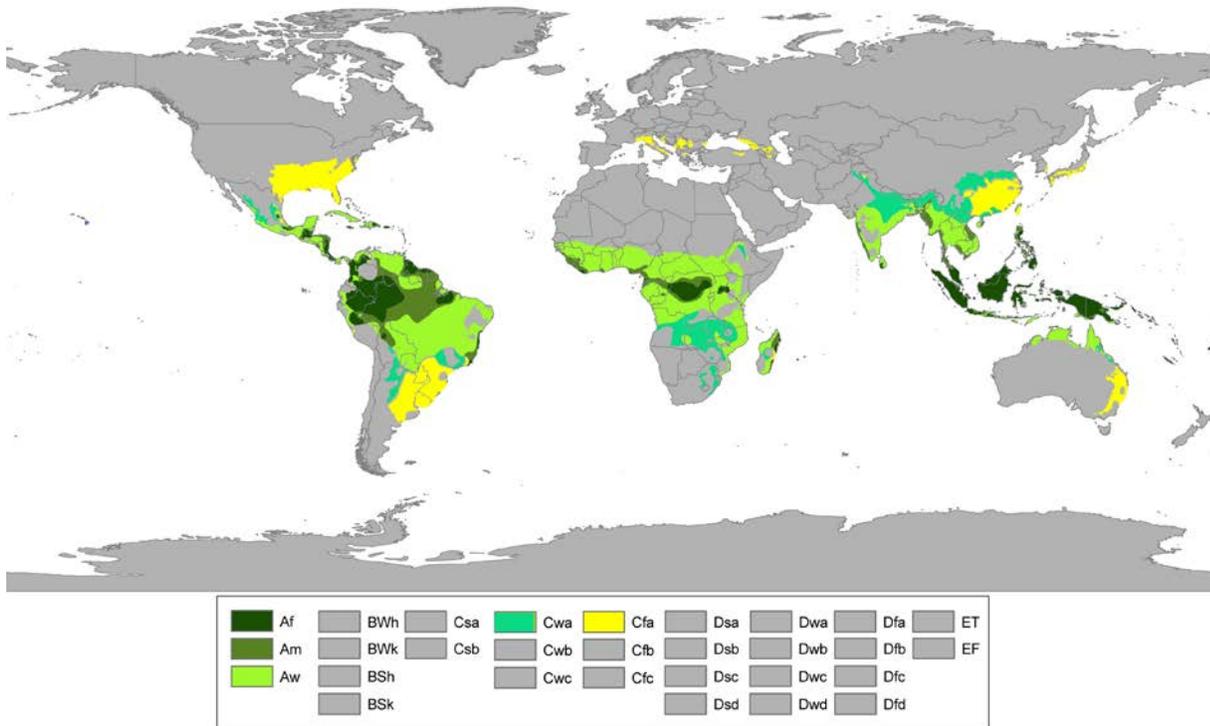
Abeja de tamaño mediano, de aspecto robusto con pilosidad amarillenta, tegumento pardo oscuro con bandas amarillentas en metasoma. Largo total 9.8 - 8.8 mm; largo del ala anterior 7.1 – 6.5 mm, ancho de la cabeza 3.7 – 3.5 mm. Pilosidad en clípeo muy abundante, marcas amarillas formando una T invertida; marcas amarillas paroculares evidentes y bien definidas, más fina en la parte superior; espacio malar reducido; escapo con margen anterior amarillo. Metasoma con ángulo ante-lateral del escuto con mechón de pubescencia rojiza, contrastante con la del resto del escuto. Metasoma con integumento pardo oscuro; T1 a T5 y T6 con bandas apicales amarillas anchas bien definidas, pilosidad decumbente del metasoma, simple, abundante, predominantemente amarillenta, corta y fina, muy abundante en disco de T5 y T6, con numerosos pelos negros simples entremezclados, principalmente en los bordes lateral y apical; márgenes apicales de T4 y T5 con una franja de pelos cortos (~0.14 mm, evidentemente más cortos que el ancho de la banda *apical* amarilla) amarillos densos. Patas posteriores con la pilosidad de bordes anterior y posterior simple y amarilla. (p. 84).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Las abejas *Meliponas* viven en las áreas tropicales y subtropicales del mundo. En el continente americano este tipo de abejas se localizan desde México (Sonora y Tamaulipas) hasta Argentina (Tucumán y Misiones).



74. Morfología de *Melipona beecheii*. Vista frontal de la cabeza de la abeja. Vista lateral de la cabeza de la abeja. Vista dorsal del abdomen. Primer par de alas. Vista lateral izquierda de cuerpo completo.



75. Clasificación del clima tropical y subtropical por subtipos en el mundo. Donde Af= Clima tropical de selva, Am= Clima tropical monzónico, Aw= Clima tropical de sabana, Cwa y Cfa= Clima subtropical húmedo.

80

Específicamente en México, la abeja *Melipona beecheii* es de la Península de Yucatán. Aunque, el humano la ha distribuido ampliamente en las zonas costeras de México, desde Veracruz por el Golfo y Jalisco-Michoacán por el Pacífico mexicano hasta Centroamérica (península de Nicoya en el noroeste de Costa Rica), para hacer uso frecuente de ella, en la meliponicultura.

LA POLINIZACIÓN COMO FUNCIÓN VITAL

Para Arizmendi (2009) la polinización es “un proceso vital para el mantenimiento de la biodiversidad en la Tierra. De ella depende la reproducción de cerca de 90% de las plantas con flor, mismas que desaparecerían si sus visitantes no las polinizaran. En este proceso los animales colectan el polen (gameto masculino) producido por plantas, lo transportan hacia las partes

femeninas de la flor y fecundan los óvulos, produciéndose así las semillas y los frutos.”

Hay muchas especies de animales que son importantes polinizadores de las plantas. En México, las principales son las abejas, mariposas, colibríes y murciélagos. Sin embargo, muchas abejas se encuentran en peligro de desaparecer, y la importancia de estos insectos en dicho proceso vital es muy importante, ya que se estima que cerca de 73% de las especies vegetales cultivadas en el mundo y más de 75% de la vegetación mundial, son polinizadas por éstas.

La polinización por abejas tiene un valor muy importante para los cultivos, ya que contribuyen a mejorar su rendimiento. Este beneficio se traduce en una renta optimizada para los productores, y de igual manera es un vasto suministro de amplios y diversos alimentos que

mantienen la salud y el bienestar humano. No obstante, la polinización de abejas va más allá de un valor económico sobre la agricultura, pues dicha actividad mantiene a las plantas y los muchísimos servicios ecosistémicos que prestan, como el control de la erosión, embellecen los ambientes humanos, aumentando así los valores de las propiedades. Igualmente, las plantas nativas proporcionan alimento a los animales silvestres, los cuales son miembros importantes para las interacciones dentro de los ecosistemas naturales.

De este modo, podemos concluir que la polinización por abejas es indispensable tanto para la vida humana como para la vida de nuestro planeta tal cual la conocemos. Pues, estas nos proporcionan un abundante suministro de alimentos o un agradable paseo por el parque de la ciudad, en conclusión, los humanos dependemos de las abejas.

Hablando específicamente de las abejas sin aguijón, el número de colonias pueden variar entre 10 y 100 por kilómetro cuadrado en las selvas tropicales de América. Lo que implica que entre el 30 y 40% de las especies vegetales reciben visitas de este insecto, lo que señala su vital importancia para el mantenimiento

de las selvas. Por ejemplo, en un estudio que realizó Wolfgang Wilms en 1996, para ver la importancia de los *meliponinos* en los trópicos americanos, observó que la frecuencia de visitas en las plantas nativas de abejas sin aguijón es del 33%, el 22% de otras abejas, y el 45% son visitadas por miembros de las dos categorías. Otro caso fue el de Koos Biesmeijer, en 1997, quien encontró que las abejas sin aguijón polinizan entre el 30 y 50% de las plantas en las tierras bajas de América tropical. Así pues, se concluye que los *meliponinos* son los principales polinizadores de los ecosistemas tropicales, lo que les confiere su vital importancia para su sobrevivencia.

Volviendo a la polinización con fines comerciales, la *Melipona beecheii* (la especie que nos interesa en este trabajo), se utiliza para esta actividad en la Península de Yucatán, ya que una de sus características es que forma colonias de gran tamaño, posee un temperamento dócil, se adapta fácilmente y se puede criar en cajas, así como el mecanismo de vibración de flores poricidales (flores en las que el polen se encuentran en anteras con un poro en el extremo).



76. Abeja *Apis mellifera* polinizando a una *Dahlia coccinea*.



77. Cultivos de fresas.

OTRAS FUNCIONES IMPORTANTES DE LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN

Cabe mencionar, que otras de las funciones elementales que tienen los *meliponinos* es que mueven grandes cantidades de biomasa³ en los ecosistemas. Además, de las vastas cantidades de néctar y polen que recolectan para su colonia mueven detritos. De este último punto Quezada (2005) cita lo siguiente de D.W. Roubik:

Los detritos que las colonias remueven fuera de los nidos pueden llegar a calcularse en varios cientos de kilos en un área donde viven colonias de varias especies, lo que tiene un efecto clave como fertilizante del suelo. Esto puede equivaler a unos cinco litros de nitrógeno por año. (p. 84).

Por otra parte, las colonias de las abejas *meliponas* son comensales importantes de varios tipos de organismos como ácaros, nematodos, coleópteros y bacterias. Estas últimas son un elemento clave en la supervivencia de las colonias. Por ejemplo, las reservas de polen de los *meliponinos* deben pasar por un proceso de fermentación antes de poder ser utilizado para alimentar a la cría. Las bacterias del género *Bacillus* fermentan el polen, lo que provoca que sea más digestible, además de enriquecerse de vitaminas y sustancias antibióticas que, probablemente, eviten el crecimiento de bacterias patógenas.

¿QUÉ PLANTAS POLINIZA MELIPONA BEECHEII?

En 1996 Parra-Canto realizó un estudio en Yucatán para identificar cuáles especies vegetales visita la *Melipona beecheii*, a través de observar las flores del campo y analizar cargas polínicas en muestras de alimento tomadas directamente de las colonias. Más adelante, se muestra la tabla 4, Relación de plantas visitadas por *Melipona beecheii* en Yucatán, con el nombre de la familia, la especie, el nombre común y la forma de vida

de las plantas que dicha abeja visitó.

Las abejas *A. mellifera*, de manera general, polinizan plantas como:

- Cacahuananche (*Gliricidia sepium*). Es un árbol de tamaño medio que es característico de Guerrero. Sus frutos son semejantes a la aceituna y de la semilla se obtiene un aceite para fabricar jabones y shampoo.
- Cola de borrego (*Digitalis purpurea*). Es una flor nativa tanto de México como de Honduras, tiene grandes tallos que alcanzan los 30 cm de longitud y hojas carnosas de color azul verdosos. Las flores que tienen son de color rosa o rojo.
- Geranio (*Pelargonium sp.*). Es una planta de exterior con flores de atractivos y vivos colores. Y florecen durante el verano.
- Lavanda (*Lavandula sp.*). Es una planta que también tiene flores de color violeta. Es introducida y se usa para obtener esencias, y como planta ornamental.
- Margarita (*Bellis perennis*). Es una planta con tallos herbáceos que llega a medir entre 15 y 20 cm de altura. Sus hojas son ovaladas, espatuladas y dentadas de color verde intenso. Sus flores tienen pétalos de color blanco con un toque ligero de color rosa, es una flor muy atractiva y vistosa.
- Pincel (*Centaurea cyanus*). Sus flores, que son de color violeta intenso, y brotan desde abril hasta el verano.
- Romero (*Rosmarinus officinalis*). Es un arbusto aromático que, comúnmente, se utiliza en la cocina, el cual puede llegar a medir dos metros de altura.

LA CRISIS EN LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN

Anteriormente, los recursos florales y las selvas relativamente intactas de la Península de Yucatán, garantizaban la multiplicación de las colonias y supervivencia de las abejas *Melipona beecheii*, esto gracias a que existían numerosos árboles con

³Biomasa: Es la materia orgánica que se genera a través de un proceso biológico (ya sea inducido o espontáneo) y que puede emplearse para producir energía.

Tabla 4. Relación de plantas visitadas por <i>Melipona beecheii</i> en Yucatán			
Familia	Especie	Nombre común	Forma de vida
Asteraceae	<i>Melanthera aspera</i>	Botoncillo	Arbusto
Asteraceae	<i>Viguiera dentata</i>	Chamiso	Hierba
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Acahual blanco	Hierba
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i>	Achiote	Arbusto
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato	Árbol
Euphorbiaceae	<i>Croton humilis</i>	Palillo	Arbusto
Fabaceae	<i>Acacia gaumeri</i>	Katsín	Arbusto
Fabaceae	<i>Cassia fistula</i>	Lluvia de oro	Árbol
Fabaceae	<i>Cassia racemosa</i>	-----	Arbusto
Fabaceae	<i>Delonix regia</i>	Framboyán	Árbol
Fabaceae	<i>Mimosa babamensis</i>	Motita morada	Arbusto
Fabaceae	<i>Pithecelobium albicans</i>	Granadillo	Árbol
Fabaceae	<i>Senna racemosa</i>	Kyan lool	Arbusto
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nanche	Árbol
Malvaceae	<i>Wissadula amplissima</i>	Tronadora	Hierba
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia erecta</i>	Golondrina	Hierba
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	Coralita	Enredadera
Rhamnaceae	<i>Gouania lupoloides</i>	Bejuco leñatero	Enredadera
Solanaceae	<i>Capsicum chinense</i>	Chile habanero	Arbusto
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>	Tomatillo del diablo	Arbusto
Solanaceae	<i>Solanum rudepanum</i>	Hierba San Cayetano	Arbusto
Verbenaceae	<i>Lippia virgata</i>	-----	Arbusto

Relación de plantas visitadas por *Melipona beecheii* en Yucatán (Parra-Canto 1996). Adaptado de “Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera, Meliponini)”, p. 86, por J. Quezada, 2005, Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán. Copyright 2005 por Editorial Universidad Autónoma de Yucatán.

troncos de gran diámetro, donde este tipo de abejas suelen anidar de forma silvestre. De igual manera, la gran diversidad de especies vegetales características de las selvas, les proporcionaba un abundante sustento alimenticio para las colinas.

Desafortunadamente, las actividades humanas han modificado y alterado al ecosistema, lo que ha provocado el descenso de la población de las abejas *Xunan Kab*; aunque existen otros causantes naturales como la formación de huracanes; o bien, aspectos culturales y económicos, los cuales se mencionarán más adelante.

AMENAZAS QUE ENFRENTA LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN *MELIPONA BEECHEII*

La *Melipona beecheii*, es una de las abejas sin aguijón y de los tantos insectos polinizadores que están comenzando a desaparecer hoy en día, y con el riesgo de extinguirse totalmente. Fue así, que la primera causa de dicho problema se manifestó con la llegada de los españoles a la Península de Yucatán en el siglo XVI. Pues, el sistema de producción maya sufrió cambios graduales, al desplazar la mano de obra de las actividades tradicionales a las nuevas formas



78. Chile habanero (*Capsicum chinense*).

84



79. Achiote (*Bixa orellana*).



80. Palillo (*Croton humilis*).

de actividad comercial. Entre una de las nuevas actividades comerciales fue la ganadería, que por ser extensiva provocó de manera paulatina, la desaparición de las selvas naturales yucatecas. Aunque, este desplazamiento tiene un efecto masivo, la aparición de las grandes haciendas dedicadas al monocultivo del henequén (*Agave*

fourcroydes) durante los siglos XVIII-XIX ayudó a hacer más grande el problema. Por lo tanto, con la desaparición de la selva, también desaparecieron, a gran escala, los espacios de anidación y las fuentes de alimento de las abejas nativas.



81. Mujer extrayendo miel de un jobon (tronco hueco donde anida la *Melipona beecheii*), Meliponicultura.

Otra causa que provocó que disminuyeran las poblaciones de este tipo de abejas fue la introducción de la abeja europea (*Apis mellifera*) que llegó a México por Florida, Estados Unidos de América a finales del siglo XVII. Aunque, se cree que los primeros colonos españoles fueron quienes la introdujeron inicialmente, su origen es nuestro país es incierto. En esa época la producción y comercialización de la miel y la cera eran obtenidas de la *Melipona beecheii* en los pueblos mayas. *Apis mellifera* comenzó a tener una gran ventaja sobre la *Xunan Kab*, y en general sobre los *meliponinos*, debido a que es una abeja dócil y resistente a enfermedades, tanto por su capacidad de producir, es decir, su producción de miel y cera es mayor en un tiempo corto. Por esta razón, prosperó la apicultura para la comercialización de dichos productos.

Así poco a poco, a través del tiempo, el anterior factor provocó el descenso en las abejas para la meliponicultura (crianza de la abeja sin aguijón) en la Península de Yucatán, declaró oficialmente a partir del año de 1991. Otra razón que provoca la poca práctica en la crianza de abejas

sin aguijón, es que las generaciones mayas más jóvenes no tienen interés por el manejo de estas abejas, de igual forma no hay incentivos económicos para impulsar esta actividad. Por lo anterior, es que la meliponicultura se encuentra en vías de desaparición, a tal grado que, de acuerdo a Villanueva, Roubik y Colli-Ucán (2005), la especie *Melipona beecheii* se ha considerado como amenazada. (Ver imagen 81). Cabe mencionar, que la introducción de la caña de azúcar también ocasionó un gradual desplazamiento de la miel de abejas nativas como endulzante de los alimentos; además, con la llegada de la abeja africanizada (híbrido de *A. mellifera* de origen europeo-africano) a Yucatán en 1987, muchos *apiarios* tuvieron que ser reubicados fuera de las poblaciones, donde tradicionalmente se les mantenía en los solares de las viviendas campesinas.

Una distinta y grave causa que ha generado el descenso de la abeja *M. beecheii* es la deforestación y fragmentación de su hábitat, provocando también una modificación gradual de la estructura del ecosistema. El humano lleva a cabo dichas acciones para realizar

actividades culturales y económicas. A causa de ello, se cultivan grandes áreas con vegetación secundaria (principalmente plantas herbáceas), ocasionando que la *Melipona beecheii* pierda sus fuentes de néctar, polen y su hábitat de refugio, ya que requiere de troncos huecos (conocidos como *jobones*) de menos de 30 centímetros de grosor para poder anidar. Incluso, los huracanes han provocado la disminución del número de *jobones* entre los meliponicultores. Esto se agrava por la misma deforestación por el humano.

El uso de pesticidas es otro factor que está provocando la muerte de las abejas sin aguijón, ya que estos pesticidas contienen un compuesto químico llamado *neonicotinoide*, el cual provoca dos tipos de daños en las abejas. El primero, se da en el sistema nervioso, provocándoles una alteración en su memoria, lo que les impide regresar a su colmena; esto hará que las abejas no puedan llegar con néctar a su colmena, a todo esto, se le conoce como *síndrome o síntoma de abandono*. El segundo daño, se presenta en el sistema inmunológico, luego de que el neonicotinoide lo hace más débil, haciéndolo más susceptible a las infestaciones por parásitos, o bien, a patógenos que causaran una vida corta de la abeja. Asimismo, podrán contagiar de enfermedades al resto de las abejas que están sanas, incluyendo los estados inmaduros que son las larvas. Entonces, el tamaño de la colmena disminuye o se encuentran muy enfermas. (A. Córdoba, comunicación personal, 2016).

Recientemente, ha sido prohibido totalmente el uso de estos pesticidas en la Unión Europea, ya que además de causarles daños a las abejas y a otros insectos, también provoca daños a la salud del ser humano. Apicultores, activistas e investigadores de México han encontrado en los productos agrícolas y comestibles una mezcla de fuertes plaguicidas.

De acuerdo con O. Gaspar (2016) del centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), señala: “se han encontrado alrededor de 88 plaguicidas en cera y miel de 165 que han podido rastrear”. C. Equihua (comunicación personal, 2016). Un ejemplo más, es el que encontró un investigador en Yucatán, pues detectó tóxicos de organofosforados en todas las muestras analizadas de cera y en el 64% de las muestras de miel.

“Otra causa importante que está provocando la mortalidad en las abejas, es el cambio climático. Lo que genera que estas especies vivan en otra altitud por el aumento de temperatura, igualmente provoca que los patógenos puedan incursionar en nuevas áreas donde antes no podían vivir”. A. Córdoba (comunicación personal, 2016).

PROBLEMAS FUTUROS POR LA CRISIS EN LAS ABEJAS SIN AGUIJÓN *MELIPONA BEECHEII*

Sin lugar a dudas, el problema que afectaría a la humanidad por la extinción de las abejas, incluyendo a la *Xunan Kab*, y todos los meliponinos, sería la desaparición de plantas silvestres y comerciales, pues estas ya no serían polinizadas por dichos insectos. Al igual que desaparecería su contribución a la conservación del equilibrio ecológico en los trópicos.

Por otra parte, debido al uso de los pesticidas en los cultivos, además de estar afectando a la salud de las abejas, este problema está generando un daño indirecto en la salud del ser humano, a través de los productos agrícolas y comestibles como la cera y miel.

Pero, hablando de manera general sobre la desaparición completa de las abejas (de cualquier especie), se daría una crisis total en la polinización,

porque “un 75% de la flora silvestre se poliniza gracias a las abejas”. C. Equihua (comunicación personal, 2016). Y no solo de plantas florales, sino de vegetales, árboles frutales y de otros cultivos que comemos a diario.

Por dicha razón, en el debate *EarthWatch*, en la Sociedad Geográfica Real de Londres, el Dr. George McGavin han considerado que las abejas son las especies más invaluable del planeta. Aunque, no hay que olvidar los millones de otras especies de los que dependemos para vivir, pues cada uno es importante para el funcionamiento del planeta.

No hay que olvidar los frutos que también se perderían si se llegaran a extinguir estas abejas, siendo de uso tan común como las manzanas, los melocotones, las peras, las frambuesas, los arándanos, las fresas, las almendras e incluso la leche, ya que las vacas se alimentan de alfalfa y de trébol (plantas que también polinizan las abejas), debido a la baja oferta natural se incrementarían los costos, porque dependeríamos de servicios de polinización comercial. Entre los cultivos importantes en México que requieren de las abejas sin aguijón para polinizar están: la papaya, el achiote, el chile verde, la sandía, la calabaza, el melón, el pepino, el aguacate, el chile habanero, el café, y el tomate, entre otros.

Como consecuencias de dicho problema, el ser humano ya no tendría una variedad equilibrada de alimentos en su dieta, y posiblemente se desatarían enfermedades masivas debidas a estas carencias. Siendo así, que este problema sea aún más grave porque se generaría una escasez de alimentos. Esto no solo alteraría al ser humano, sino también a otras especies que dependen directa o indirectamente de los alimentos antes mencionados. Además, sin las abejas ni otros polinizadores no habría algodón ni lino, unos de los tantos productos que son destinados como materia prima para nuestra vestimenta.



82. Frutos rojos: fresas, zarzamoras, frambuesas y moras azules.



83. Sandía.



84. Aguacate.

Nota: Todos estos frutos se dan gracias a la polinización que las abejas realizan en sus flores.

PROPUESTAS PARA LAS SOLUCIONES DE LA CRISIS EN LA ABEJA SIN AGUIJÓN *MELIPONA BEECHEII*

En relación con las crisis que están teniendo los polinizadores Arizmendi (2009) dice que:

Es importante difundir que, para lograr la conservación efectiva del planeta, sus especies y del ser humano se deben preservar los procesos que mantienen la diversidad y dinámica ecológica en el planeta. La polinización es un factor clave en el mantenimiento de dichos procesos por lo que se debe poner atención en el formular planes de manejo y conservación de la biodiversidad. (p. 5).

Así que, es indispensable informar a la población de lo que está sucediendo y de igual forma indicar cómo pueden ayudar para evitar el descenso de las poblaciones de las abejas en general, de las meliponas en particular y hasta de otros polinizadores. Por lo que se recomienda:

- No dañar las colmenas o nidos de ninguna abeja.
- En las ciudades hacer jardines con plantas destinadas para la polinización de abejas y otras especies.
- No usar plaguicidas en medida de lo posible.
- Hacer cultivos sustentables y preferir productos orgánicos.
- Fomentar el uso de especies vegetales nativas.
- Impulsar la idea de que los polinizadores son servidores ambientales importantes para mantener la biodiversidad.

Todas estas acciones nos permitirán mantener la diversidad de polinizadores y mantener el hábitat, las cuales se tienen que realizar a corto plazo.

La *Meliponas beecheii* es un elemento importante para las comunidades de plantas de las selvas de la Península de Yucatán y además un elemento

que puede servir como un indicador del grado de alteración de los espacios naturales dañados. Entre las opciones que se pueden considerar para evitar la pérdida de este tipo de abejas y por consiguiente de la meliponicultura Villanueva, Roubik, Colli-Úcan y Forsythe (2003, p. 34 y 35) recomiendan:

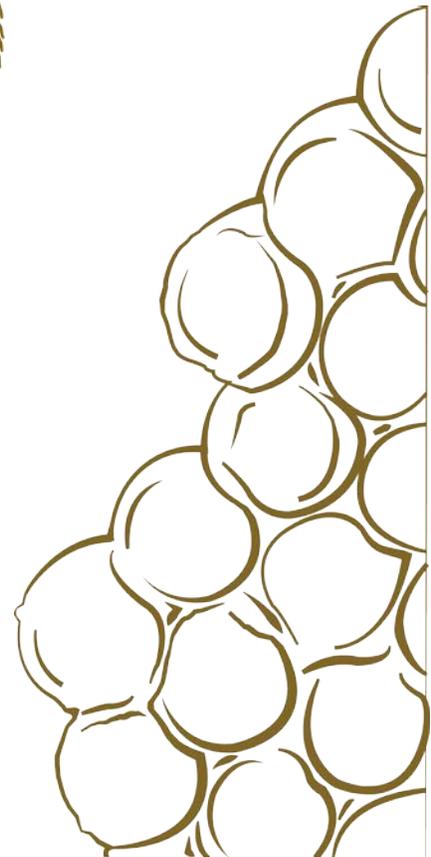
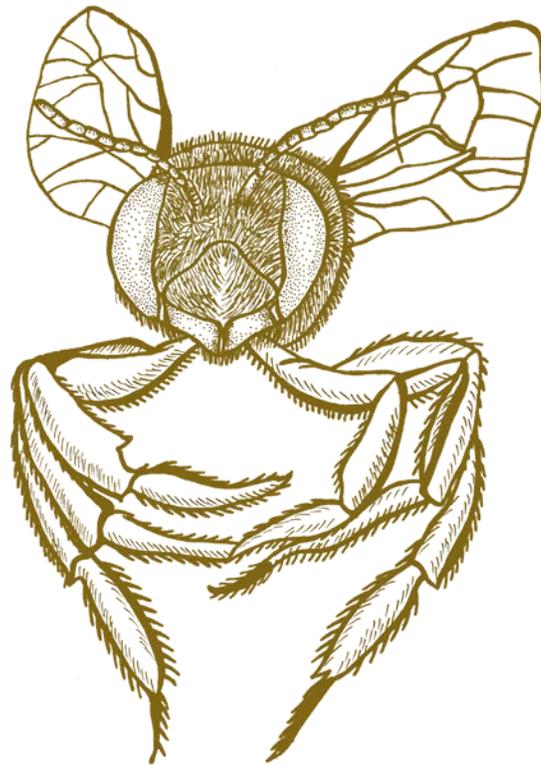
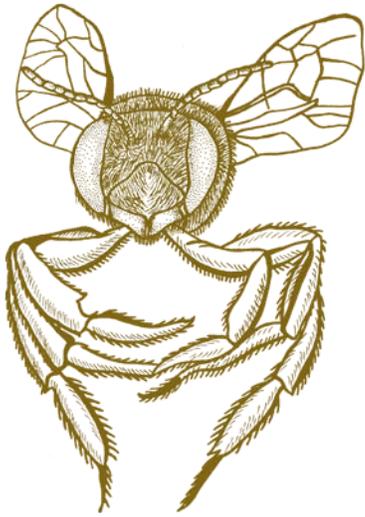
- Instruir a los meliponicultores en el uso de las cajas racionales, este tipo de cajas facilitan la revisión y multiplicación de las abejas.
- No es recomendable colocar colmenas de abejas africanizadas cerca de colonias de *Xunan Kab*. Se deberían crear regulaciones concernientes a la distancia mínima que debe de haber entre colonias de abejas *Xunan Kab* y colmenas de *Apis mellifera* de cualquier tipo.
- Propiciar el establecimiento de áreas protegidas que permitan la crianza y explotación de la *Xunan Kab*.
- Mayor investigación de las propiedades fisicoquímicas de la miel de *Melipona beecheii*. Es importante corroborar científicamente las propiedades medicinales que se les atribuyen.
- Investigar posibilidades de mercado.
- Difundir información a los meliponicultores sobre las medidas que deben tomar para proteger sus colonias de *Melipona beecheii* para ser vendidas entre los mismos meliponicultores.
- Establecimiento de una normatividad de la calidad de la miel de abejas sin aguijón, principalmente de la de *Xunan Kab*.



85. Abejas mayas en la parte interna de un jobon.

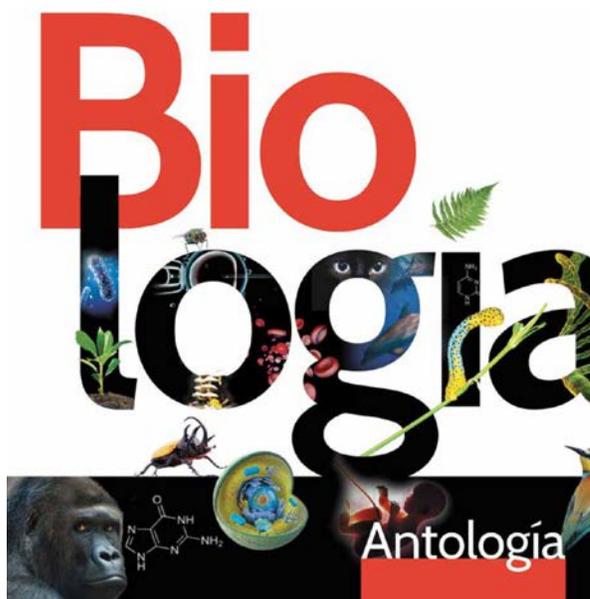


86. Abeja maya.



Capítulo 4

Diseño de infografía e
ilustración científica



87. ¿Cómo ves? Revista mexicana de la Universidad Nacional Autónoma de México, encargada de divulgar información científica con el fin de crear una cultura científica más enriquecedora.

PARTE 1. INFOGRAFÍA

LA IMPORTANCIA DEL USO DEL MATERIAL GRÁFICO COMO VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN EN LA CIENCIA

Como se mencionó anteriormente, la ilustración científica comunica conocimientos científicos a través de imágenes y de gráficos, permitiendo describir, inducir, clasificar y visualizar el universo entero. Sin embargo, para poder realizar una buena y adecuada comunicación de la información que se pretende dar, el uso de la disciplina, Diseño gráfico, ayudará a que la información sea entendible por medio de gráficos como: cuadros sinópticos (tablas), graficas, infografías, fotografías, por mencionar algunos.

Así que, la labor del diseñador gráfico está en función de la de comunicación, pues el diseño en primera sirve para atraer la atención, para crear ese impacto en el receptor. Pero, además de este rasgo, también la imagen debe tener reticencia respecto al contenido e información que se va transmitir. Incluso debe presentarse un equilibrio entre la parte funcional y la parte estética, ya que de nada sirve un diseño que solo sea bello visualmente y que su parte funcional no cumpla o viceversa.

Asimismo, para la elaboración adecuada de un material gráfico deben considerarse otros factores tanto internos como externos. Los internos se refieren al tipo de público, edad, sexo, cultura, nivel educativo, su estado físico, psicológico, anímico, su interés, sus conocimientos previos, etc. Entre los factores externos se encuentran, por ejemplo, el contexto de la experiencia o el entorno, que influyen en su experiencia perceptiva.

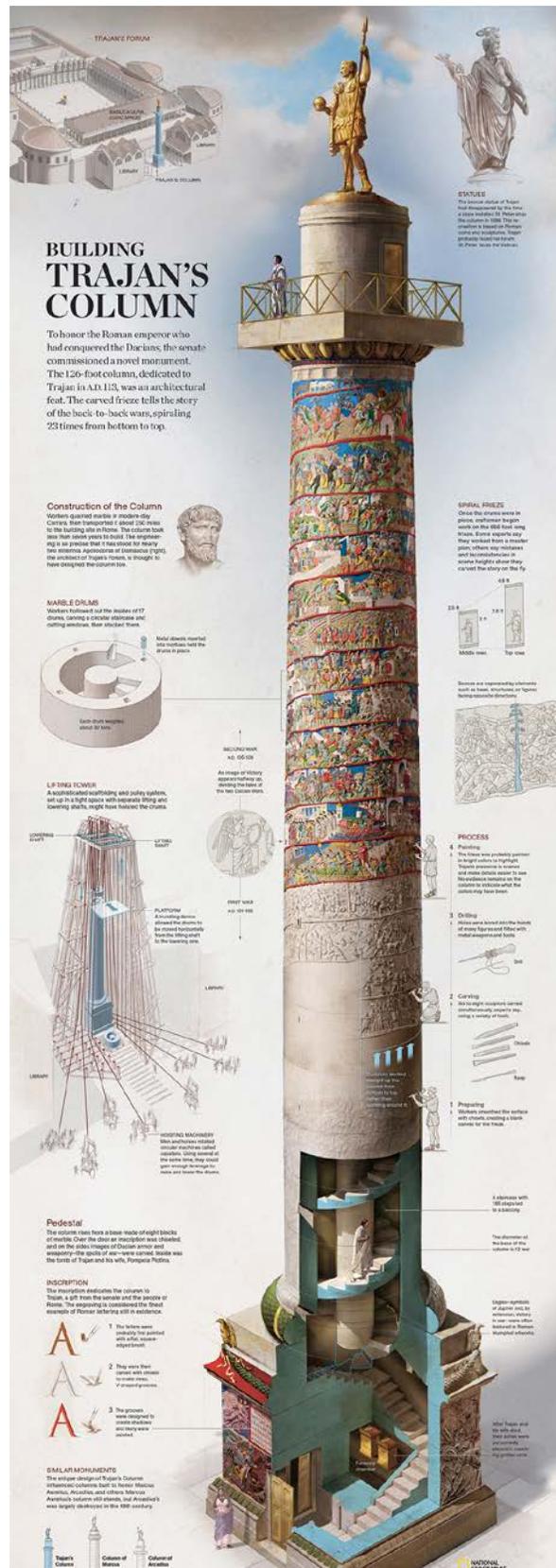
Otra cuestión es la parte económica, este factor nos permitirá adecuar el presupuesto en relación con los recursos necesarios para hacer una mejor comunicación. Como ejemplo está, a cuántas tintas se va imprimir, o si se imprimirá a blanco y negro.

Con todos estos factores a considerar en el proceso de diseño de un material gráfico, se tiene la garantía de que todo lo que se divulgará será entendido y reconocido por el público al que va dirigido de manera eficaz.

¿QUÉ ES UNA INFOGRAFÍA?

La infografía es un medio visual por el cual se presenta información con elementos visuales y textos, con el fin de comunicar información precisa sobre cualquier temática (científica, deportes, culturales, literarias, etc.). Las infografías permiten describir, narrar y simplificar información compleja, mediante la representación gráfica, haciendo así una esclarecida y atractiva lectura, además una forma fácil de adquirir conocimientos.

Por tanto, la infografía se caracteriza por ser un recurso visual que favorece la comprensión por medio de los textos e imágenes que ofrecen agilidad al tema, y permite comprender de manera rápida y entretenida temáticas complicadas.



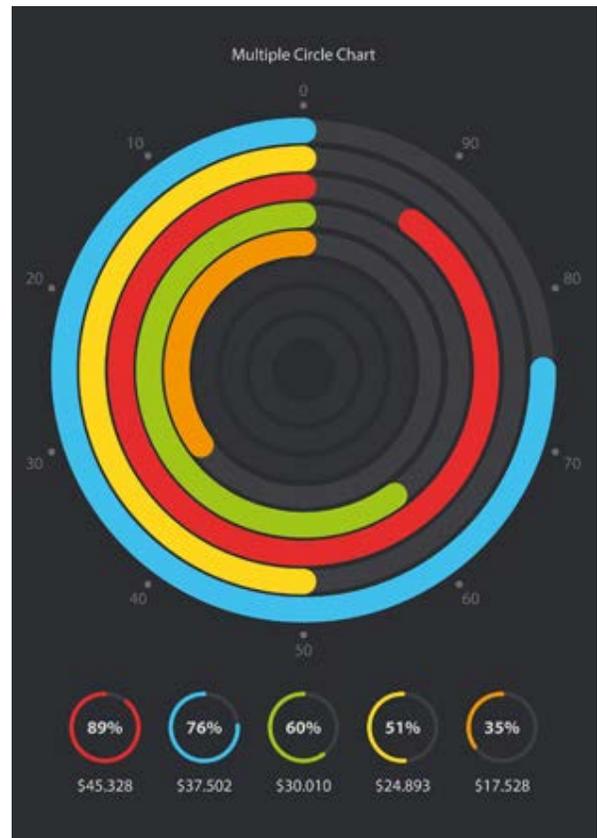
88. Infografía, *Construcción de la Columna de Trajana*, Fernando Baptista.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y EFECTOS VISUALES EN UNA INFOGRAFÍA

De acuerdo a la información que se requiera mostrar, es lo que resolverá cómo se hará gráficamente; ya que existen diferentes elementos para representar datos, está la gráfica total, el diagrama ilustrado o el gráfico de mapa.

La grafica total son infografías en las que se muestran datos estadísticos, los cuales se pueden representar de cinco maneras diferentes, de acuerdo al tipo de datos:

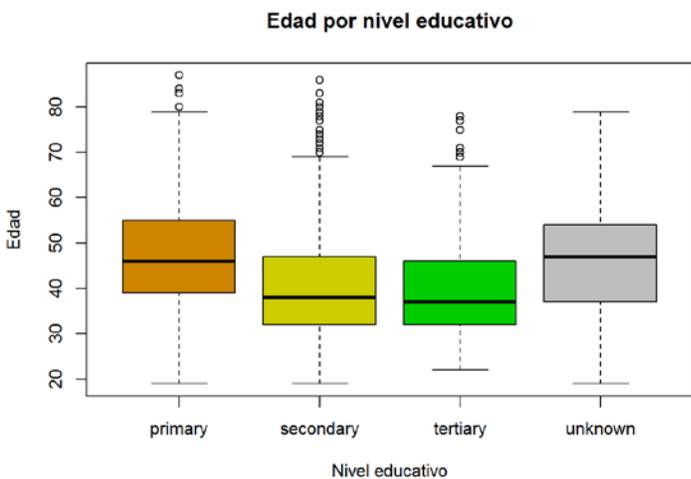
- Gráficas de barras. Estas utilizan la longitud de la barra para comparar datos.
 - Gráficas circulares o de pastel. Es un gráfico circular que se divide en sectores que ilustran la relación proporcional entre los datos.
 - Gráfica de anillos: “estas tienen un patrón circular que muestran la relación proporcional entre los datos. El tamaño de cada porción está determinado por el valor de la serie como porcentaje del total de todos los valores” (Ibídem, p. 7). (Ver imagen 89).
- Datos agrupados. Como dice su nombre es la agrupación de datos en bruto de múltiples valores.
 - Histograma. Están formadas por varias columnas que dispuestas sobre un gráfico estiman la probabilidad de distribución de una variable continua. A diferencia de la gráfica de barras, el histograma se usa para mostrar distribuciones de variables mientras que la otra se usa para comparar variables.
 - Gráfica lineal o de función. Es una gráfica en la que una serie de puntos de datos se conectan entre sí mediante una línea. Se utiliza para mostrar tendencias en los datos, por ejemplo, como se relacionan los parámetros entre sí.
- Gráfica de datos en bruto: En este tipo de gráficas se muestran datos a distintos niveles



89. Grafica de anillos.

de manera jerárquica.

- Diagrama de tallos y hojas. Muestran las cifras de los valores más pequeños como hojas y las de los valores mayores como tallos. Pueden resumir de manera visual los datos, ilustrando los cambios de los datos subsiguientes y mostrar así con facilidad los detalles de las características de la proyección. (Ibídem, p. 10).
- Diagrama de caja. Este diagrama nos permite representar gráficamente grupos de datos numéricos mediante sus seis estadísticas: el valor máximo, el cuartil inferior, la mediana, el cuartil superior, el valor mínimo y los valores atípicos. (Ver imagen 90).
- Datos de series temporales. Son visualizaciones de la información sobre una secuencia temporal.
 - Gráfico lineal. Este grafico visualmente muestra con claridad las tendencias de datos



90. Diagrama de caja y gráfico de mapa.

y mantienen cierta continuidad.

- Datos multivariados. Este gráfico permite integrar distintos datos que forman una relación proporcional general reflejada de forma evidente.

- Gráfica de radar. Presenta distintos tipos de datos en un mismo gráfico; en ellas, cada una de las secuencias de los picos equiangulares representa una de las variables.

96

El diagrama ilustrado se caracteriza por tener un sentido artístico especial que hace que el espectador se adentre por completo en la escena o en los símbolos gráficos interesantes.

Y los gráficos de mapa son ilustraciones que con sus formas especiales y sus colores combinan de manera armoniosa con los datos y crean efectos estéticos especiales que transmiten con eficacia la información. (Ver imagen 90).

Las infografías tienen dos efectos visuales: Bidimensionales y Tridimensionales. El efecto bidimensional en infografías es una de las técnicas más simples y claras, ya que se compone por puntos de color y líneas. Este efecto es el más común en el diseño de infografías. Por

otro lado, el efecto tridimensional se consigue por medio del contraste de luces y sombras, siendo una forma muy difundida de diseño que produce un efecto de ilusión óptica.

Asimismo, las infografías tienen un lenguaje de acuerdo al nivel de iconicidad que presenta la imagen, siendo el primero el vector que es simple y abstracto (se elimina lo innecesario para que lo necesario destaque).

Los gráficos realistas son aquellos que nos dan una experiencia visual a medio camino entre lo virtual y la realidad. A través de ellos se puede virtualizar los problemas del mundo real, mostrando información y también reflejando el objetivo del diseño y sus ideas. (Ver imagen 91).

El dibujo a mano permite visualizar el gusto estético personal del diseñador y sus técnicas de dibujo para conmovir al espectador.

La caricatura por su forma, expresa creatividad, lo que ha permitido al diseñador representar varias técnicas literarias. Y a los espectadores, les ofrece un placer especial de razonamiento a la vez que se transmite la información.

La fotografía es otro tipo de imagen que se emplea en el diseño de infografías, estimulando con facilidad las actividades mentales de las personas y la transmisión de manera eficaz de la información. (Ver imagen 92).

Por tanto, la visualización de una infografía puede ser por datos o por ilustraciones. Las visualizaciones de datos se caracterizan por mostrar precisamente esos datos, mientras que las visualizaciones ilustrativas se centran en combinar la ilustración con el texto para presentar el tema.

METODOLOGÍA PARA HACER UNA INFOGRAFÍA

En el libro *Presentaciones de infografías y datos*, de Parramón ediciones, muestra un modelo para el proceso de diseño de una infografía, en donde se describen los siguientes pasos:

Marco informativo y mapas mentales:

Estos permiten agrupar los datos y enlazar toda la información.

Procesado de datos:

Implica una investigación profunda, con información y datos fiables que le darán soporte al marco de diseño. Aunque esta investigación pasará por filtros con lo que se identificarán datos persuasivos.

- El primer filtro es la auditoria que permite identificar datos atípicos, determinar su aplicabilidad, y oportunidad y su temporalidad.
- El segundo paso es el filtrado y clasificación, lo que va a permitir hallar datos erróneos y después la clasificación de datos en orden bajo los criterios que facilitarán la comprensión, características y relación de estos. Y el resultado fue la “Comprensión de la Información”, que es el siguiente paso.

Comprensión de la información:

Nos ayuda conseguir y analizar selectivamente la información necesaria a través del pensamiento

y percepción, resultando información compacta y fácil de entender.

- Esto nos lleva a la etiqueta de tema, lo que significa tener una información concisa, clara y fácil de entender. Sea cual sea el estilo de diseño, las etiquetas se usan con frecuencia como título, para expresar el valor de los datos y los tipos de descripción.
- Descripción de la información. Es el texto introductorio de la infografía, el cual debe ser conciso.
- Explicación. Son explicaciones que aparecen junto a los datos que van a utilizarse para interpretar el objetivo, además permitirán analizar algunos conceptos de la información y transmitir de manera eficaz desarrollando los elementos clave.

Texto selectivo:

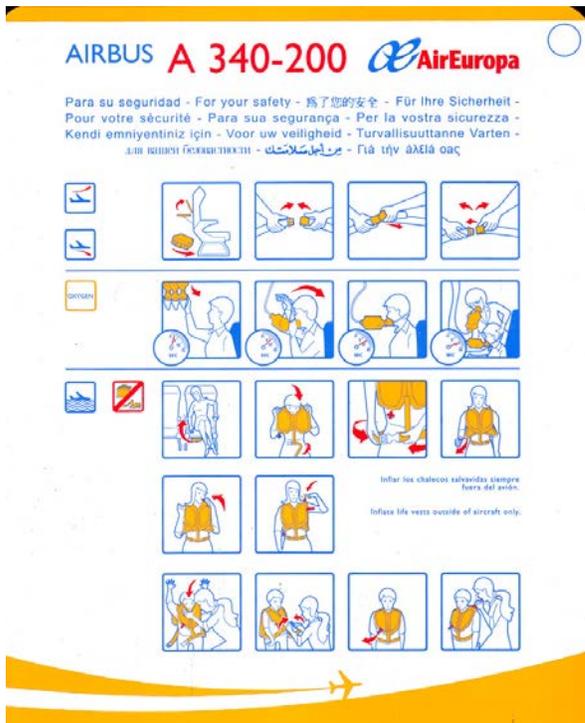
Es un apartado que puede aparecer o no aparecer en una infografía según las circunstancias específicas del texto. Aquí entran las opiniones o sugerencias y las preguntas extendidas.

- Opiniones o sugerencias. No son elementos centrales, sin embargo, va a permitir al lector gestionar la información de manera eficaz haciendo algo.
- Preguntas extendidas. Su uso no es muy frecuente en la infografía, sin embargo, puede desempeñar un papel interesante si el tema del diseño es controvertido, llamando la atención del espectador.

CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA INFOGRAFÍA

Las principales áreas en la que se hace uso de la infografía son los manuales de instrucciones, infografía pedagógica, informes de empresa, infografía científica, infografía periodística, y finalmente, la infografía publicitaria. Cada una de estas áreas se describe a continuación.

Manuales de instrucciones.



93. Manual de instrucciones, *Cómo ponerse un chaleco salvavidas en un avión.*

Desde el momento que se requiero explicar cuidadosos procesos han dado origen de gráficos que informen acerca de las operaciones a realizar, haciendo que el usuario lo capte con facilidad el significado. Por ejemplo, aquellos folletos que contienen las partes de un aparato y los cuidados que requiere. Otro sería, los carteles que se muestran en los aviones sobre las instrucciones de seguridad, de cómo ponerse un chaleco salvavidas, en caso de requerirse. (Ver imagen 93).

Infografía pedagógica.

Esta es semejante al anterior campo, solo lo que difiere es su función pedagógica. Obviamente se encuentran también en manuales destinados a la enseñanza de diversas materias, donde, por otra parte, también aparecen infográficos idénticos a los de las enciclopedias (los que cumplen generalmente las mismas funciones).

Tendencias
Nuevos avances en el desarrollo de las energías renovables en España

Enchufados al Sol

El clima del sur y las primas impulsan la energía solar termoeléctrica en España

ANTONIO CORREAS
El Gobierno de España ha anunciado un plan de inversión de 2.000 millones de euros para impulsar la energía solar termoeléctrica. El plan prevé la construcción de 2.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, lo que permitirá generar 2.000 millones de kWh al año. Este plan de inversión se divide en dos fases: la primera, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, y la segunda, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el resto de España. El plan también prevé la construcción de 2.000 MW de capacidad instalada en el resto de España, lo que permitirá generar 2.000 millones de kWh al año. Este plan de inversión se divide en dos fases: la primera, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, y la segunda, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el resto de España.

Una instalación tan grande como 260 campos de fútbol

La planta solar termoeléctrica de Fuentesaucia, en Andalucía, es una de las más grandes del mundo. Con una capacidad instalada de 200 MW, la planta genera suficiente energía para abastecer a una ciudad de 100.000 habitantes. La planta está formada por 1.200 torres de helióstatos que reflejan la luz del sol en un receptor central, que calienta un fluido que genera vapor de agua. Este vapor de agua mueve un generador eléctrico que produce electricidad. La planta también incluye un sistema de almacenamiento de energía que permite generar electricidad incluso cuando no hay sol.

El clima del sur y las primas impulsan la energía solar termoeléctrica en España

El Gobierno de España ha anunciado un plan de inversión de 2.000 millones de euros para impulsar la energía solar termoeléctrica. El plan prevé la construcción de 2.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, lo que permitirá generar 2.000 millones de kWh al año. Este plan de inversión se divide en dos fases: la primera, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, y la segunda, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el resto de España. El plan también prevé la construcción de 2.000 MW de capacidad instalada en el resto de España, lo que permitirá generar 2.000 millones de kWh al año. Este plan de inversión se divide en dos fases: la primera, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, y la segunda, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el resto de España.

Generador es un proyecto de planta solar de torre central en Fuentes de Andalucía

La planta solar termoeléctrica de Fuentesaucia, en Andalucía, es una de las más grandes del mundo. Con una capacidad instalada de 200 MW, la planta genera suficiente energía para abastecer a una ciudad de 100.000 habitantes. La planta está formada por 1.200 torres de helióstatos que reflejan la luz del sol en un receptor central, que calienta un fluido que genera vapor de agua. Este vapor de agua mueve un generador eléctrico que produce electricidad. La planta también incluye un sistema de almacenamiento de energía que permite generar electricidad incluso cuando no hay sol.

Tendencias
Nuevos avances en el desarrollo de las energías renovables en España

Enchufados al Sol

El clima del sur y las primas impulsan la energía solar termoeléctrica en España

ANTONIO CORREAS
El Gobierno de España ha anunciado un plan de inversión de 2.000 millones de euros para impulsar la energía solar termoeléctrica. El plan prevé la construcción de 2.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, lo que permitirá generar 2.000 millones de kWh al año. Este plan de inversión se divide en dos fases: la primera, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, y la segunda, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el resto de España. El plan también prevé la construcción de 2.000 MW de capacidad instalada en el resto de España, lo que permitirá generar 2.000 millones de kWh al año. Este plan de inversión se divide en dos fases: la primera, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, y la segunda, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el resto de España.

Una instalación tan grande como 260 campos de fútbol

La planta solar termoeléctrica de Fuentesaucia, en Andalucía, es una de las más grandes del mundo. Con una capacidad instalada de 200 MW, la planta genera suficiente energía para abastecer a una ciudad de 100.000 habitantes. La planta está formada por 1.200 torres de helióstatos que reflejan la luz del sol en un receptor central, que calienta un fluido que genera vapor de agua. Este vapor de agua mueve un generador eléctrico que produce electricidad. La planta también incluye un sistema de almacenamiento de energía que permite generar electricidad incluso cuando no hay sol.

El clima del sur y las primas impulsan la energía solar termoeléctrica en España

El Gobierno de España ha anunciado un plan de inversión de 2.000 millones de euros para impulsar la energía solar termoeléctrica. El plan prevé la construcción de 2.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, lo que permitirá generar 2.000 millones de kWh al año. Este plan de inversión se divide en dos fases: la primera, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, y la segunda, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el resto de España. El plan también prevé la construcción de 2.000 MW de capacidad instalada en el resto de España, lo que permitirá generar 2.000 millones de kWh al año. Este plan de inversión se divide en dos fases: la primera, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el sur de España, y la segunda, de 1.000 millones de euros, para la construcción de 1.000 MW de capacidad instalada en el resto de España.

Generador es un proyecto de planta solar de torre central en Fuentes de Andalucía

La planta solar termoeléctrica de Fuentesaucia, en Andalucía, es una de las más grandes del mundo. Con una capacidad instalada de 200 MW, la planta genera suficiente energía para abastecer a una ciudad de 100.000 habitantes. La planta está formada por 1.200 torres de helióstatos que reflejan la luz del sol en un receptor central, que calienta un fluido que genera vapor de agua. Este vapor de agua mueve un generador eléctrico que produce electricidad. La planta también incluye un sistema de almacenamiento de energía que permite generar electricidad incluso cuando no hay sol.

94. Infografía periodística sobre calentadores solares, como nueva tendencia para generar energía.

Informes de empresa.

Las empresas grandes suelen producir con frecuencia informes anuales a sus directivos, socios o accionistas; otras empresas publican boletines para rendir cuenta de su gestión de los fondos de sus asociados, y es ahí donde se hace uso de gráficos como gráficas para representar dicha información.

Infografía científica.

En esta área la transmisión del conocimiento científico tiene que ser fácil de entender, por lo que han recurrido al uso de la infografía, donde puede haber variados niveles de iconicidad.

Infografía periodística.

En este sector, el principal aporte de las infografías es la posibilidad no sólo de ayudar a visualizar lo ocurrido o descrito, sino de incluir información secuencial, representando en un medio fijo acontecimientos que se han desarrollado en el tiempo, tal como las historietas. (Ver imagen 94).

Infografía publicitaria.

Es un medio que utiliza la publicidad para ventas de productos, especialmente, de aquellos que contienen módulos de visualización de datos.

PARTE 2. DESARROLLO DE LA INFOGRAFÍA E ILUSTRACIONES CIENTÍFICAS

Para el desarrollo de este proyecto se retomó la metodología del diseño, “Proceso creativo de solución de problemas” (1981) del diseñador industrial, Bernd Löbach. Quien considera “al proceso de diseño como el conjunto de posibles relaciones entre el diseñador y el objeto diseñado para que este resulte un producto reproducible



95. Bernd Löbach, diseñador industrial, fue quien propuso la metodología de diseño *Proceso creativo de solución de problemas*, en 1981.

tecnológicamente”. (Vilchis, 19, p.107).

Para que funcione el proceso, Löbach menciona que el diseñador, como productor de ideas, debe reunir la diversa información para poder solucionar el problema a diseñar; teniendo la creatividad como un elemento indispensable, lo que permitirá una correcta selección en los datos para aplicarlos en las situaciones pertinentes.

El proceso de diseño de Löbach se desarrolla en las siguientes constantes:

- En problema existente
- Se reúne la información sobre el problema, se valora y se relaciona creativamente
- Se desarrollan soluciones para el problema de acuerdo a los criterios establecidos
- Se realiza la solución más adecuada.

Cada constante es conocida como fases, las

cuales son desglosadas, indicando cada una de las actividades que el diseñador debe llevar a cabo.

Fase 1. Análisis del problema

Conocer el problema, será para el diseñador el punto de partida y motivación para el proceso de diseño. Es la tarea donde el diseñador efectuará la mejor solución, a partir de recopilación de todos aquellos datos que le atañen, los cuales contribuirán a la base de la respuesta final. Dentro de esta primera fase, Löbach separa los estudios que se deben considerar para hacer dicha tarea, los cuales se mencionan a continuación:

- Análisis de la necesidad. Consiste en estudiar cuantas personas estarían interesadas en la solución del problema.
- Análisis de la relación social. Se analiza que relaciones puede contraer el posible usuario con el objeto.
- Análisis de las relaciones con el entorno. Se considera todas relaciones reciprocas pensables entre la posible solución y el entorno en que deberá utilizarse. Con ello se trata de efectuar un pronóstico de todas las circunstancias y situaciones a las que estará expuesto el producto durante su vida. Por su parte, se analizan las acciones del entorno sobre el producto (condiciones meteorológicas, ensuciamiento, etcétera); por otra, las acciones del producto sobre el entorno (efecto de señal, sobrecarga del entorno, etc.) (Löbach, 1981, p. 141).
- Análisis de desarrollo histórico. Puede ser interesante este análisis para un determinado diseño del objeto, con la finalidad de extraer datos para un desarrollo nuevo.
- Análisis del mercado. Se contemplan todos los productos semejantes al que se está por resolver, para tener una comparación, puntos de referencia que permitirán al diseñador estructurar las características y una mejora de

su objeto.

- Análisis comparativo del producto. En este apartado se debe representar estados reales de los productos existentes, permitiendo visualizar los defectos y valores que tienen, para que así se obtenga mejoras para el producto a desarrollar.

Para tener una mejor comparación del objeto a diseñar hay dos procesos que permiten estudiar las semejanzas y diferencias entre los productos existentes: el análisis funcional y estructural.

- Análisis de la función. Este proceso nos permite efectuar un análisis más profundo, pues nos da la información respecto al tipo de función técnica de un producto. Por lo tanto, es un método para la estructuración de los recursos funcionales del producto que se observarán a través del contenido. En este caso, nos permitirá comprender si los recursos funcionales que se emplearon en el contenido gráfico, transmite el mensaje deseado.
- Análisis de configuración. “Consiste en hacer el estudio de la apariencia estética de los productos existentes/con el fin de poder sacar conclusiones encaminadas a una nueva configuración. Establece todas las características de la configuración de un producto y compara sus posibles variantes”. (*Ibidem*, p.144)
- Análisis de materiales y procesos de fabricación. Se consideran los posibles.
- Análisis de elementos de distribución. Se revisan los aspectos como montaje, servicio al cliente y mantenimiento.

Una vez que se haya definido el problema, se valora y clasifican los factores que intervienen en la solución.

Fase 2. Solución al problema

Después de haber hecho el análisis del problema



96. Polinizadores. Murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuena*) polinizador del agave. Foto de Marko Tschapka.

Colibrí garganta rubí (*Archilochus colubris*) polinizador de flores en plantas bajas o en árboles.

102

se llega la conclusión de condiciones, aquí es donde el diseñador empieza con la fase creativa, ya que debe seleccionar el procedimiento para la solución ideada. Este proceso implica elaborar diversas posibilidades para resolver el problema en cuestión, por lo tanto, es fundamental que se dibujen bocetos, o bien, se hagan modelos de prueba.

Fase 3. Valoración de las soluciones del problema

En este paso es donde se hace una evaluación minuciosa de las alternativas presentadas entre las que se elige la opción más adecuada que responderá al objetivo deseado.

Fase 4. Realización de la solución al problema.

Es aquí donde se debe generar una respuesta a la problemática. Se deben afinar los más mínimos detalles con dibujos y explicaciones gráficas necesarias. Una vez realizado el Proceso creativo de solución de problemas de Bernd Löbach, en seguida se usará lo obtenido para el desarrollo

de la infografía e ilustración científica de la abeja *Melipona beecheii*.

FASE 1. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO, LA CRISIS DE LA ABEJA MELIPONINABEECHEII (NECESIDAD/ PROBLEMA) EN EL INSTITUTO DE ECOLOGÍA DE LA UNAM

La Dra. Clementina Equihua, del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México, quiere dar a conocer uno de los problemas que se está presentando con emergencia en el planeta, *La crisis de polinizadores*.

Es cierto que existen diferentes animales como polinizadores, que ayudan a la producción de frutos en muchas plantas y con este intercambio contribuyen a mantener la diversidad genética en las especies. (Ver imagen 96). De tal modo, son esenciales en nuestro ambiente como el caso de las abejas, que es un grupo de especies relevante en la tarea de la polinización, ya que se estima que cerca de 73% de las especies

vegetales cultivadas en el mundo y más de 75% de la vegetación mundial son polinizadas por ellas.

Es de suma importancia dar a conocer las causas, consecuencias y soluciones a dicha crisis; con el objetivo de evitar que se extingan las abejas y otras especies polinizadoras. En la presente tesis, el animal a presentar será la abeja, pero en específico, la abeja *Meliponina beecheii*, la cual se caracteriza por no tener aguijón y por ser una especie nativa de México, también, porque tiene un valor cultural y sagrado para la cultura Maya. Por medio de la ilustración científica, en una infografía se representará dicha necesidad, lo que permitirá a las personas conocer y entender de manera fácil a esta especie.

DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PÚBLICO INTERESADO A LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE LA CRISIS DE LA ABEJA MELIPONINA BEECHEII (ANÁLISIS DE LA NECESIDAD)

El público interesado en dar una solución a la crisis de la abeja *Meliponina beecheii* son, en mayor medida, los estudiantes universitarios y personas inclinadas por la naturaleza, además de las personas que habitan al sur de la República mexicana.

Los estudiantes universitarios se caracterizan por ser socialmente responsables, es decir, que la tolerancia, la inclusión social y el cuidado por el medio ambiente son fundamentales para ellos, resaltando de este último punto el interés por llevar a cabo acciones en beneficio del planeta. De modo que, la infografía sobre la abeja *Meliponina beecheii* será de gran interés.

En cuanto al segundo grupo, las personas inclinadas por la naturaleza, tienen como objetivo el cuidado del medio ambiente. Este grupo de personas pueden ser científicos como los biólogos, personas civiles, hasta activistas, a quienes les gustará la información a presentar en la infografía del presente trabajo.

Con respecto al último grupo, las personas que viven en el sur de México ya tienen más conocimiento de dicha especie, pero lo aquí presentado les permitirá valorar más a la abeja *Meliponina beecheii*.

ANÁLISIS DEL ENTORNO EN DONDE SE EXPONDRÁ LA INFOGRAFÍA CON LAS ILUSTRACIONES DE LA ABEJA MELIPONINA BEECHEII (ANÁLISIS DE LA RELACIÓN SOCIAL Y LAS RELACIONES CON EL ENTORNO)



97. Estudiantes universitarios y activistas ambientales.



98. Infografía sobre el edificio Göbekli Tepe de Fernando Baptista.

La infografía será un medio gráfico con el que el usuario podrá tener un contacto fácil y rápido a la información mostrada, asimismo, adquirirán conocimientos específicos de la abeja Maya que se podrán compartir con otros interesados al tema.

Se pretende mostrar la infografía en redes sociales, como la página de *Facebook* del Instituto de Ecología, así como en la revista digital *Oikos*, de la misma institución. Siendo así que, los lugares en los que se expondrá no tienen ningún factor natural (condiciones meteorológicas) que lo alteren, sin embargo, al ser una plataforma digital como desventajas se encuentra la lenta velocidad de carga para la transmisión de datos, la no interacción directa con un usuario y la poca privacidad con los archivos. Estos son los

factores que podrían afectar la visualización de la infografía.

DESARROLLO HISTÓRICO DEL DISEÑO DE LA INFOGRAFÍA (ANÁLISIS DE DESARROLLO HISTÓRICO)

En la actualidad, la sociedad desde que se despierta hace uso de la radio, la televisión, el teléfono móvil, el ordenador, y con ellos se conecta a internet. Todas estas herramientas han tenido un gran impacto en nuestra mente, en nuestro comportamiento, en la forma de ver la vida, es decir, han ocupado el tiempo libre que teníamos, y ahora forman parte de nuestras actividades diarias, logrando un proceso de adaptación a ellas.

A partir de este contexto, es que se da la necesidad de generar un diseño visual de datos, donde se simplifique la información compleja, usando un lenguaje coloquial; logrando que las personas obtenga una información más fácil y, por tanto, lo puedan procesar fácilmente.

“En el futuro, será importante conectar el pensamiento con la información y despejar la información no válida; las formas de pensar basadas en la visualización de la información serán la tendencia...” (Parramón Ediciones, 2015, p. 4). Todo esto da como resultado que el diseñador, y comunicador visual, deba aprender a relacionar el cerebro y el pensamiento, deberá entender los métodos de análisis de datos, además de aprender a transmitir la información con una sola imagen, obteniendo así la infografía.

Es así que podemos definir a la infografía como la representación diagramática de datos. Para tener una definición más extensa se cita lo siguiente: “una aportación informativa, elaborada en el periódico escrito, realizada con elementos icónicos y tipográficos, que permite o facilita la comprensión de los acontecimientos, acciones o cosas de actualidad o algunos de sus aspectos más significativos y acompaña o sustituye al texto informativo” (Sancho, 2000 y Cairo, 2008, p.21). Cabe mencionar, que la infografía no tiene que ser, solamente, publicada en un periódico para ser considerada como tal. (Ver imagen 98).

BÚSQUEDA DE INFOGRAFÍAS Y/O CAMPAÑAS, LIBROS, REVISTAS, VIDEOS EN INTERNET SOBRE LA CRISIS DE ABEJAS SIN AGUIJÓN (ANÁLISIS DEL MERCADO)

La divulgación sobre el riesgo de extinción de las abejas, a través de las redes sociales, páginas web y blogs, está permitiendo que las personas se enteren más fácilmente sobre dicha

problemática. Se ha observado que es un medio de comunicación efectivo, siendo el de mayor uso en los últimos días, son muy pocos los que utilizan algún otro medio para difundir esta información.

En una de las principales redes sociales del momento, *Facebook*, se encontró la siguiente publicación:



Cultura colectiva es una empresa que a través de su página de *Facebook* se dedican a difundir información en relación entre el arte y la cultura por medio de videos, imágenes y artículos. En este caso por mencionar, Cultura colectiva comenzó a circular una infografía sobre la gran problemática que las abejas actualmente están teniendo, bajo el post de *¿Qué puedes hacer para evitar que las abejas se extingan?* Esta infografía contiene lo siguiente:

- Como encabezado: ¡Las abejas se están extinguiendo!
- En el resto de la infografía se menciona

la importancia de las abejas en el planeta, asimismo se sugiere cómo se puede evitar que se extingan las abejas en cinco pasos.

- Claramente, vemos que las ilustraciones empleadas son muy sencillas y muy lejanas a lo que es una abeja realmente. Sin embargo, se entiende que es una abeja ya que es una representación que nos enseñaron desde niños.

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad es (CONABIO) es una comisión del gobierno de México creada con el fin de difundir, promover, y apoyar actividades relacionadas a la biodiversidad del país. Por medio de su página de *Facebook* compartió un evento donde invitaba a la comunidad a asistir a la exposición *La magia de los polinizadores* (100), la cual mostró la importancia de estos animales como polinizadores, como en el caso de las abejas. También, han mostrado videos donde se puede apreciar más de cerca cómo los polinizadores llevan a cabo esta valiosa labor; acompañados de una breve introducción y de un *hashtag* que le da un mayor soporte a la

publicación.

Por otra parte, CONABIO junto con REEDUCA, están colaborando en un proyecto con varias escuelas de la Ciudad de México, el Estado de México y Querétaro, para la creación de jardines para los polinizadores, utilizando plantas nativas. De esta manera, los polinizadores que visitan aquellos jardines son registrados en la plataforma Naturalista (espacio donde se comparten fotografías de plantas y animales de México y del mundo para aumentar el conocimiento de la biodiversidad). (Ver imagen 101).

Por otro lado, *Entrópica* es un colectivo de científicos, comunicadores y artistas visuales que a través de historias semanales sobre temas ambientales pretenden crear un vínculo con la naturaleza para así poder apreciarla. (Ver imagen 102).

En esta misma página, publicaron la fotografía de un abejorro (que es otro de los insectos que polinizan, igualmente que las abejas, que pertenecen a la misma subfamilia *Apinae*)

106



100. *La magia de los polinizadores* evento por CONABIO.



101. Jardín para polinizadores, proyecto de CONABIO y REEDUCA.



102. Perfil de la página Entrópica.



103. Fotografía de Facebook para salvar a las abejas.

108

resaltando su importancia vital como polinizador. Entre otras de las actividades que se encontró en Facebook, es una publicación donde se trata de crear conciencia en las personas a través de una ilustración acompañada de la siguiente frase: «Una vez que la abeja desaparece de la tierra, el hombre solo tiene cuatro años de vida. No más abejas = no más polinización = no más plantas = no más animales = no más humanos». (Ver imagen 103).

Por otro lado, también se encontró la campaña *Salvar las abejas* por parte de Greenpeace, esta campaña la realiza desde el 2014. Esta iniciativa se ha empleado en diferentes países para promover el cuidado de las abejas, así como la reducción en el empleo de agroquímicos en los sembradíos. Asimismo, ha hecho spots para concientizar a las personas sobre las consecuencias de que las abejas desaparecieran completamente. (Ver imagen 104).

Existe una compañía llamada *Pollinator/Partnership* con el eslogan *Protect their. Preserve ours*, que tiene como misión promover la salud de

Greenpeace lanza una gran campaña para "Salvar las Abejas"

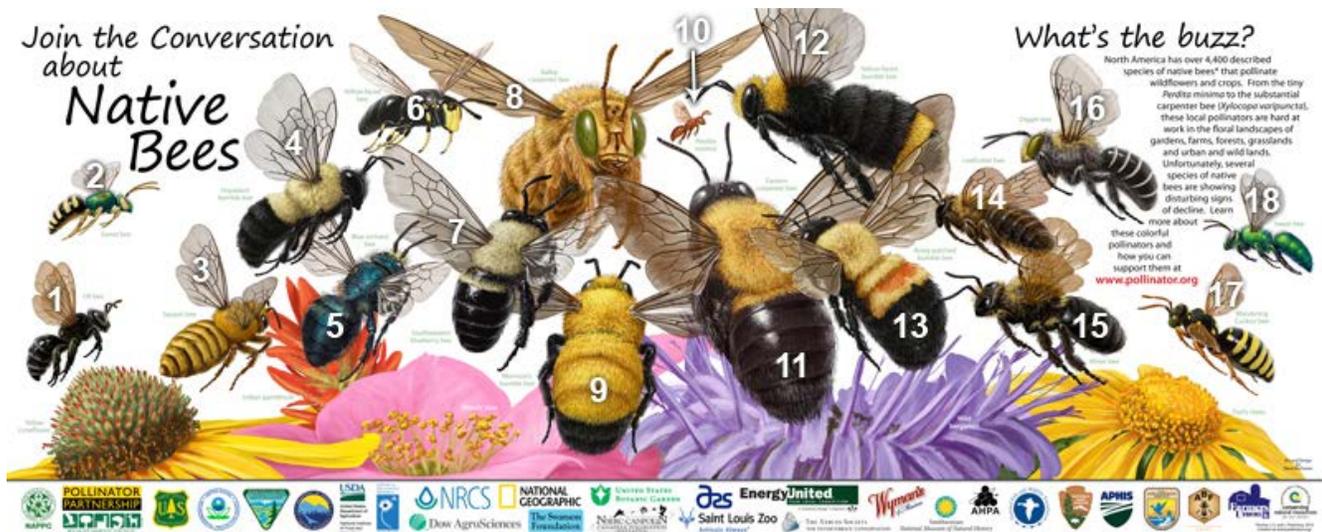
Actualidad | Plaguicidas

La organización Greenpeace ha lanzado una campaña coordinada con diversas acciones encaminadas a "Salvar las abejas" con un gran despliegue de medios y apoyada en informes y estudios que

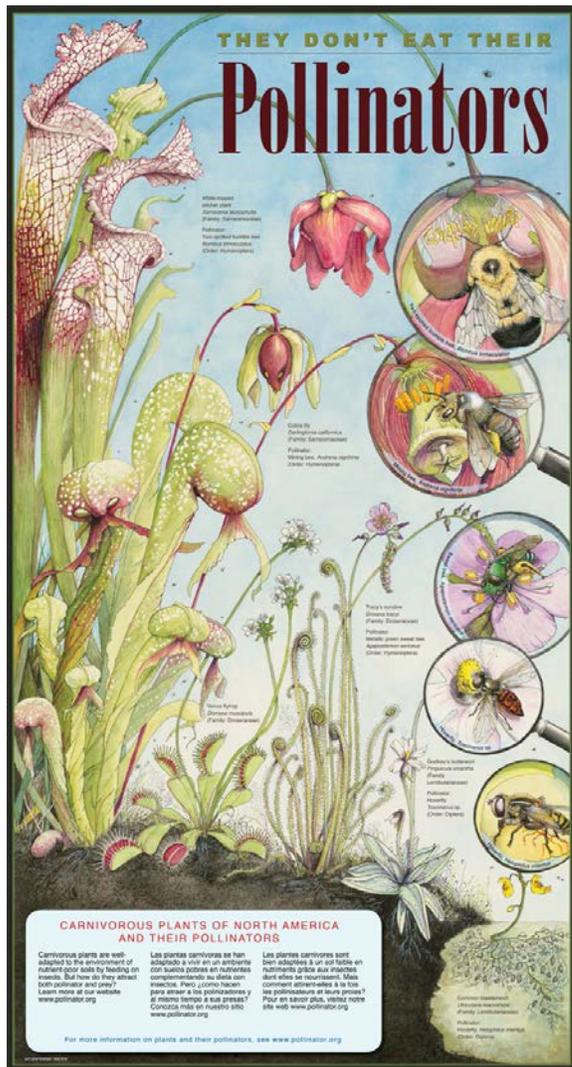
104. Campaña *Salvar las abejas* por Greenpeace.

los polinizadores, hace críticas a la alimentación y los ecosistemas, a través de la conservación, la educación y la investigación.

Ellos promocionan libros, folletos, carteles,



105. Póster de abejas nativas por la compañía Pollinator/Partnership.



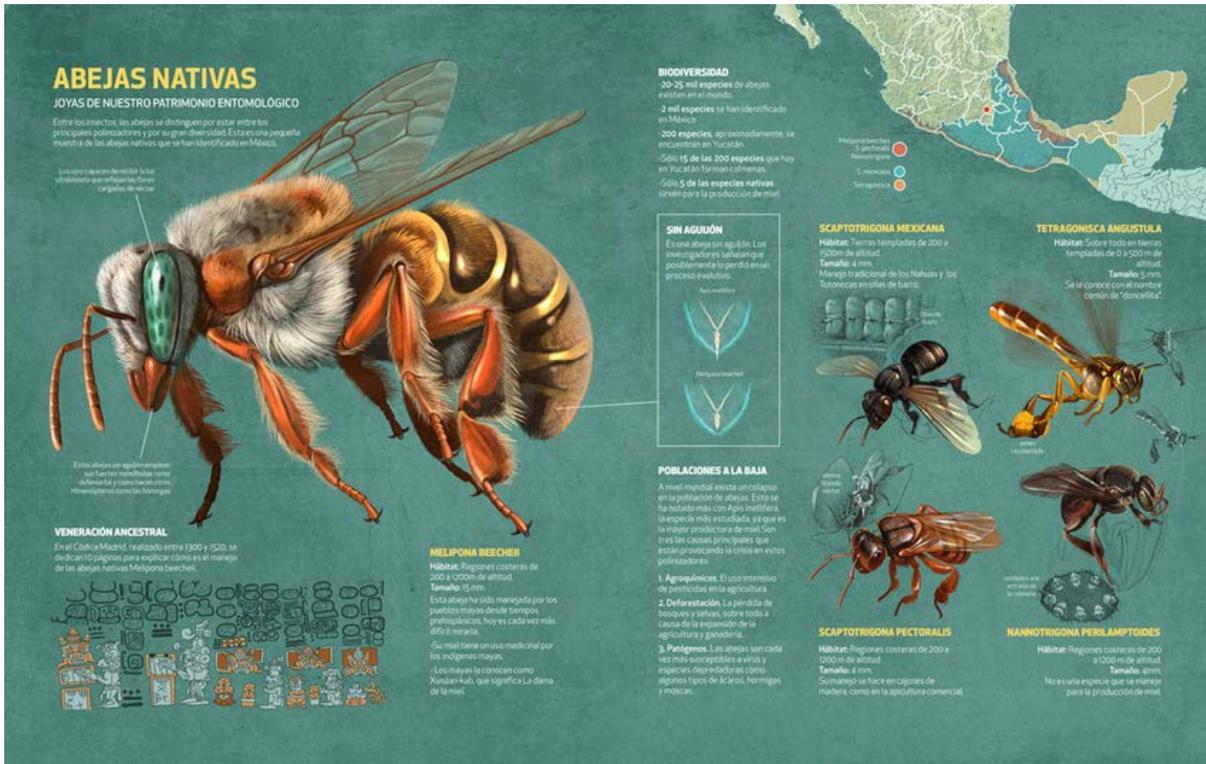
106. Pósters *Ellos no comen a sus polinizadores* por la compañía Pollinator/Partnership.

tarjetas, aplicaciones, etc., los cuales contienen información relacionada con las abejas como polinizadores, éstas van desde los árboles que habitan hasta el tipo de abejas nativas que existen en el planeta. Todas las iniciativas de esta firma incluyen la NAPP (Campana de Protección de Polinizadores de América del Norte), la Semana Nacional sobre polinizadores, y las guías de plantación ecorregionales. Pollinator/Partnership. (1996). (Ver imágenes 105 y 106).

109

Por otro lado, *Domestika* es una red online donde se ofrecen diferentes cursos que van desde dibujo hasta animación, estos van dirigidos a creativos artísticos, donde una vez finalizado el curso el usuario debe mostrar su trabajo final, a través de su sesión. Como ejemplo, en esta página se encontró la sesión de Ramón García Mora, su trabajo fue publicado en noviembre del 2014, se trata de una infografía sobre las *Abejas meliponas*. En dicho trabajo se pueden apreciar cinco especies de las abejas sin aguijón en la zona sur de México con sus propias características. (Ver imagen 107).

Entre las infografías de abejas que se encontraron, están las siguientes, (ver imágenes 108 ,109, 111, 110):



107. Infografía sobre las *Abejas meliponas* por Ramón García Mora.

110



108. Importancia de la polinización para los cultivos por SAGARPA.

LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN EL MUNDO



Para 2050 la producción global de alimentos debería aumentar entre 70-100% para cumplir con las necesidades en el mundo.



24%

En 2008 las ventas de neonicotinoides superaron los 1.500 millones de euros, correspondiendo al 24% del mercado de insecticidas.



La tercera parte de la comida de la humanidad requiere de polinización por abejas, alcanzando en algunos lugares el 80%.



En Colombia plantas de importancia económica para exportación y consumo interno como el café, el cacao, el aguacate, la naranja, el mango o la gulupa, entre muchas otras, necesitan ser polinizadas.



800

Millones de personas
En el mundo estaban subalimentadas en 2016, es decir, el doble de la población de Sudamérica.

3,4

Millones de personas
Según la FAO, entre 2014 y 2016, en Colombia más de 3,4 millones de personas estaban en condición de subalimentación.



50%

Hoy existe un 50% menos de colmenas de abejas en Estados Unidos que en la mitad del siglo pasado.



80%

Cerca del 80% de las plantas silvestres con flor dependen de insectos polinizadores.



110. Infografía sobre la Seguridad alimentaria en el mundo.

LA IMPORTANCIA DE LAS ABEJAS

Las abejas, más allá de proveer la miel, son parte importante del medio ambiente, pues son un factor decisivo en la producción de ozono, oxígeno y alimento de las especies animales; lo que deja ver que la frase "si la abeja desapareciera del planeta, al hombre sólo le quedarían 4 años de vida", no es tan descabellada, pues su extinción, rápidamente disminuiría no sólo nuestras fuentes de alimento, sino también nuestro oxígeno... ¿Qué sabes de las abejas?



antártida

Es el único continente donde no se encuentra ninguna especie de abeja

su actividad

Recolección de polen (como alimento) y néctar (como material energético)



características:

Son insectos sociales y colaboradores. En las colmenas hay tres tipos



reina



obrero



zángano

- REINA: Sólo una por colmena, pone huevecillos para las nuevas generaciones.
- OBRERA: Recolecta el polen y néctar, construyen la colmena.
- ZÁNGANO: Machos, viven y comen en la colmena. No trabajan y fecundan a la reina.

sus productos



- Consumir miel natural es más sano que comer azúcar refinada
- La miel puede calmar la tos, cicatrizar heridas e incluso suavizar la piel

Jalea real - propóleo - polen - cera

Los productos generados por las abejas, son ocupados no sólo para su alimentación, sino también para su calidad de vida. Por ejemplo, la cera es utilizada para construir su colmena y la jalea real para ayudar a la fertilidad de la reina.

su importancia

 **60%**
DE LAS FRUTAS Y VERDURAS DEL CONSUMO DIARIO, DESAPARECERÍAN

70% 
DE LOS CULTIVOS DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS EN EL MUNDO, SON POLINIZADOS POR LAS ABEJAS

25,000 ESPECIES DE PLANTA CON FLORES, SON POLINIZADOS POR LAS ABEJAS
PARA PRODUCIR UN KILO DE MIEL, LAS ABEJAS DEBEN VISITAR 10 MILLONES DE FLORES
UNA ABEJA VUELA EN SU VIDA 800 KM Y PRODUCE SOLO 1/2 CUCHARADITA DE MIEL
UNA COLMENA PUEDE POLINIZAR 250 MILLONES DE FLORES

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MATERIALES GRÁFICOS SOBRE LA CRISIS DE LAS ABEJAS POR DESAPARECER

Analizando las diferentes infografías que se encontraron en la web, se puede observar que la información que se presenta sobre la abeja, en general, es muy semejante. Por otro lado, en cuanto a la paleta cromática, esta sí difiere un poco; sin embargo, los colores principales en todos los materiales gráficos fue el color amarillo y negro, esto se debe a la asociación de dichos colores con esta especie.

Respecto a los elementos gráficos hay una variedad de estilo, así como de representaciones, pues se encontraron desde gráficos realistas hasta ideas muy estilizadas. A continuación, se presenta unas tablas comparativas, donde se observa, de manera más específica, las conclusiones mencionadas. (Ver las tablas 5 ,6 y 7).

MATERIALES PARA LA EJECUCIÓN DE LA INFOGRAFÍA E ILUSTRACIONES CIENTÍFICAS. (ANÁLISIS DE MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN)

Los materiales que se usarán para la elaboración de la infografía serán los siguientes:

- Portaminas y minas de grafito
- Goma de migajón y goma plástica
- Papel para bocetar
- Mesa de luz
- Acuarelas, lápices de colores y gouache.
- Pinceles
- Estilógrafos
- Papel de algodón
- Computadora

En el caso de las ilustraciones, los materiales antes mencionados permitirán la realización de los primeros bocetos de las ilustraciones, hasta llegar a los bocetos finales; los cuales serán intervenidos por acuarelas, lápices de colores y guache para dar color, textura y volumen a las especies que presentare en la infografía. Posteriormente, se digitalizarán las ilustraciones a una resolución de 300 ppx (ppi) en formato jpg (Joint Photographic Experts Group, por sus siglas en inglés), para que en un programa de

Tabla 5. Contenido textual en los carteles, infografías y los posts de redes sociales.

Información publicada	Información no publicada
<ul style="list-style-type: none"> •Están en riesgo de desaparecer. •Las abejas están amenazadas por los pesticidas. •Su valor en la polinización. •Los problemas de alimentación como consecuencia si se extinguen las abejas. •Las diferentes especies de abejas. •Sugerencias de jardines para polinizadores, como alternativa para el rescate de los polinizadores. •Y las plantas que visitan para polinizar las abejas. 	<ul style="list-style-type: none"> •Información más específica sobre la abeja <i>Meliponina beecheii</i> como: su valor cultural, las propiedades curativas que tiene su miel, las flores que poliniza, entre otras. •Otras amenazas que están provocando que estén descendiendo sus poblaciones. •Los beneficios que dan al momento de polinizar. •Y otras funciones importantes que tienen en su hábitat natural.

Tabla 6. Contenido cromático

Paleta cromática utilizada	
<ul style="list-style-type: none"> • Colores cálidos: amarillo y naranjado • Colores fríos: azul, verde y gris • Colores neutros: negro y blanco 	<ul style="list-style-type: none"> • Colores cálidos: amarillo y café • Colores fríos: variación de tonos de verdes

Tabla 7. Contenidos gráficos

Gráficos publicados	Gráficos para la propuesta nueva
<ul style="list-style-type: none"> • Fotografías (gráfico realista) • Ilustración a mano (gráfico realista) • Ilustración con técnica digital • Caricatura • Gráficos estilizados • Gráficos simples 	<ul style="list-style-type: none"> • Ilustración a mano (gráfico realista) • Gráficos estilizados • Gráficos simples



112. Edición fotográfica de la ilustración del Botoncillo en el programa de *Photoshop*.

edición fotográfica, *Photoshop*, se puedan limpiar y eliminar de la imagen lo que no se requiere. (Ver imagen 112).

El resto de los elementos gráficos que estarán en la infografía (hechos previamente en los bocetos) serán realizados con vectores, con el

programa *Illustrator*. Y en ese mismo programa, se construirá la infografía final, es decir, se hará la composición de diseño más adecuada a la propuesta objetiva, donde se ubicarán las ilustraciones, los gráficos, fuentes tipográficas (texto) y la paleta cromática.

FASE 2. SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

SELECCIÓN DE INFORMACIÓN PARA PRESENTAR EN LA INFOGRAFÍA

En esta parte, se llevará a cabo el proceso de selección de datos que se empleará en la infografía final, basándose en algunos de los pasos que muestra la metodología expuesta en el libro *Presentaciones de infografías y datos*, de Parramón ediciones. De igual modo, al tener la información final, ayudará a plantear concretamente, la composición visual de la infografía y la de las ilustraciones.

• MARCO INFORMATIVO Y MAPAS MENTALES

Ver imagen 113 Mapa mental sobre *Melipona beecheii*.

• PROCESADO DE DATOS AUDITORIA

De la auditoria resultaron los datos atípicos de la especie de abeja a tratar, así como sus cualidades y su valor cultural. Como factor

temporal, resultó que algunas de las amenazas databan desde la llegada de los españoles, por lo que fueron descartadas.

FILTRADO Y CLASIFICACIÓN

El resultado fue el siguiente:

Nombre científico: *Melipona beecheii* Bennett

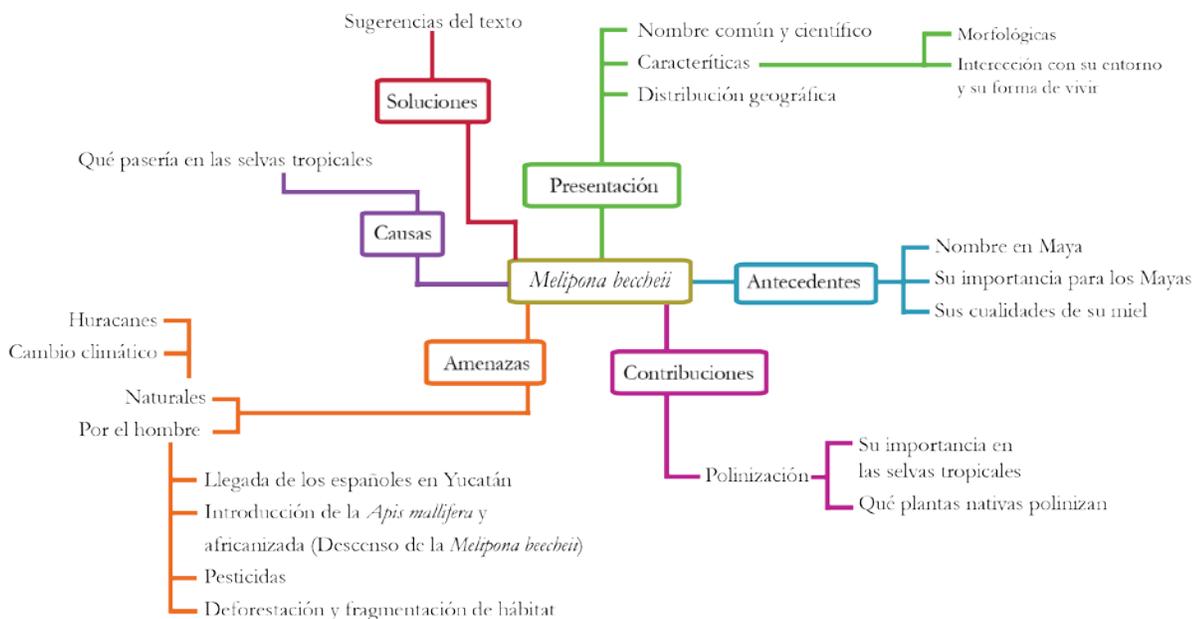
Nombre común: Abeja maya

Características: morfológicas y generales

Características morfológicas

En cuanto a las características morfológicas (este apartado será representado con una ilustración) destacan que es una abeja robusta, parecida a la *Apis mellifera*, de talla grande de aproximadamente 9.7 a 10.7 mm de largo, de color negro en la mayor parte del cuerpo y anaranjado, con franjas amarillas en el abdomen; mechones muy densos de pelos anaranjados-rojizos, patas de color negro. Alas transparentes menores que la longitud del abdomen. (Ayala, 1999, citado por Guzmán,

116



113. Mapa mental sobre *Melipona beecheii*.

Balboa, Vandame, Albores y González, 2011, p.14).

Por otro lado, Sotelo (2016) señala que:

La *Melipona beecheii* mide de 10 a 11 mm de largo. Su abdomen es negro con cinco anillos transversales de color amarillo verdoso que termina de forma redondeada. Sus alas, cuando están en reposo, no rebasan la punta del abdomen. Los ojos de estas abejas son de color gris-verdoso. En su tórax tienen vellosidades blancas, que se tornan naranja en el nacimiento de las alas. Tienen tres pares de patas naranja o marrón y el tercer par tiene la tibia negra, además están cubiertas de pelos.

Características generales

Con respecto a las características generales, se tiene que a abeja *Melipona beecheii* Bennett se caracteriza por tener el aguijón atrofiado, defendiéndose con mordiscos en la piel; arrancando el pelo; introduciéndose en los ojos, nariz y orejas del intruso o expulsando sustancias ácidas.

Estas abejas tienden a ser muy dóciles, además de excelentes polinizadoras de las flores, de plantas nativas, y de las cultivadas en los ecosistemas donde habitan.

Es una abeja que vive en colonias permanentes con una reina y varias docenas o miles de obreras (varía con respecto a otras especies), lo que la hace altamente social. Sus nidos los forman en cualquier cavidad aprovechable, como en los orificios de troncos de árboles e incluso en los nidos abandonados de escarabajos o nidos vivos de termitas y hormigas.

Distribución geográfica

La abeja *Melipona beecheii*, en México, vive en la Península de Yucatán. Aunque el humano ha distribuido dicha especie, ampliamente en las

zonas costeras de México, desde Veracruz por el Golfo y Jalisco-Michoacán por el Pacífico mexicano.

Nombre en maya yucateco

Xuman Kab o *Ko'olel Kab*, que significa “señora abeja”.

Valor cultural

La *Xuman Kab* es una abeja sagrada para los mayas por su origen, historia, destino, ámbito y residencia. Fue una abeja que se domesticó y se crió por los antiguos mayas, en troncos huecos llamados “jobones” en donde hacen sus colmenas, los cuales eran reguardadas únicamente por el Dios *Ab Mucen Kab* (el que vigila la miel), dios de la miel. Esto, se sabe gracias al Códice Trocortesiano o Códice de Madrid.

Cualidades de su miel

La miel de esta abeja era apreciada por los mayas debido a sus cualidades curativas y nutricionales; la utilizaban para trastornos del aparato respiratorio, digestivo, circulatorio e inmunológico. Así como, para enfermedades de los ojos, oídos, piel, boca y órganos internos. También era usada para calmar fiebres, y en remedios por picaduras o mordeduras de artrópodos y vertebrados venenosos como lagartos o serpientes.

Contribuciones a la flora

La polinización es un proceso vital para el mantenimiento de la biodiversidad en la Tierra. De ella depende la reproducción de cerca de 90% de las plantas con flor, mismas que desaparecerían si sus visitantes no las polinizaran. (Arizmendi, 2009, p. 1)

Las abejas sin aguijón polinizan el 30 y 40% de las especies vegetales, lo que se señala su vital importancia para el mantenimiento y sobrevivencia de las selvas tropicales.

¿Qué plantas polinizan?

Tabla 8. Plantas que poliniza la abeja

Melipona Beecheii.

Especie	Nombre común
<i>Bixa orellana</i>	Achiote
<i>Capsicum chinense</i>	Chile habanero
<i>Delonix regia</i>	Framboyán
<i>Melanthera aspera</i>	Botoncillo
<i>Solanum nigrum</i>	Tomatillo del diablo

Amenazas

Anteriormente, los recursos florales y las selvas relativamente intactas de la Península de Yucatán, garantizaba la multiplicación de las colonias y supervivencia de las abejas *Melipona beecheii*. Gracias a que existían numerosos árboles con troncos de gran diámetro, donde este tipo de abejas suelen anidar de forma silvestre. De igual manera, la gran diversidad de especies vegetales características de las selvas, les proporcionaba un abundante sustento alimenticio para las colonias.

Desafortunadamente, las actividades humanas como: la deforestación y fragmentación de hábitat, la invasión de vegetación secundaria y de la apicultura; han modificado y alterado al ecosistema, lo que ha provocado el descenso de la población de las abejas *Xunan Kab*.

Consecuencias

Sin duda alguna, el problema que se daría por la extinción de la abeja *Xunan Kab*, y en general la de los meliponinos, es la gradual desaparición de plantas silvestres y comerciales, pues estas ya no serían polinizadas por dichos insectos. Su presencia, además contribuye a la conservación del equilibrio ecológico en los trópicos

Soluciones

Informar a la población de lo que está sucediendo, así como orientarlos en maneras para poder ayudar a esta especie, y evitar el descenso de las poblaciones de abejas en general, y de las *meliponas* en particular. Por lo tanto, se recomienda:

- No eliminar árboles de gran diámetro, pues son lo que usan para anidar.
- En las ciudades hacer jardines con plantas destinadas para la polinización de abejas y otras especies.
- No usar plaguicidas en medida de lo posible.
- Hacer cultivos sustentables y preferir productos orgánicos.
- Fomentar el uso de especies vegetales nativas.
- Impulsar la idea de que los polinizadores son servidores ambientales importantes para mantener la biodiversidad.

Entre las opciones que se pueden considerar para evitar la pérdida de este tipo de abejas y por consiguiente de la meliponicultura Villanueva, Roubik, Colli-Úcan y Forsythe (2003, p. 34 y 35) recomiendan:

- Instruir a los meliponicultores en el uso de las cajas racionales, este tipo de cajas facilitan la revisión y multiplicación de las abejas.
- No es recomendable colocar colmenas de abejas africanizadas cerca de colonias de *Xunan Kab*. Se deberían crear regulaciones concernientes a la distancia mínima que debe de haber entre colonias de abejas *Xunan Kab* y colmenas de *Apis mellifera* de cualquier tipo.
- Propiciar el establecimiento de áreas protegidas con árboles de gran diámetro, que permitan la crianza y explotación de la *Xunan Kab*.
- Mayor investigación de las propiedades fisicoquímicas de la miel de *Melipona beecheii*. Es importante corroborar científicamente las propiedades medicinales que se les atribuyen.

- Investigar posibilidades de mercado.
- Difundir información a los meliponicultores sobre las medidas que deben tomar para proteger las colonias de *Melipona beecheii* para ser vendidas entre los mismos meliponicultores.
- Establecimiento de una normatividad de la calidad de la miel de abejas sin aguijón, principalmente, de la de *Xunan Kab*.

•COMPRESIÓN DE LA INFORMACIÓN ETIQUETA DEL TEMA

- *Melipona beecheii* Bennet= **La abeja maya de Yucatán** o *Melipona beecheii* Bennet: la abeja nativa de la Península de Yucatán. (Título principal).
- Ubicación geográfica= **¿Dónde viven?**
- Antecedentes= El pasado de la abeja maya, **La veneración de la abeja maya**, Admiración en el pasado o Miel sagrada.
- Contribuciones= Polinizando selvas o **Mensajeras de plantas**.
- Amenazas= La abeja maya bajo riesgo, Bajo amenaza o **La amenaza de la abeja maya**.
- Causas= ¿Qué pasará con la abeja maya y con la selva? o **Las consecuencias...** Soluciones= ¿Cómo ayudar?, Rescatando a la abeja maya o **Cuidemos a la abeja maya**. (Propuestas para los subtemas).
Nota: los títulos en negritas fueron los elegidos.

DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La abeja maya (*Melipona beecheii* Bennett)

Es una abeja dócil y social que vive en colonias en troncos huecos, llamados *jobones* de árboles.

No pican porque tienen su aguijón atrofiado, se defienden por mordiscos en la piel; arrancando pelo; introduciéndose en los ojos, nariz y orejas del intruso o expulsando sustancias ácidas. (Texto introductorio).

¿Dónde vive?

Es una especie que vive en la Península de Yucatán, sin embargo ha sido distribuida ampliamente en las zonas costeras de México, desde Veracruz por el Golfo y Jalisco-Michoacán por el pacífico mexicano (representado con un mapa).

Mide entre 10 a 11 milímetros de longitud. (Este enunciado irá con la ilustración de la abeja *Melipona beecheii* Bennett donde se verá su descripción morfológica).

Conocida también como *Xunan Kab*, significa “señora abeja”, en maya yucateco. (Este enunciado irá alrededor de la ilustración de la abeja *Melipona beecheii* Bennett).

EXPLICACIÓN

La veneración de la abeja maya

En el Códice de Madrid, hay registros de la domesticación y crianza de ésta abeja por parte de los antiguos mayas, en jobones, reguardados por el dios de la miel *Ab Mucen Kab*. La miel para los mayas era, y es apreciada, por sus cualidades curativas y nutricionales. (Representación dios de la miel).

Mensajeras de las plantas

Polinizan el 30 al 40% de las especies vegetales de los ecosistemas en donde vive, lo que señala su vital importancia para el mantenimiento y sobrevivencia de las selvas tropicales.

Polinizan plantas como: Achiote, Botoncillo, Framboyán, Chile habanero y Tomatillo del diablo, entre otras.

(Ilustraciones de las flores)

La amenaza de la Abeja maya

Las siguientes actividades han provocado el descenso de las poblaciones de las *Xunan Kab*.

Apicultura (crianza de abejas europeas), deforestación y fragmentación del hábitat, uso de pesticidas, ganadería extensiva, cambio climático e invasión por vegetación secundaria. (Representación con diagramas ilustrados las amenazas)

Las consecuencias...

Sin duda alguna, se daría la extinción de la abeja maya, además de la desaparición de plantas silvestres y el desequilibrio ecológico en los trópicos.

(Gráficos de abeja y una gráfica de barras).

•TEXTO SELECTIVO

OPINIONES O SUGERENCIAS

Cuidemos a la abeja maya

Para evitar la pérdida de este tipo de abejas, se sugiere lo siguiente:

- No dañes sus colmenas o nidos, ni sus árboles.
- Cultiva en macetas o jardines las plantas nativas que polinizan.
- Prefiere no usar plaguicidas.
- Apoya las áreas naturales protegidas en donde vive permitan la crianza y explotación de la *Xunan Kab*.
- Impulsar la idea de que la abeja maya es un polinizador importante para mantener la biodiversidad y equilibrio en las selvas tropicales.

(Enlistar soluciones en un diagrama ilustrado de hexágonos).

PROCESO DE LA ELABORACIÓN DE LAS ILUSTRACIONES

Después de haber definido los datos finales para la infografía, en seguida, se realizaron las ilustraciones científicas de las flores que poliniza la abeja maya, a además, de la ilustración de la abeja *Xunan Kab*. Para esto, se recurrió a la metodología para hacer ilustración científica mencionada en el capítulo dos del presente trabajo.

ILUSTRACIONES DEL ACHIOTE (*BIXA ORELLANA*), BOTONCILLO (*MELANTHERA ASPERA*) Y TOMATILLO DEL DIABLO (*SOLANUM NIGRUM*)

•Documentación

En el caso de las flores, se seleccionaron tres especies tabla 8, ya que son de las principalmente poliniza la *Melipona beecheii*. Se hizo una investigación sobre sus características morfológicas de las especies seleccionadas: *Bixa orellana*, *Melanthera aspera* y *Solanum nigrum*.

Achiote (*Bixa orellana*). “Es un arbusto que puede alcanzar de tres a cinco metros de altura. Tiene hojas simples, alternas y las inflorescencias están dispuestas en ramilletes terminales. Las flores son de color blanco a rosado según las variedades hermafroditas y actinomorfas. La floración es escalonada y afecta primero a los capullos superiores” (Anónimo, 1989, p. 630).

Otra descripción de esta especie es:

Es un arbusto perenne de 2 hasta 5 m de altura, con copa baja y extendida, tallo pardo, que ramifica a poca altura del terreno; hojas simples, grandes, de 19-4 × 27-6 cm, con base redondeada o subtruncada, verdosas claras, persistentes, alternas, de márgenes lisos, cordadas, de largos pecíolos, delgados,



114. Achiote (*Bixa orellana*). Botoncillo (*Melanthera aspera*). Tomatillo del diablo (*Solanum nigrum*).

glabros, de 8-3 cm de largo, engrosados en los extremos; flores en ramilletes terminales de panículas de 10-5 cm de longitud, con pelos glandulares, hermafroditas, blanquecinas a rosadas según variedades, flores de 6-3 cm de diámetro, en pedicelos de 16-7 mm de largo, y un anillo de glándulas debajo del cáliz, éste con sépalos anchos, ovados a orbiculares, de 2-1 cm de largo, caducos; corola de pétalos muy obovados, de 2-1 cm de largo, rosados a blancos; muchos estambres, y anteras violáceas. Florece escalonadamente, comenzando por los capullos terminales (<https://www.naturalista.mx/taxa/-127676> *Bixa-orellana*). (Ver imagen 114).

Botoncillo (*Melanthera aspera*). Hierba hasta sufrútice, erecta hasta recostadiza, ramificada; ramas marcadamente 4angulosas, a menudo con manchas purpúreas o puntos oscuros con pelos aplicados. Hojas opuestas, pecioladas, ovalotriangulares, pecíolos 5-1 cm de largo, 10-4 cm de ancho, áspero-escabrosas por ambas caras, membranáceas; 3 nervadas. Cabezuelas alrededor de 1cm de diámetro, terminales, solitarias o en grupos de 3-2 pendunculadas; pedúnculos 10-2 cm de largo, con numerosas flores; involucro hemisférico, biseriado, de unos 5 mm de largo; brácteas herbáceas, ovadas, agudas hasta obtusas en el ápice, áspero-escabrosas por la cara externa; receptáculo paleáceo; páleas abovadas, cortas y abruptamente agudas en el ápice, minutamente pilosas y de unos 5 mm de largo; cabezuelas homógamas, discoideas, con todas las flores hermafroditas; corolas tubulosas, blancas, minutamente pilosas en los lóbulos y de 6-5 mm de largo. Aquenios negros, 3-2 mm de largo, glabros; papus constituido por 8-2 aristas muy caedizas de 3-1 mm de largo (Blair y Madrigal, 2005, p. 69). (Ver imagen 114).

Tomatillo del diablo (*Solanum nigrum*). Subarbusto herbáceo, anual, con un color

característico, raíz blancuzca. Tallo algo pubescente o glabro, ramificado casi desde la base; hasta de 1 m de altura. Hojas alternas, lanceoladas o varían de ovadas hasta romboidales u ovadoromboidales a elípticas; hasta 13 cm de longitud por 6 cm de ancho en la parte media; ápice agudo, margen con ondulaciones profundas, ligeramente pubescentes o glabras. Flores blancas, pequeñas, agrupadas en corimbos axilares o terminales, con 3 a 6 flores en cada corimbo, cada flor con 5 pétalos pubescentes fuertemente doblados hacia el exterior; cáliz con 5 sépalos oval-obtusos, pubescente; estambres con anteras amarillas. Frutos baya globosa o subglobosa, de 5 a 10 mm de diámetro, negros al madurar; semillas reniformes (Fonnegra y Jiménez, 2007, p. 273). (Ver imagen 114).

- Proceso de bocetaje y composición de lámina
Los bocetos que se apreciarán en este apartado son aquellas imágenes que integrarán la infografía y a las que se les dará un mayor detalle y precisión, pues se tratan de la ilustración científica que se realizará para este proyecto.

Las primeras imágenes son fragmentos de las flores que la abeja *Melipona beecheii* poliniza, donde se aprecian la flor, hojas, tallo y rama; destacando la primera para mostrar la morfología de esta y pueda ser identificable. (Ver imagen 115 ,116 y 117).

- Proceso de calcado
Una vez finalizados los puntos anteriores, se toman los bocetos para hacer el proceso de calcado en la mesa de luz sobre el papel de algodón, lo que requiere que el trazo sea suave para evitar maltratar el soporte. (Ver imagen 118).
- Dibujo acabado
Una vez calcado el boceto final, el siguiente



115. Boceto y composición de la flor del Achote.



116. Boceto y composición de la flor del Botoncillo.



117. Boceto y composición de la flor del Tomatillo del diablo.

124



118. Muestras de las pruebas de color para la flor del Achiote.



119. Desarrollo de la ilustración de la flor del Achiote con la técnica de acuarela.

paso es el empleo de la técnica seleccionada, que en este caso es principalmente acuarela, seguido de lápices de colores. (Ver imagen 119).

ILUSTRACIÓN DE LA ABEJA MAYA (*MELIPONA BECHEII*)

- Documentación.

Previamente, en el capítulo tres, se recopiló información sobre sus características morfológicas, de las cuales se tomaron en cuenta:

Es una abeja robusta, parecida a la *Apis mellifera*, de talla grande de aproximadamente 9.7 a 10.7 mm de largo, de color negro en la mayor parte del cuerpo y anaranjado, con franjas amarillas en el abdomen; mechones muy densos de pelos anaranjado-rojizo, patas de color negro. Alas transparentes menores que la longitud del abdomen. (Ayala, 1999, citado por Guzmán, Balboa, Vandame, Albores y González, 2011, p.14).

Por otro lado, Sotelo (2016) señala que:

La *Melipona beecheii* mide de 10 a 11 mm de largo. Su abdomen es negro con cinco anillos transversales de color amarillo verdoso que termina de forma redondeada. Sus alas, cuando están en reposo, no rebasan la punta del abdomen. Los ojos de estas abejas son de color gris-verdoso. En su tórax tienen vellosidades blancas, que se tornan naranja en el nacimiento de las alas. Tienen tres pares de patas naranja o marrón y el tercer par de estas tienen la tibia negra, además están llenas de pelos. (Ver imagen 120).

- Proceso de bocetaje y composición de lámina.

Los siguientes bocetos muestran una pequeña evolución sobre la posición anatómica de este animal, desde la posición de las patas hasta las alas. Igualmente, algunos aspectos morfológicos como las terminaciones de los

segmentos en su abdomen.

En este boceto se puede apreciar la construcción de la forma a partir de líneas y figuras geométricas, permitiendo la proporción entre cada elemento, así como la ubicación de estos. (Ver imagen 121).

En este segundo boceto se observa más detalle de la forma de cada elemento. (Ver imagen 122).

En la imagen 123 se ve la aparición de la textura, dirección y ubicación del vello, así como la nervadura de sus alas.

Posteriormente, una bióloga realizó una revisión de las imágenes presentadas anteriormente, quien hizo observaciones en las formas y posición de algunas partes de la abeja, las cuales se pueden apreciar en la imagen 124. Una vez analizado y corregido lo anterior, el boceto final resultó de la siguiente forma. (Ver imagen 125)

- Proceso de calcado.

Al tener el boceto final, se pasó la ilustración al soporte con ayuda de la mesa de luz.

- Dibujo acabado.

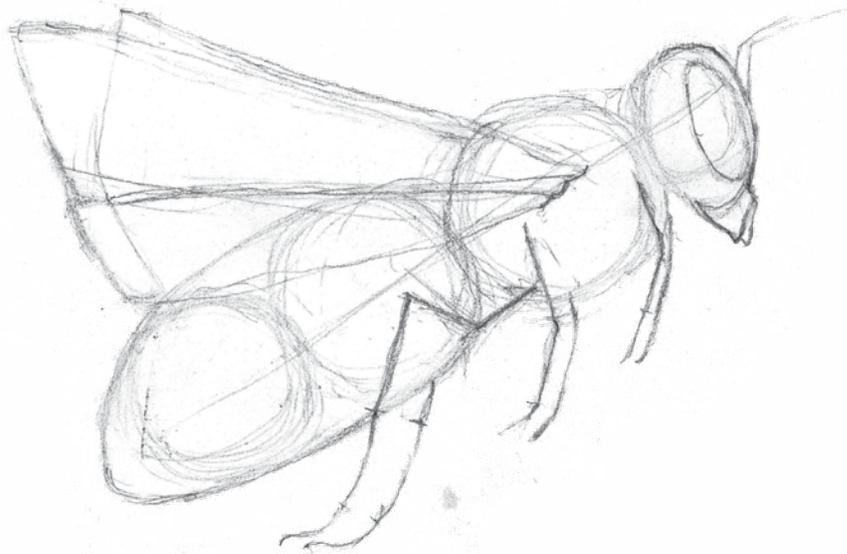
En el caso de esta ilustración se hizo uso de las técnicas de acuarela, lápices de colores y guache. (Ver imagen 126).

BOCETOS DE LA ESTRUCTURA DE LA INFOGRAFÍA

Para la infografía se realizaron tres propuestas basadas en la información (texto) seleccionada previamente. En ellas se puede apreciar gráficos realistas, mapas y vectores que se van ubicando de acuerdo a su importancia; así como, para generar un equilibrio, armonía y proporción entre los elementos.



120. Abeja maya (*Melipona beecheii*).

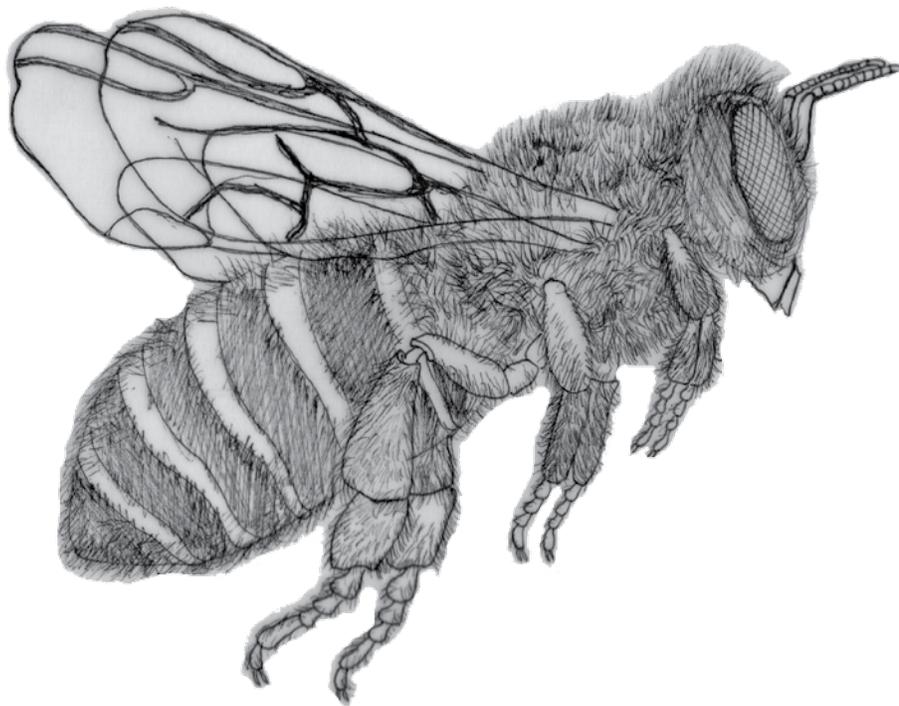


121. Primer boceto a partir de figuras geométricas.

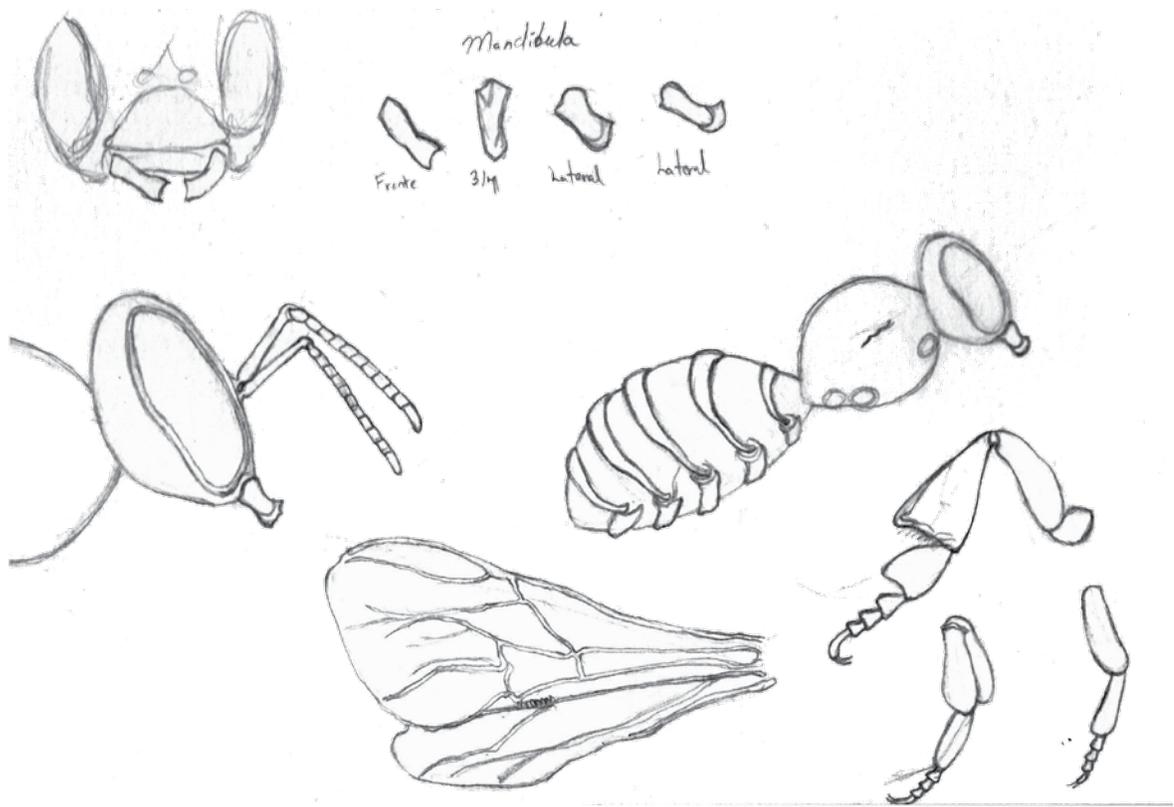


122. Boceto donde se aprecia el detalle de la forma de abeja.

128

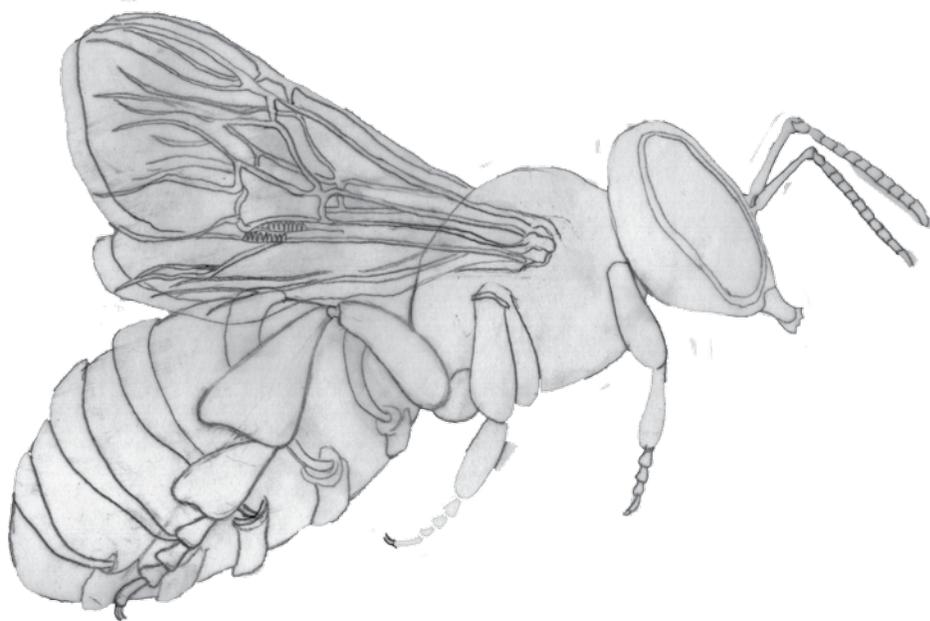


123. Boceto donde se observa la textura del vello de la abeja maya.



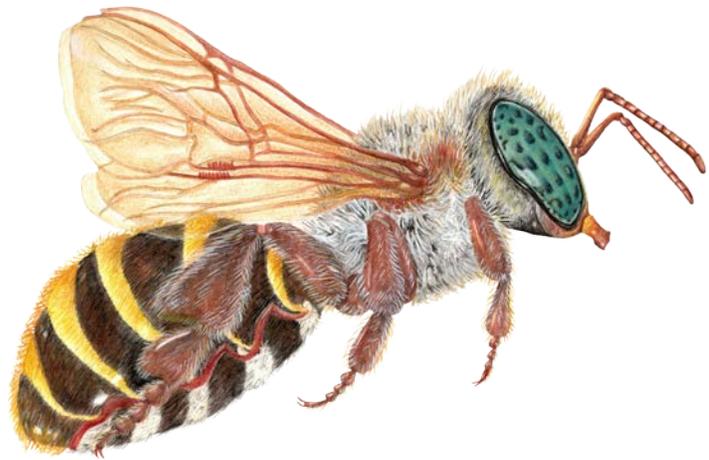
124. Partes anatómicas de la abeja maya correguidas.

129



125. Boceto final de la abeja maya.





Propuesta A. En esta composición podemos notar que el foco visual se concentra en la ilustración científica (abejas y plantas con flor que poliniza esta), seguido del mapa y encabezado.

El resto de los elementos son ubicados en las direcciones izquierda derecha, arriba abajo, de acuerdo al orden de la información. (Ver imagen 127).

Propuesta B. En esta segunda composición, nuevamente la ilustración científica es el principal foco visual; sin embargo, aquí está centrada con la intención de atraer e impactar con ella para que se visualice el contenido. El resto de la información está colocada en la misma dirección, de modo que se pueda leer empezando por el encabezado, y hacia abajo. Después dirigirse a la parte superior derecha y hacia abajo, regresando al foco visual. Además, los textos se ubicaron de esta misma manera para dar un equilibrio en la composición en general. (Ver imagen 128).

Propuesta C. En esta última opción la ilustración es otra vez el principal foco visual. El encabezado es el que da el siguiente punto para ser la guía visual, es decir, que a partir de éste, la dirección de lectura comienza de arriba hacia abajo, saltándose a la parte superior e ir de izquierda a derecha y luego hacia abajo. (Ver imagen 129).

SELECCIÓN DE FUENTES TIPOGRÁFICAS, PALETA CROMÁTICA Y ASPECTOS ICÓNICOS PARA LA INFOGRAFÍA

Las tipografías elegidas fueron: Century, Corbel y Montserrat.

Century
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890
La selección de esta fuente tipográfica, se debió a que pertenece al grupo de Transición, el cual tiene como característica una modulación vertical, además de un contraste entre trazos gruesos y finos; trazos terminales ascendentes de las letras de caja baja que, normalmente, son oblicuos (a veces horizontales), y los trazos terminales son generalmente angulosos y encuadrados.

Es una tipografía que no se presta para bloques de texto extensos, utilizándola por esta razón en el encabezado principal de la infografía. Asimismo, es una letra que remite a lo antiguo, idea asociada con la idea de que la abeja maya es una especie sagrada por su historia.

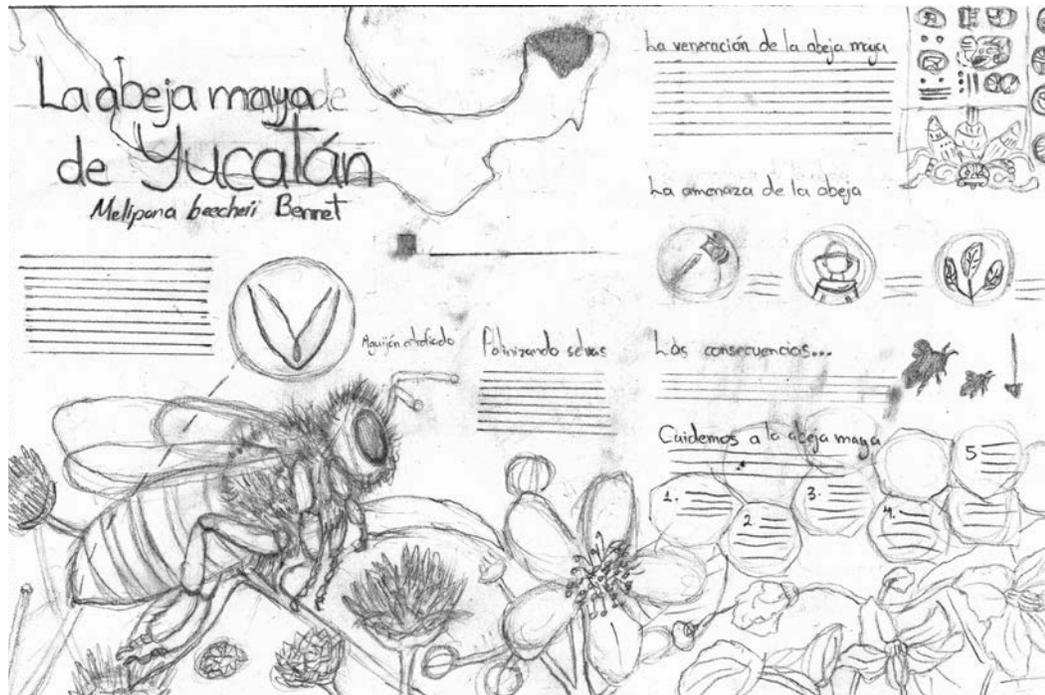
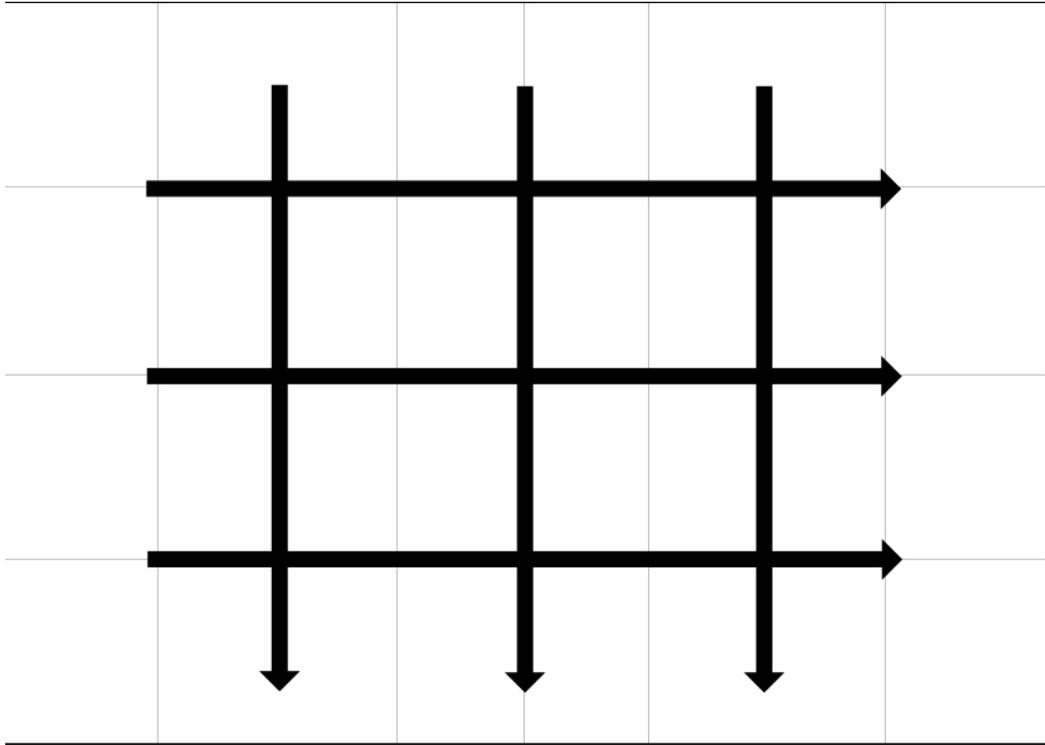
Corbel

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890

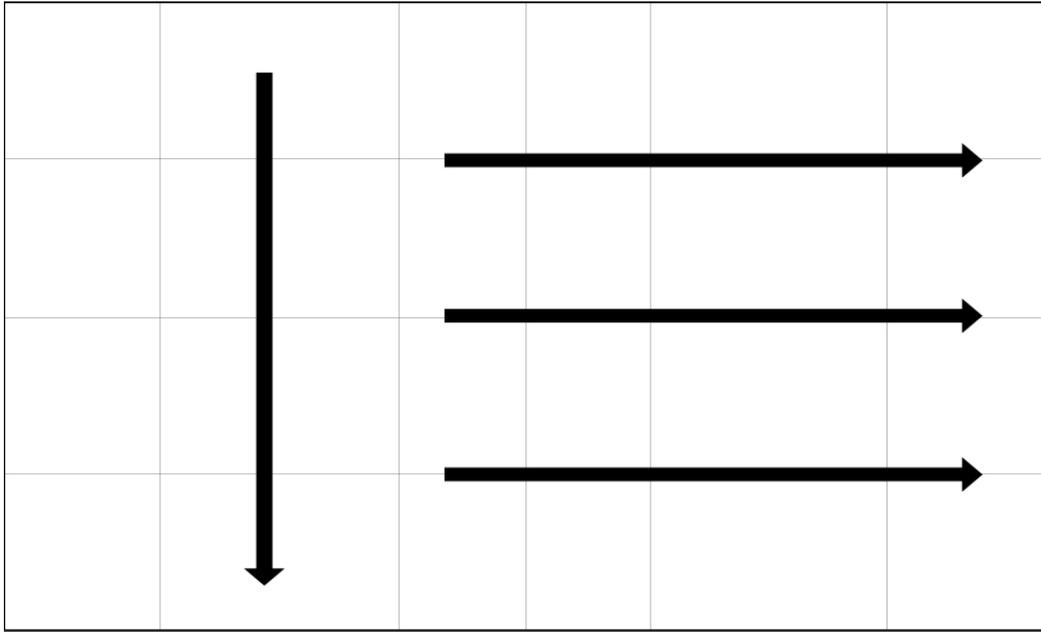
Montserrat
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 1234567890

Estas fuentes tipográficas pertenecen a la familia *Grotescas/Neo-grotescas*, conocidas también como *Sans serif*. Las cuales son letras que presentan algún contraste en el grosor de los trazos, tienen una ligera cuadratura en las curvas. Al tener dichas características, son adecuadas para cuerpos de textos amplios, como titulares; esto es por su sencillez y fácil legibilidad. Son tipografías que remiten universalidad y objetividad, por eso se escogieron para el contenido, en general, de la infografía.

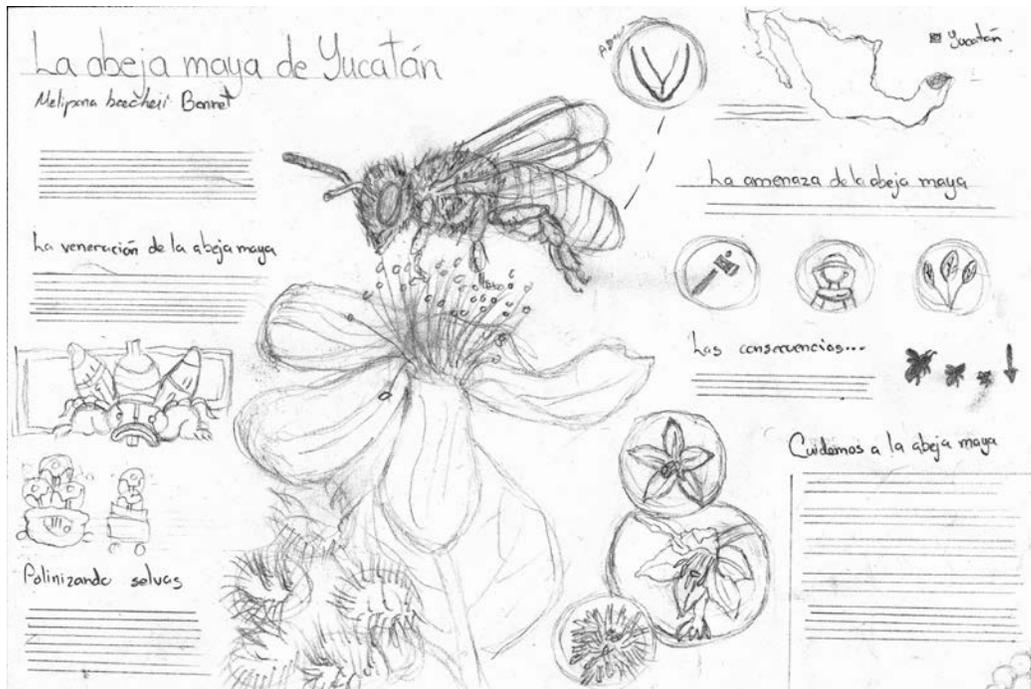
La paleta cromática fue determinada a partir de los elementos que integran la infografía, al tratarse de un tema relacionado con la naturaleza se tomaron en cuenta los colores orgánicos, esto se refiere a colores como el verde, café y



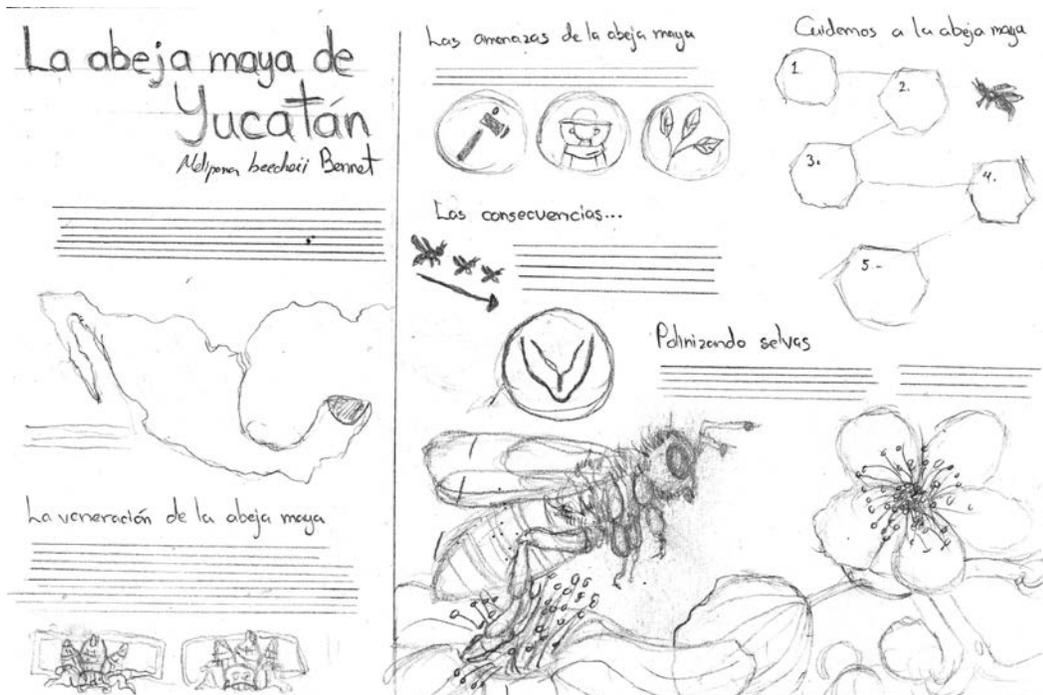
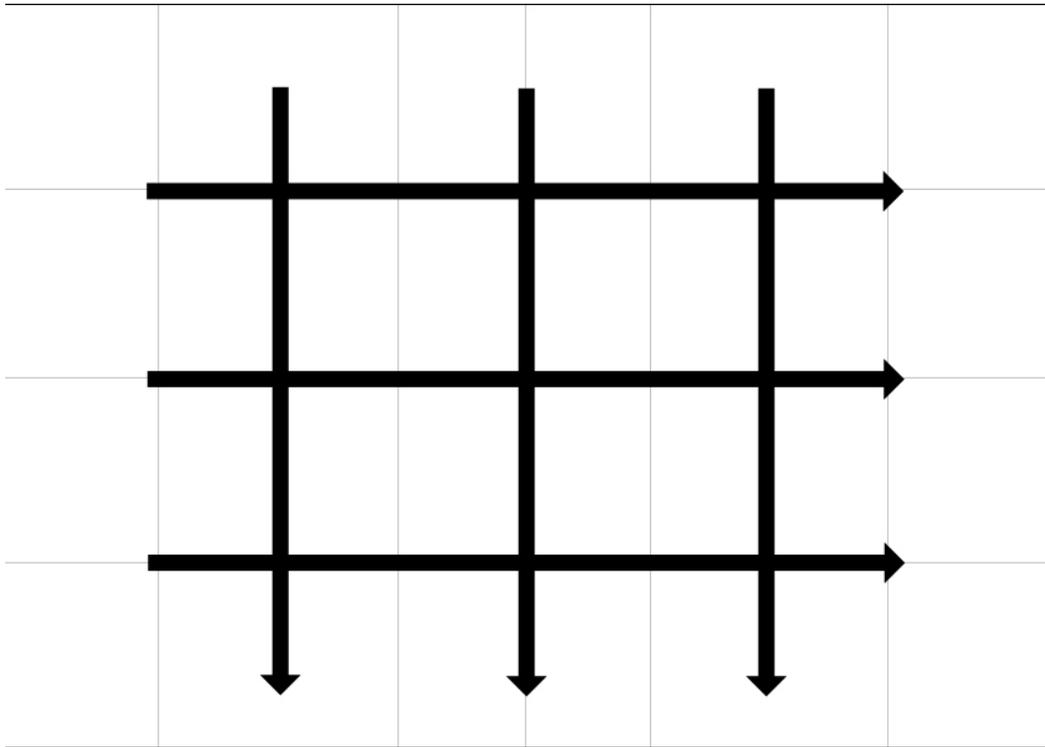
127 Boceto de infografía. Propuesta A.



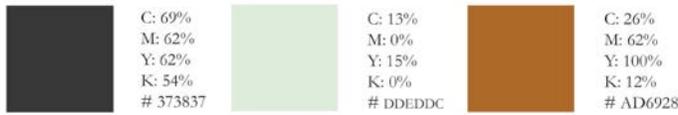
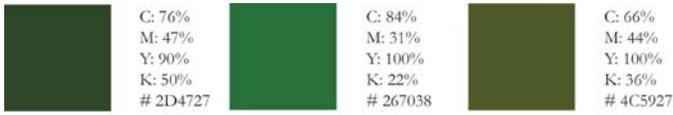
134



128. Boceto de infografía. Propuesta B.



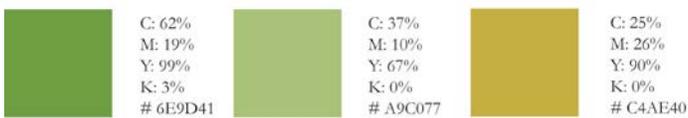
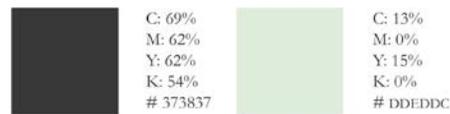
129. Boceto de infografía. Propuesta C.+



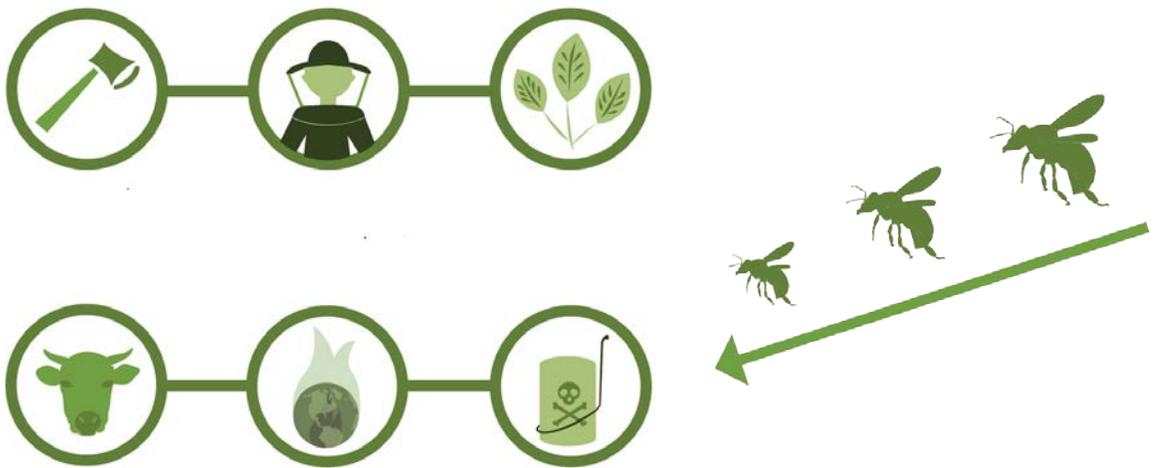
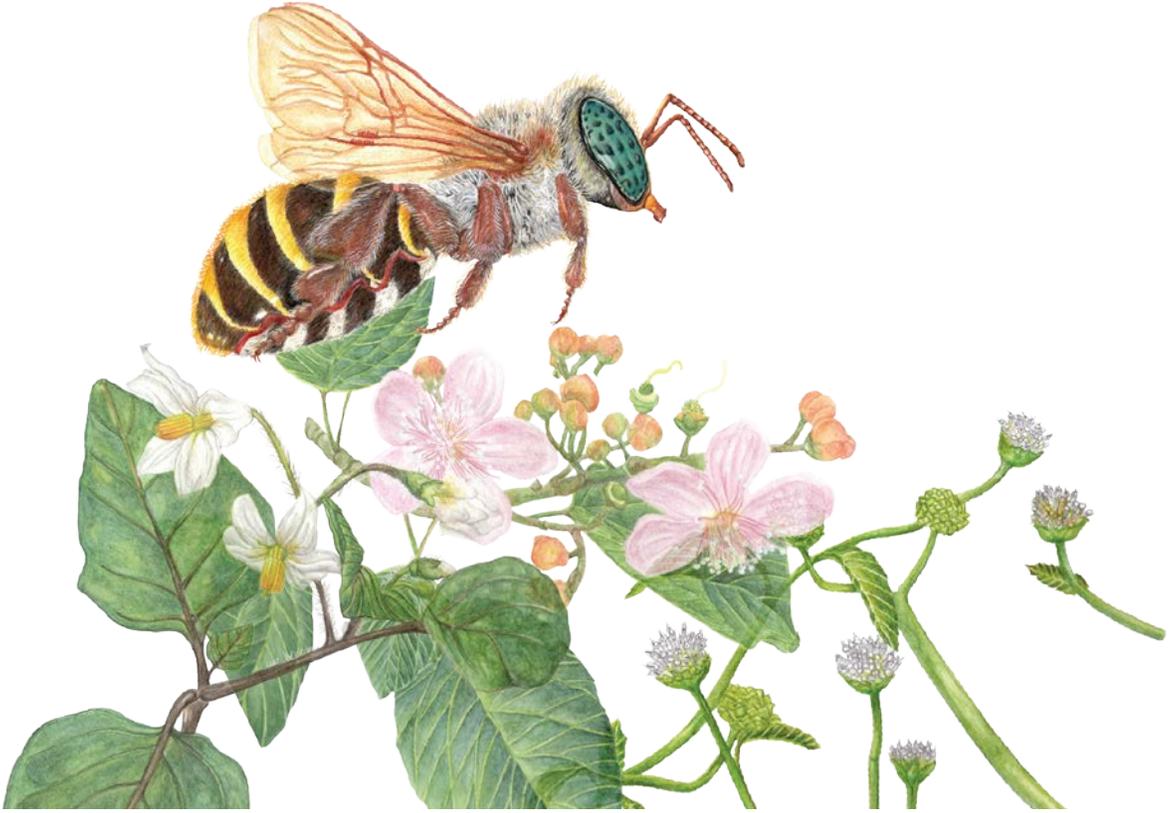
130. Paleta de color opción 1.



131. Paleta de color opción 2.



132. Paleta de color opción 3.



133. Gráficos realistas y vectores bidimensionales.

dorado. El primero, transmite una sensación de naturaleza; el segundo, es un color más intenso y cálido, el cual evoca a materiales naturales; y el tercer color, junto con los otros, añade sutileza y una sensación de conciencia ecológica. Aunado a esto, se hace uso del color gris, el cual es un color neutro que permite armonía y un contraste perfecto con los colores ya mencionados. De igual modo, el color blanco aparece en la paleta de colores, pues es un color limpio que da la sensación de ser un elemento neutro y claro, que llena el espacio, por lo tanto, fue el ideal para contrarrestar a los otros.

De los aspectos icónicos en las ilustraciones de la abeja así como de las plantas, son los gráficos realistas, que al ser ilustraciones científicas, tienen una imagen objetiva para llevar una experiencia virtual a la realidad. El resto de elementos son vectores bidimensionales, que muestran simplicidad, claridad y cierta abstracción. (Ver imagen 133).

138

FASE 3. VALORACIÓN DE LA SOLUCIONES DEL PROBLEMA

PROCESO DE LA INFOGRAFÍA

De acuerdo con el estándar internacional del tamaño del papel, creado por el Instituto Alemán de Normalización, surge el formato DIN A0, es cual se toma como referente de los demás formatos y series por lo que se calculan a partir de este, además de ser formatos de papel estandarizados en la industria general. Así, el formato que se eligió para la infografía fue DIN A2 (420 mm x 594 mm), un formato que aprovecha el máximo del pliego de papel fabricado, además de ser un tamaño apropiado para la presentación de la información de la infografía. (Ver imagen 134).

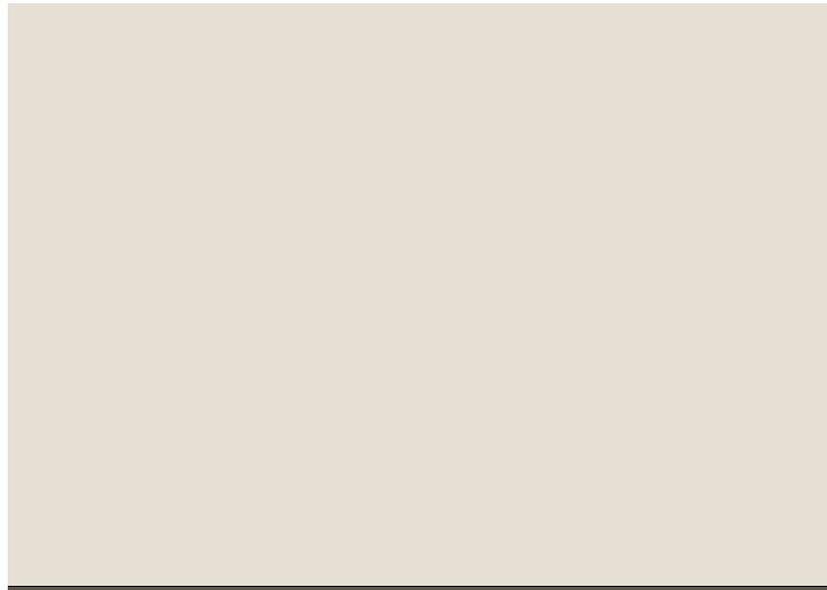
Para la estructuración, se optó por un margen de 2cm por cada lado, para delimitar la composición,

así como para dejar un aire alrededor de ésta. Para la ubicación y posicionamiento de cada elemento de la composición se hizo uso del siguiente rectángulo áureo, permitiendo una organización y unificación en el espacio. (Ver imagen 135).

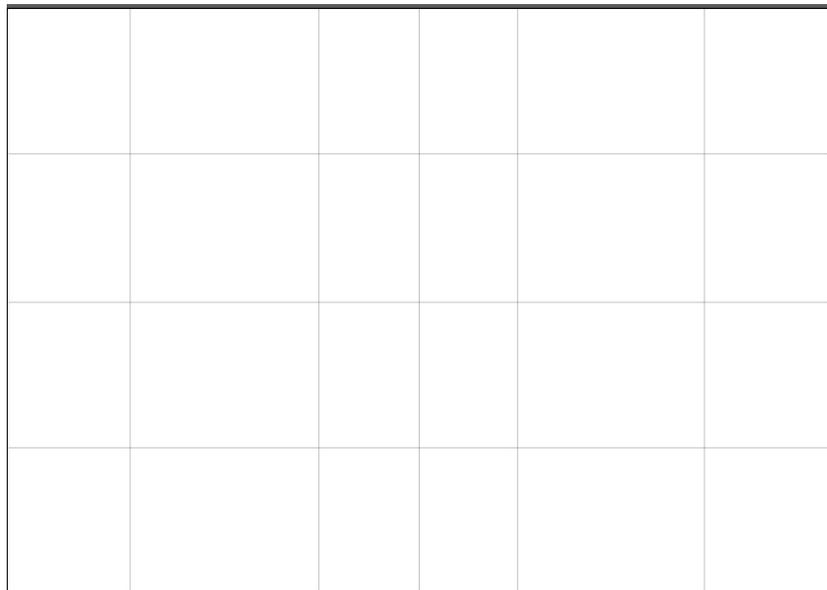
De los bocetos mostrados, la propuesta A fue la seleccionada por tener una adecuada composición para la información que se quiere presentar sobre la abeja maya. De esta propuesta se realizaron tres variaciones, principalmente, en su paleta cromática. Aunque, conservan un lineamiento, es decir, que hay una variedad de tonos de verdes (principalmente entre la opción 1 y 3) y de tonos de cafés. Además, entre cada una se podrá notar un ligero cambio de posición entre las cajas de texto.

De modo más específico, en la versión 1 las tipografías que se usaron fueron: Century (en el encabezado principal) y Corbel (en los subencabezados y cajas de texto). Se usaron viñetas para lograr un atractivo visual, además de separar cada bloque de texto y generar un orden. Los subtítulos tienen más puntos en comparación de los bloques de texto para contrastar y jerarquizar la información. En cuando al acomodo de las ilustraciones (plantas y abeja), en primer plano, se encuentra la abeja ya que ésta es la protagonista. De igual modo, ésta se realizó con el propósito de que al momento de intégrela con las otras ilustraciones, figurara que está volando sobre aquellas flores que poliniza. Por último, en el fondo, se usó un degradado entre verdes y blancos con una opacidad de 90% para que este no provocara una competencia entre los elementos y no perdieran impacto. (Ver imagen 136).

En la versión 2, los cambios que se presentan solamente son el uso de la letra *Corbel*, tanto en el título como en el resto del texto. El texto introductorio ahora fue ubicado de lado



134. Formato DIN A2.



135. Rectángulo áureo.

derecho del encabezado principal, mientras que en la versión anterior estaba en la parte inferior de este. Para jerarquizar cada parte se dieron diferentes puntajes y color. El uso de viñetas fue con la misma intención mencionada en la versión 1, pero representadas por circunferencias. El mapa es un fragmento de la República mexicana y fue ubicado en la parte superior izquierda. En

el apartado donde dice *Cuidemos a la abeja maya*, es contrastada por un cuadro de color café, con opacidad de 80% para no hacer un cambio visual drástico con el resto de la información. Y con el fondo, solo se hizo uso de un color pero con opacidad de 20% para no perder visibilidad del resto. (Ver imagen 137).

Para la versión 3 se hace uso de dos familias tipográficas Montserrat (título) y Corbel (para el resto del texto). Además, para jerarquizar se usaron diferentes puntajes y tonos de verdes y del color naranja, así como el uso de altas. Las viñetas nuevamente aparecen, pero esta vez la circunferencia está rellena, dando mayor fuerza a cada bloque de texto. En este caso, la distribución de las ilustraciones, plantas y abeja es diferente, pues la abeja se encuentra posicionada más hacia arriba; y las flores están contrarias a la posición de las otras versiones, generando un equilibrio.

La posición del mapa regresa en la ubicación anterior, se agregan más vectores. En el punto *La amenaza de la Abeja maya*, provocando una nueva ubicación, en la parte media del lado derecho y que el apartado *Las consecuencias* fue ubicado en la parte media. El texto *Polinizando selvas* se encuentra en la parte inferior media, realzado por un cuadro. Finalmente, en el fondo, nuevamente se hace uso de un degradado, pero esta vez, con una mayor presencia del color blanco. (Ver imagen 138).

FASE 4. REALIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN AL PROBLEMA

SELECCIÓN DE LA INFOGRAFÍA FINAL

La versión 3 de la infografía fue la más apropiada para la transmisión del mensaje deseado. Sin embargo, hubo algunos cambios como el orden de los puntos *Las consecuencias...* y *La amenaza de la Abeja maya*. De igual modo, se agregó una gráfica de barras en el gráfico de abejas del apartado, *Las consecuencias...*, ya que no transmitía la idea del descenso de la población de abejas. Por último, se modificó el encabezado principal por *La abeja maya*, debido a que el anterior indicaba que solo la abeja vivía en el estado de Yucatán. Por ese mismo título, surgió un pequeño apartado explicando la razón de por qué le llaman abeja maya. Es así que resultó la infografía final, con el adecuado manejo de los elementos en la composición y visualmente presenta una mejor armonía y equilibrio. (Imagen 139).



136. Versión 1.

La abeja maya de Yucatán

Melipona beecheii Bennet

Ubicación geográfica
Especie endémica de la Península de Yucatán, sin embargo ha sido distribuida en las zonas costeras de México, desde Veracruz por el Golfo y Jalisco-Michoacán por el Pacífico mexicano.

La veneración de la abeja maya
La Xunan Kab, significa "señora abeja", en maya yucateco. Es una abeja sagrada que tiene registros en el Códice Madrid, indicando que fue domesticada y criada por los antiguos mayas en los jobones, resguardados por el dios de la miel Ah Muucen Kab (el que vigila la miel). La miel para los mayas era y es apreciada por sus cualidades curativas y nutricionales.

Las consecuencias...
Sin duda alguna, sería la extinción de la abeja maya, además de la desaparición de plantas silvestres, además del desequilibrio ecológico en los trópicos.

Polinizando selvas
Estas abejas polinizan el 30 y 40% de las especies vegetales de los ecosistemas en donde vive, lo que señala su vital importancia para el mantenimiento y sobrevivencia de las selvas tropicales. Polinizan plantas como: Achioté, Botoncillo, Framboyán, Chile habanero, Tomatillo del diablo, entre otras.

La amenaza de la Abeja maya
La deforestación y fragmentación de hábitat, la invasión de vegetación secundaria y de la apicultura (Crianza de abejas europeas); han modificado y alterado los ecosistemas donde viven, lo que ha provocado el descenso de la población de las abejas Xunan Kab.

Cuidemos a la abeja maya
Para evitar la pérdida de este tipo de abejas:
1. No dañes sus colmenas o nidos.
2. Cultiva plantas nativas destinadas para la polinización en macetas o jardines.
3. Prefiere no usar plaguicidas.
4. Apoya las áreas naturales protegidas que permitan la crianza y explotación de la Xunan Kab.
5. Impulsar la idea de que la abeja maya es un polinizador importante para mantener la biodiversidad y equilibrio en las selvas tropicales.





137. Versión 2.

La abeja maya de Yucatán

Melipona beecheii Bennet

Ubicación geográfica
Especie endémica de la Península de Yucatán, sin embargo ha sido distribuida en las zonas costeras de México, desde Veracruz por el Golfo y Jalisco-Michoacán por el Pacífico mexicano.

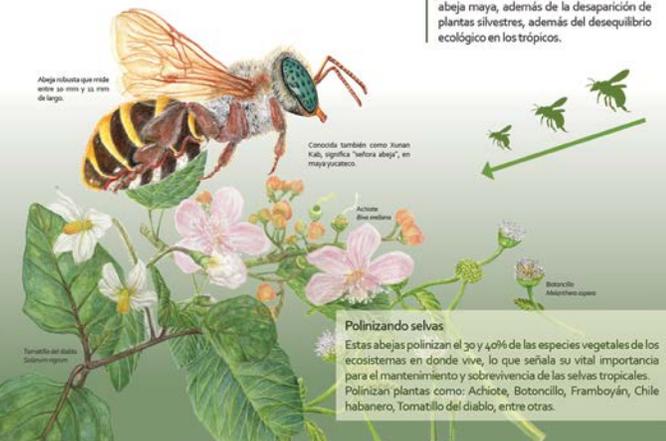
La veneración de la Xunan Kab
En el Códice de Madrid, hay registros de la domesticación y crianza de esta por parte de los antiguos mayas en jobones, resguardados por el dios de la miel Ah Muucen Kab. La miel para los mayas era y es apreciada por sus cualidades curativas y nutricionales.

La amenaza de la Abeja maya
Las siguientes actividades ha provocado el descenso de la población de las abejas Xunan Kab.

Las consecuencias...
Sin duda alguna, sería la extinción de la abeja maya, además de la desaparición de plantas silvestres, además del desequilibrio ecológico en los trópicos.

Polinizando selvas
Estas abejas polinizan el 30 y 40% de las especies vegetales de los ecosistemas en donde vive, lo que señala su vital importancia para el mantenimiento y sobrevivencia de las selvas tropicales. Polinizan plantas como: Achioté, Botoncillo, Framboyán, Chile habanero, Tomatillo del diablo, entre otras.

CUIDEMOS A LA ABEJA MAYA
Para evitar la pérdida de estas abejas:
1. No dañes sus colmenas o nidos.
2. Cultiva plantas nativas destinadas para la polinización en macetas o jardines.
3. Prefiere no usar plaguicidas.
4. Apoya las áreas naturales protegidas que permitan la crianza y explotación de la Xunan Kab.
5. Impulsar la idea de que la abeja maya es un polinizador importante para mantener la biodiversidad y equilibrio en las selvas tropicales.



138. Versión 3.

La abeja maya

Melipona beecheii Bennet

Es una abeja dócil y social que vive en colonias en troncos huecos, llamados jobones de árboles. No pican porque tienen su aguijón atrofiado, se defiende por mordiscos en la piel, arrancando pelo; introduciéndose en los ojos, nariz y orejas del intruso o expulsando sustancias ácidas.



Conocida también como Xunan Kab, significa "abeja abeja", en maya yucateco.

Abeja robota que mide entre 10 mm y 11 mm de largo.

¿Dónde vive?

Esta especie vive en la Península de Yucatán, y se distribuye en las zonas costeras de México, desde Veracruz por el Golfo y Jalisco-Michoacán por el Pacífico mexicano.



La veneración de la Xunan Kab

En el Códice de Madrid, hay registros de la domesticación y crianza de esta por parte de los antiguos mayas en jobones, resguardados por el dios de la miel Ah Mucen Kab. La miel para los mayas era y es apreciada por sus cualidades curativas y nutricionales.

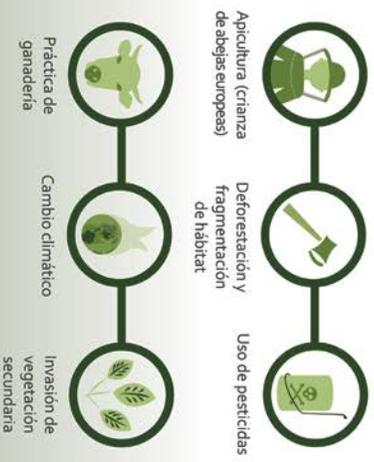


Las consecuencias...

Sin duda alguna, se daría la extinción de la abeja maya, además de la desaparición de plantas silvestres, además del desequilibrio ecológico en los trópicos.



La amenaza de la Abeja maya
Las siguientes actividades han provocado el descenso de la población de las abejas mayas.



Mensajeras de la plantas

Polinizan el 30 y 40% de las especies vegetales de los ecosistemas en donde vive, lo que señala su vital importancia para el mantenimiento y sobrevivencia de las selvas tropicales. Polinizan plantas como: Achioté, Botoncillo, Framboyán, Chile habanero y Tomatillo del diablo, entre otras.



CUIDEMOS A LA ABEJA MAYA

- Para evitar la pérdida de estas abejas:
1. No dañes sus colmenas o nidos.
 2. Cultiva en macetas o jardines las plantas nativas que polinizan.
 3. Preñere no usar plaguicidas.
 4. Apoya las áreas naturales protegidas que permitan la crianza y explotación de la Xunan Kab.
 5. Impulsar la idea de que la abeja maya es un polinizador importante para mantener la biodiversidad y equilibrio en las selvas tropicales.

Organización de Naciones Unidas/FAO/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Fuentes consultadas

- ADMIN. (25 de octubre de 2017) Arte Chino Antiguo: Características y Resumen [Mensaje de Blog]. Recuperado de: <https://chinaantigua.com/arte/>
- Aharonov, J. (2011). *Psico Typo*. Venezuela
- Anónimo (2016). *Abejas, avispas y hormigas* (Orden Hymenoptera) [en línea]. México: CONABIO. Recuperado el 17 de octubre de 2016, de http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/insectos/abejas/abejas2.html
- Anónimo. *Achiote (Bixa orellana)*. [en línea]. Naturalista. Recuperado 15 de marzo de 2019, de <https://www.naturalista.mx/taxa/-127676Bixa-orellana>
- Anónimo (2011). *Animales polinizadores: con el polen a cuestas* [en línea]. España: National Geographic, España. Recuperado el 9 de noviembre de 2016, de http://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/animales-polinizadores_9/4423
- Anónimo. (2017) *Arte, pintura y alfarería en Mesoamérica*. [en línea]. México: Portal académico CCH-UNAM. Recuperado el 13 de enero de 2019, de: <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/historiademexico1/unidad2/mesoamerica/artepinturaalfareria>
- Anónimo. (2016). *Cinco características del universitario Millennial*. México: El Universal. Recuperado el 29 de marzo de 2019, de <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/techbit/-5/26/09/2016caracteristicas-del-universitario-millennial>
- Anónimo. (2014). *Clasificación de la ciencia*. [en línea]. Recuperado el 24 de enero de 2019, de: <https://iecsenp3.files.wordpress.com/09/2014/la-clasificacic3b3n-de-la-ciencia>.
- Anónimo. (1989). *Compendio de agronomía tropical, Volumen 2*. Costa Rica: IICA
- Anónimo. (2016). *Diferencias entre impresión offset y digital*. Recuperado el 31 de mayo de 2019, de <https://www.laimprentacg.com/diferencias-entre-impresion-offset-y-digital/>
- Anónimo. *Get to know all about us*. [en línea]. Pollinator. Recuperado 22 de noviembre de 2016, de <http://www.pollinator.org/about>.
- Anónimo. (2016). *Impresión Offset económica y de calidad*. Recuperado el 31 de mayo de 2019, de <https://www.laimprentacg.com/impresion-offset/>

- Anónimo. *Leonardo da Vinci, un hombre adelantado a su tiempo*. [en línea]. National Geographic. Recuperado el 15 de enero de 2019, de: https://www.nationalgeographic.com.es/historia/grandes-reportajes/leonardo-da-vinci_6/7277
- Anónimo. *Mieles. Abejas nativas* [en línea]. México: CONABIO. Recuperado el 14 de octubre de 2016, de <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/mieles/abejas.html>
- Anónimo. *¿Qué puedes hacer para evitar que las abejas se extingan? Cultura colectiva* [Actualización en Facebook]. Recuperado el 22 de noviembre de 2016, de https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=10207766136771567&id=1238273693&_mref=message_bubble
- Anónimo. Stuff. [en línea]. *Pollinator*. Recuperado 22 de noviembre de 2016, de <http://www.pollinator.org/NativeBees.htm>
- Anónimo. (2015). *They Don't Eat Their Pollinators - Carnivorous Plants of North America and Their Pollinators*. [en línea]. Pollinator. Recuperado 22 de noviembre de 2016, de <https://pollinator.org/shop/poster15->
- Arizmendi, M. (2009). *Las crisis de los polinizadores*. CONABIO. Biodiversitas -1 :85
- Arteneo. (25 de abril de 2017). *La técnica de Pintura Digital es también herramienta artística* [Mensaje de blog]. Recuperado de: <https://www.arteneo.com/blog/tecnica-de-pintura-digital-ilustracion-madrid>
- Biro, S. (2007). *Miradas de afuera: investigación sobre divulgación*. México: DGDC, UNAM.
- Blair, S. y Madrigal, B. (2005). *Plantas antimaláricas de Tumaco: costa pacífica colombiana*. Colombia: Universidad de Antioquia
- Blanco L. y Gaido V. (2018). *¿Qué es la Ilustración Científica?* [en línea]. Recuperado el 2 de enero de 2019, de: <http://revistamito.com/que-es-la-ilustracion-cientifica/>
- Borderías, R. (2010). *Arte-Ciencia. ¿Expresión o instrumento?* [en línea]. España: Universidad Complutense de Madrid. Recuperado el 19 de septiembre de 2018, de: <file:///C:/Users/MelanieCeleste/Downloads/-1-31871-31854PB.PDF>
- Cabezas, Lino. (2016). *Dibujo científico: arte y naturaleza, ilustración científica, infografía, esquemática*. España: Cátedra.
- Cairo, A. (2008) *Infografía 2.0 de información en prensa*. España: Alamut.
- Castillo, N. (2012). *Mieles nativas de los mayas, usos de ayer y hoy*. [en línea]. México: DGDC-

- UNAM. Recuperado el 14 de junio de 2017, de http://ciencia.unam.mx/leer/102/Mieles_nativas_de_los_mayas_usos_de_ayer_y_h
- Colle, Raymond (2004). *Infografía: Tipologías*. Revista Latina de Comunicación Social, (58)7, undefined-undefined. [fecha de Consulta 20 de Septiembre de 2019]. ISSN: . Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81975801/819>
 - Dalley, Terence. (1992). *Guía completa de ilustración y diseño: técnicas y materiales*. Madrid: Blume.
 - Delaplane, K. (2000) *Crop pollination by bees*. Wallingford, Oxon: CABI.
 - Dondis, D. (1976). *La sintaxis de la imagen*. Barcelona: Gustavo Gili.
 - Ek del Val de Gortari. (12 de octubre de 2016). *Tesis*. [Mensaje en una lista de correos electrónicos]. Recuperado de <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=wm#search/ekdelval40%gmail.com/FMfcgxmRSQdBSTqFFsgmgMcPJJWhHNnG>
 - Elio, Alfredo. (2000). *Dibujo científico. Manual para Biólogos que son dibujantes y dibujantes que no son Biólogos*. Córdoba, Argentina: Sociedad Argentina de Botánica.
 - Equihua, C. (1 de noviembre de 2016). *Sobre polinizadores* [Mensaje en una lista de correos electrónicos]. Recuperado de <https://mail.google.com/mail/u/0/#search/cequihuaz40%gmail.com/15821d5febcf3cd3>
 - Fonnegra, R. y Jiménez, S. (2007). *Plantas medicinales aprobadas en Colombia*. Colombia: Universidad de Antioquia.
 - Fresquet, J. (2004). *Historia de la medicina. Andrés Vesalio*. [en línea]. España: Universidad de Valencia. Recuperado el 15 de enero de 2019, de: <https://www.historiadelamedicina.org/vesalio.html>
 - García, Ramón. *Abeja melipona*. [Mensaje de blog]. Recuperado el 22 de noviembre de 2016, de <https://www.domestika.org/en/projects/-162864abejas-meliponas-quo-mexico-noviembre20144->.
 - Gómez, A. (2015). *La ilustración como recurso para la divulgación científica, Aldi de Oyarzabal*. [en línea]. México: CONACYT. Recuperado el 24 de enero de 2019, de: <http://www.conacytprensa.mx/index.php/sociedad/personajes/-3156aldi-de-oyarzabal-salcedo-el-contorno-el-color-y-la-vida>
 - González, J. y Quezada, J. (2010) *Producción tradicional de miel: abejas nativas sin aguijón (trigonas y meliponas)* En Durán R. y M. Méndez (Eds.), *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. (pp. 384-382). [en línea]. Mérida: Centro de Investigación Científica de Yucatán: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado el 26

de junio de 2017, de <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap20%19/7Produccion20%tradiciona20%de20%miel.pdf>

- Grosjean, S. (1 ,2014 de diciembre). *La milagrosa miel de los mayas* [en línea]. MILENIO NOVEDADES de grupo SIPSE. Recuperado el 17 de octubre 2016, de <http://sipse.com/milenio/conoce-abejas-sin-aguijon-mayas-meliponas125478-.html>
- Guzmán, M., Balboa, C., Vandame, R., Albores, M. y Gonzalez, J. (2011). *Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México: Melipona beecheii y Scaptotrigona mexicana* [en línea]. México: ECOSUR. Recuperado el 26 de junio de 2017, de https://issuu.com/marcoacuna/docs/manejo_de_las_abejas_nativas_melipo
- Holmes, Nigel (1993). *Lo mejor en grafica diagramática*. Switzerland: Rotovision.
- Instituto de Ecología, UNAM. [en línea]. México: UNAM. *Plan de desarrollo -2016 2012*. Recuperado el 27 de noviembre de 2016, de http://web.ecologia.unam.mx/Documentos/plan_desarrollo/Plan-de-desarrollo2016-2012-.pdf
- Instituto de Ecología, UNAM. [en línea]. México: UNAM. *El Instituto de Ecología*. Recuperado el 27 de noviembre de 2016, de <http://web.ecologia.unam.mx/>
- Löbach, Bernd. (1981). *Diseño industrial*. España: Gustavo Gili.
- López Magaldi, M. y B.G., Martha. (1986). *Tratado sobre las abejas*. Argentina: Albatros, Saci.
- Male, A. (2018). *Ilustración. Contexto, procesos creativos y proyección profesional*. China: Promopress.
- Marín, B. (2009). *La infografía digital, una nueva forma de comunicación*. Tesis de doctorado en Ciencias de la comunicación. Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado el 29 de marzo de 2019, de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/48653/10803/bemo1de1.pdf>
- Martínez Moro, Juan. (2004). *La ilustración como categoría: una teoría unificada sobre arte y conocimiento*. Somonte-Cenero: Trea.
- Mcanas. (13 ,2017 de noviembre) *Las abejas han sido declaradas la especie más importante del mundo* [Blog post]. El blog verde. Recuperado de <https://elblogverde.com/las-abejas-han-sido-declaradas-la-especie-ms-importante-del-mundo/>
- Meza, D. (2017). *La ilustración científica resiste*. [en línea]. España. Recuperado el 24 de enero de 2019, de: <https://nmas1.org/material/13/06/2017/ilustracion-cientifica>

- Moreno, Elvia. (12 de septiembre de 2016). *El diseño gráfico y la divulgación de la ciencia*. [Mensaje en una lista de correos electrónicos]. México. Recuperado de <https://mail.google.com/mail/u/0/#search/elviaento40%gmail.com/15720a7773e559d2?projector=1>
- Muller- Brockmann, Josef (1998). *Historia de la comunicación visual*. México: Gustavo Gili.
- Norandi, M. (2009). *La desaparición de los polinizadores, riesgo para la producción de alimentos* [en línea]. La Jornada. Sección Ciencias. Recuperado el 22 de septiembre de 2016, de <http://www.jornada.unam.mx/13/01/2009/index.php?section=ciencias&article=a02n1cie>
- Ortíz, D. A. (2005). *Ilustración médica, mastectomía radical*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México
- Parramón Ediciones. (2015). *Presentaciones de infografías y datos*. España: Parramón Ediciones.
- Parramón ediciones. (2013). *Todo sobre la técnica de la ilustración*. España: Parramon Ediciones.
- Quezada, J. (2005). *Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera, Meliponini)*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Ramírez, J. (1996). *Las abejas, prodigio de la naturaleza*. CONABIO. Biodiversitas 8-6:1.
- Roze, A., Alvarado, A., Ortega, R., Pérez, C., Monterrosa, D., García, A.,... Ramírez, R. *Acercade la DGDC, Orígenes* [en línea]. México: Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 01 de marzo de 2019, de <http://www.dgdc.unam.mx/acercade/origenes>
- Sánchez, M., y Barroso, C. (2014). *La ilustración científica y su aplicación como herramienta visual en la cartografía novohispana* [en línea]. México: Investigación y ciencia. Recuperado el 19 de septiembre de 2018, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67435407010>
- Simmons, J., y Snider, J. (2009). *Ciencia y arte en la ilustración científica* [en línea]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 20 de septiembre de 2018, de http://www.academia.edu/8442265/Ciencia_y_arte_en_la_ilustracion_cientifica
- Simpson, Ian (1994). *La nueva guía de la ilustración*. Barcelona: Naturart.
- Sotelo, L. (2016). *El cultivo de las abejas mayas: una tecnología ancestral*. Charla llevada a cabo en la Fiesta de las ciencias y las humanidades 2016 UNAM, México.

- Tena Parera, Daniel (2005). *Diseño gráfico y comunicación*. Madrid: Prentice Hall/ Person Alhambra.
- Tonda, J. (1999). *¿Qué es la divulgación ciencia?* Ciencias 81-76 ,55. [en línea]. Recuperado el 01 de marzo de 2019, de <http://www.revistaciencias.unam.mx/en/-104revistas/revista-ciencias-864/55-ique-es-la-divulgacion-de-la-ciencia.html>
- Valencia, E. y Valencia, E. (2016). *Historia cronológica de la pintura. Arte asiático: China, Japón e India*. [en línea]. American Androgogy University. Recuperado el 13 de enero de 2019, de: https://www.researchgate.net/publication/318216327_Arte_de_la_Pintura_en_Asia
- Valencia, E. y Valencia, E. (2016). *Historia cronológica de la pintura. Arte griego y arte romano*. [en línea]. American Androgogy University. Recuperado el 13 de enero de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/311993675_Capitulo_4_-_Arte_Griego_y_Arte_Romano
- Villanueva, R., Roubik, D., Collín-Ucán, W. y Forsythe, S. (2003). *La meliponicultura, una tradición maya que se pierde*. Sin editor. III Seminario Mesoamericano sobre abejas sin aguijón: Tapachula, Chiapas, México 8-6 noviembre del 2003: memorias. (pp. 35-32). Tapachula: El colegio de la Frontera Sur.
- Yurrita, C. (2017). *Sistemática de las abejas del género Melipona Illiger, 1806 (hymenoptera: Apidae: Meliponini) de México y Centroamérica patrones de distribución y perspectivas de su conservación*. Tesis de doctora en Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Zeegen, Lawrence. (2013). *Principios de ilustración*. España: Gustavo Gili.

Conclusiones

Después de la realización de una profunda investigación, se puede concluir que desafortunadamente, la situación en que se encuentra la abeja es muy grave; ya que, si desaparece por completo, las consecuencias serán muy grandes. Hay mucha desinformación en la población, o se cree, que la protección de ciertas especies es un tema que de pronto se puso de moda, pero realmente no es así, es un problema muy severo; al que pocas personas le dan la importancia que se merece, y por ende, son muy pocos los que están actuando en contra de este fenómeno. Sin embargo, no es la única especie que se encuentra amenazada por desaparecer, hay otros polinizadores, y animales, que están bajo los riegos de la deforestación y fragmentación del hábitat, ya sea por el calentamiento global, la depredación o la invasión de otras especies exóticas.

Con el presente trabajo, se tuvo la oportunidad de conocer sobre una especie muy valiosa, pero poco conocida, para la cultura maya que es la *Xuman kab*. Esta especie es sorprendente porque, pese a lo que cualquiera pensaría, es una abeja que carece de aguijón, y lo que la hace aún más increíble es toda la historia que tiene detrás, sin dejar de lado la miel que produce. Algo que vale la pena destacar, es la belleza en la forma y pigmentación de sus ojos, así como el color del que está compuesto su cuerpo. Todas las características antes mencionadas, permitieron hacer una distinción en los rasgos morfológicos que hay entre ésta abeja con respecto a la *Apis mellifera*; la cual, a pesar de que ambas son abejas, tienen sus propias particularidades.

Por otra parte, también se pudo ver como la ilustración científica se ve amenazada por nuevas tecnologías como la fotografía, la cual resulta una herramienta bastante útil para la ciencia, ya que se trata de una presentación gráfica que se caracteriza por ser una representación fiel, debido a que puede comunicar información de una manera muy puntual, además de, tener una correlación con un texto específico. La ilustración científica permite mostrar claramente, dentro de la infografía que se presenta en esta tesis, a la protagonista del tema; la abeja maya. Siendo así, el objetivo de este proyecto está cumpliendo con mostrar a la gente cómo es la *Xuman Kab* y, en conjunto con la infografía, la historia que la rodea, su situación, así como las causas por las que se encuentra este insecto que se encuentra en peligro de desaparecer. De igual modo, se pudo conocer a las diferentes flores que poliniza, así como las sugerencias para contribuir a que no se extingan estas abejas. Por otro lado, sobre la infografía, se concluye que es un medio y, a su vez, una herramienta apropiada para presentar a la abeja maya, ya que con otro medio gráfico no se hubieran alcanzado los objetivos establecidos en el presente trabajo. Debido a la precisión y sencillez que caracterizan a una infografía es que su elaboración no fue fácil, ya que se debía presentar información complicada; para esto se tuvo que seleccionar información muy concreta, y esencial del tema, después traducirla a un lenguaje más sutil

y coloquial para el receptor; de modo que fuera de fácil recepción, incluso, tratándose de un tema científico. Finalmente se tuvo que fortalecer toda esta idea con gráficos que tuvieran una clara visualización, además de un gran impacto, ya que en ellos serían el primer contacto con el receptor.

Es así como se concluye que esta investigación, y proyecto, reúne los elementos necesarios para informar sobre la realización de una ilustración científica y una infografía, así como, la relación que existe entre ellas. Además de, mostrar su utilidad como herramienta de apoyo en la ciencia para comunicar su mensaje deseado. Por otra parte, también se logró mostrar la relación que puede haber entre un diseñador y comunicador visual, un ilustrador y un científico (que puede ser astrónomo, biólogo, médico veterinario, etc.).

Con todo lo que integra este escrito, se desea que el lector se vuelva más consciente y responsable al momento de realizar un dibujo científico, y una infografía, ya que esto conlleva una gran concentración y dedicación, para poder realizar las representaciones gráficas, pues ambas comparten un objetivo, que es, mostrar información precisa y clara para que el público pueda tener una mejor comprensión.

ANEXOS

ANEXO 1

PRODUCCIÓN EN SERIE

La producción en serie, se le conoce también como *producción en masa*, *producción en flujo* o *producción continua* que consiste en la fabricación de grandes cantidades de productos estandarizados.

“Los conceptos de producción en serie se aplican a diversos tipos de productos, desde fluidos y partículas manipulados a granel (tales como alimentos, combustible, productos químicos y minerales extraídos) hasta partes sólidas discretas (como ropa, autos o electrodomésticos)” (<https://www.encyclopediainanciera.com/definicion-produccion-en-serie.html>).

Debe considerarse que, al momento de fabricarse, los productos deben tener una alta calidad con rapidez y en grandes cantidades; lo que implica que la infraestructura necesaria para dicha producción será extremadamente costosa. Por eso es importante cuidar la selección de forma de impresión.

151

SISTEMAS DE IMPRESIÓN OFFSET E IMPRESIÓN DIGITAL

Para la infografía que propongo, el estudio será sobre los sistemas de impresión offset y digital. Se mencionará las diferencias que tienen uno del otro, la relación de costos de producción y la calidad que ofrece cada uno, lo que permitirá saber cuál es el mejor sistema de impresión para producir la infografía, si fuera el caso de tener la en físico.

Cada sistema de impresión mencionado anteriormente es diferente y explico esas diferencias a continuación: El offset es un sistema de impresión que se basa en la repulsión entre la tinta grasa y el agua. Para imprimir en offset se emplean tintas de color cyan, magenta, amarillo y negro (CMYK). Imágenes, textos, colores, entre otros se descomponen en los porcentajes de cada una y se graban en una plancha de aluminio con modernos CTP (del inglés Computer To Plate) que mediante un láser graban directamente lo que se va imprimir sobre la emulsión de la plancha. Y por cada tinta se graba una plancha.

Las planchas se colocan en la prensa de impresión, cada plancha en un cuerpo de impresión. Se enrolla en un cilindro portaplanchas y mediante unos rodillos se le aporta agua, que se refugia en los poros de la plancha donde no hay dibujo, en seguida se aplica la tinta oleosa, que al ser repelida por el agua se refugia en las zonas donde hay dibujo. De

esa manera se consigue tener tinta “solo” donde hay dibujo (<https://www.laimprentacg.com/impresion-offset/>).

Posteriormente, se transfiere esa tinta a otro rodillo de caucho que por presión arranca la tinta y a su vez transfiere al papel. Este proceso se repite por cada uno de los colores CMYK. Asimismo, se pueden añadir colores especiales, pantones, barnices, etc.

La impresión digital en comparación con el offset omite fases del proceso de impresión, es decir, los datos pasan directamente de la preimpresora a la prensa y al sustrato, sin uso de planchas. El tiempo de preparación y cambio se reducen enormemente ya que no se necesita ajuste de imagen, pruebas, imposición ni insolación. Además, este método puede incluir a la impresora doméstica que cualquiera puede tener en casa o a la fotocopidora que hay en la tienda de la esquina.

Las casas de impresión o imprentas, cuentan con diferentes tecnologías de impresión digital, adaptadas a sus necesidades concretas. En el caso de la impresión a color destacan las últimas máquinas de impresión digital *HP Indigo*, tecnología parecida a la impresión de offset. Aunque, la tecnología de impresión *HP Indigo* reemplaza “la plancha analógica de aluminio por una unidad denominada PIP que es como una plancha virtual que se va pintando y borrando en cada vuelta del tambor. Esta plancha virtual se carga eléctricamente y se cubre con la electrotinta de HP que se transfiere a la mantilla de caucho y luego al papel, la tinta impregna a las imperfecciones del papel y garantiza la máxima adherencia” (<https://www.laimprentacg.com/diferencias-entre-impresion-offset-y-digital/>). Este sistema de impresión permite una gran calidad, una puesta en máquina rápida y el impreso sale seco, con lo que se puede manipular en el acto. Y todo esto permite que se puedan imprimir tiros muy cortos y con gran rapidez.

Tabla 9. Ventajas y desventajas de la impresión offset e impresión digital.			
Impresión offset		Impresión digital	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Excelente calidad fotográfica.	La puesta en máquina es complicada y costosa.	La puesta en máquina es instantánea y económica.	El costo de impresión es fijo por lo que no se abaratan las grandes tiradas.
Sistema adecuado para imprimir tiradas medias y grandes a un costo económico.	Las tintas pueden provocar repintes si no se dejan secar lo suficiente.	Se pueden imprimir tiradas muy cortas y trabajos urgentes.	Algunos fondos pueden tener <i>banding</i> .
Para tiradas largas es más rápido que la impresión digital.	No se puede manipular el trabajo impreso hasta pasadas 24 horas.	El sistema acepta una amplia gama de soportes especiales: PVC, vinilo, imán, etc.	La gama de papeles que se pueden utilizar, está más limitada.

Se puede usar cualquier tipo de papel: estucados y no estucados, con texturas, con verjuras, etc...	Puede haber inestabilidades de color durante la tirada.	Se pueden utilizar datos variables y personalizar cada hoja.	El tamaño de hoja es menor que en el offset.
Se pueden emplear tintas especiales, pantones, oro, plata, barnices.	Todos los ejemplares impresos son iguales. No se pueden personalizar.	Se puede manipular en el acto.	
Tamaños de papel hasta 102×72 cm.		Excelente calidad fotográfica.	
Gran durabilidad del producto impreso.		Además, las máquinas actuales incorporan densitómetros que garantizan la estabilidad del color.	

ESTUDIO DE COSTOS DEL MERCADO DE IMPRENTAS

153

El estudio se realizó entre cuatro imprentas dedicadas a la impresión de offset y/o digital. Estas imprentas son *Office Print*, *Lonas y más*, *Vegodpi* y *Lumen*. Los costos que se cotizaron en estos lugares fueron para una serie de 10 piezas y una serie de 1000 piezas que se resumen en la tabla 10 se dan otras características sobre la impresión, considerando la medida del formato 59.4 x 42 cm.

Tabla 10. Comparación de costos entre imprentas				
Imprentas	Sistema de impresión	Tipo de papel	Piezas	Costo
Office Prince	Digital	Glossi	10	\$73 c/u
	Offset	Couche	1000	\$7 c/u
Lona y más	Digital	Fotográfico	10	\$150 c/u
	Offset	Couche	1000	\$3,200
Vegodpi	Digital	Couche	10	\$882
	Offset	Couche	1000	\$5,500
Lumen	Digital	Glossi	10	\$1,598
	Offset	-----	-----	-----

En conclusión, los precios varían entre cada imprenta y en los sistemas de impresión, así como en cada establecimiento. En cuanto a la calidad, *Office Prince* y *Vegodpi*, son las imprentas que logran la mejor calidad. Y de acuerdo a mis expectativas, para impresión de la infografía, *Vegodpi*, es la imprenta que las cumple.

ANEXO 2

ENTREVISTAS CON ESPECIALISTAS DEL TEMA EN EL INSTITUTO DE ECOLOGÍA DE LA UNAM

Entrevista para determinar la necesidad del problema para tesis

Entrevista 1

1.¿EXISTEN INSECTOS POLINIZADORES QUE ESTÉN AMENAZADOS DE LA EXTINCIÓN?

En general, existe una crisis de biodiversidad en el planeta y muchas especies están en peligro de extinción por la destrucción de su hábitat. Dentro de estas especies algunas son polinizadoras. Hay que tomar en cuenta la crisis de los polinizadores de la que se habla en los medios, se ha focalizado en la crisis que tienen las abejas mieleras (*Apis mellifera*) por el colapso de sus colmenas, sin embargo, estas abejas no son nativas de México. Las introdujeron los españoles y hoy están muy extendidas, pero son parte del problema que tienen los polinizadores nativos.

Dentro de los polinizadores más importantes están el grupo de las abejas y de las mariposas, las abejas nativas sin aguijón, que pertenecen a la familia *Meliponini* son de las más amenazadas. También, hay mariposas endémicas que están en peligro de extinción, pero su función como polinizadoras está menos estudiada.

2.¿QUÉ INSECTO POLINIZADOR EN MÉXICO ES MÁS VULNERABLE Y POR QUÉ RAZONES?

Qué insecto es el más vulnerable es difícil de decir con certeza, pero podrías concentrarte en las abejas meliponas que son utilizadas desde el México prehispánico como abejas mieleras y además, se sabe que son importantes polinizadoras de especies del bosque. Las razones de su declive tienen que ver con los cambios en el uso de suelo, con el exceso de insecticidas y por la introducción de la abeja mielera europea.

3.¿QUÉ PROBLEMA PODRÍA PROVOCAR SU AUSENCIA A LA HUMANIDAD Y POR ENDE AL PLANETA?

La ausencia de los polinizadores implica que muchas especies de plantas pierden la capacidad de reproducción, es decir, que no tendrán frutos, ni semillas y que, por lo tanto, no tendrán hijos y sus poblaciones morirán. En el caso de los polinizadores que además polinizan plantas cultivadas por el ser humano, implica que perderemos la

producción de frutas y verduras.

4. EN RELACIÓN A LA RESPUESTA QUE ACABA DE DECIR, ¿QUÉ PLANTA(S) SERÍAN AFECTADAS SI DESAPARECEN SUS POLINIZADORES? Si pensamos en las meliponas, serían las especies de los bosques en las que habitan.

5. ¿SE ALTERARÍAN ALGUNOS DE SUS PROCESOS EVOLUTIVOS? Sí, se alteran los procesos evolutivos porque implica la extinción de especies de plantas derivado de haber perdido a los polinizadores.

6. DE ESTE PROBLEMA, ¿QUÉ ES Y CÓMO PIENSA QUE ES LA MEJOR MANERA DE DIVULGAR A LA POBLACIÓN MEXICANA?

Me parece importante hablar de la diversidad que existe en México, no solo de la diversidad de especies sino de ecosistemas y de sistemas de manejo. Hablar de la importancia de las relaciones entre las especies y de cómo unas dependen de otras, por lo tanto, si se afecta una, como es el caso de los polinizadores, implica una reacción en cadena que desemboca en la extinción de muchas que dependen de ellos.

7. ¿QUÉ MATERIALES GRÁFICOS CONSIDERA QUE PUEDEN SER ÚTILES PARA DIFUNDIR DICHO ASUNTO?

Los materiales gráficos me parece que deben reflejar la diversidad, creo que las guías de campo para identificar a las especies mexicanas son útiles, pero también pueden ser posters o campañas en redes sociales.

(Ek del Val de Gortari, comunicación personal, 12 de octubre de 2016).

155

Entrevista 2

1. ¿EXISTEN INSECTOS POLINIZADORES QUE ESTÉN AMENAZADOS DE LA EXTINCIÓN?

Sí, efectivamente. No hay una, sino hay un motón de especies que son polinizadoras que están en peligro de extinción, y la que más se nos viene a la mente, es la abeja común que se llama *Apis mellifera*. Esa abeja es también la abeja europea que está en todo el mundo, porque es la abeja comercial, la que se usa para producir miel y que incidentemente poliniza muchas flores. No es la única, porque abejas hay muchas especies en todo el planeta. Pero tiene mucha chamba, digamos de polinización, sin embargo, también la polinización la causan este otro motón de especies. Lo que sí es que estas especies, todas ellas tienen el mismo problema, que están en peligro.

2. ¿QUÉ INSECTO POLINIZADOR EN MÉXICO ES MÁS VULNERABLE Y POR QUÉ RAZONES?

Las mariposas y las polillas que están muy cercanamente aparentadas. Las mariposas normales las que vemos en el día, de colores... y las polillas son sus hermanas las que salen en la noche, son las que tienen la misma forma que la mariposa, pero tienen colores más pálidos, más oscuros.

En estos dos grupos, abejas y mariposas son como los dos grandes grupos de polinizadores en México.

Son varias las razones, pero la principal son los plaguicidas, el cual tiene un compuesto químico llamado neonicotinoide, que es la base común. Este compuesto químico se usa para matar la maleza, en muchos cultivos por los campesinos para matar plantas que no son deseadas. Pero, incidentemente estos neonicotinoides también son absorbidos por las plantas que utilizan las abejas para alimentarse. Se depositan en las flores estos compuestos en el néctar y es de ahí donde las abejas cuando visitan las flores toman este alimento y el neonicotinoide.

El neonicotinoide que es absorbido por las abejas les provoca dos daños: en el sistema nervioso provoca alteración en su memoria, lo que impide a la abeja regresar a su colmena. Y en el sistema inmunológico lo hace más débil, exponiéndolo a cientos de parásitos.

Las causas de esto sería que las abejas no llegan con néctar a su colmena, lo que se conoce como síndrome o síntoma de abandono. El otro sería, que cuando llegan a encontrar su colmena, las abejas estarán expuestas a patógenos teniendo una vida corta, además son vías de transmisión de enfermedades para el resto de las abejas sanas, incluyendo los estados inmaduros que son las larvas (los bebés). Entonces, la colmena de abejas se vuelve escasa de éstas o se encuentran muy enfermas.

Otro factor importante que está provocando la mortalidad en las abejas es el cambio climático, lo que genera que estas especies vivan en otras zonas por el aumento de temperatura. Asimismo, se provoca que los patógenos puedan incursionar en nuevas áreas donde antes no podían vivir.

3. ¿QUÉ PROBLEMA PODRÍA PROVOCAR SU AUSENCIA A LA HUMANIDAD Y POR ENDE AL PLANETA?

La variedad de alimentos, es decir, nuestra dieta, nuestro plato de comida. Esto dependiendo de lo que se consuma en cada país, pues cada uno tiene diferentes dietas, por lo que puede decirse que hay países que de un 30% ó 40% depende de los frutos que se dan por la polinización de las abejas y plantas. Y esto afectará dependiendo de la relación que haya entre las plantas y la dieta de cada país.

También, los que se ven afectados son otros seres vivos como peces, mamíferos, algunos reptiles e insectos pues dependen de esto como una fuente de alimento, incluso las mismas plantas, pues tienen una relación, es decir, estas otras especies al consumir el fruto y después de desecharlos, provocan una germinación, y por tanto nuevas plantas.

4. EN RELACIÓN A LA RESPUESTA QUE ACABA DE DECIR, ¿QUÉ PLANTA(S) SERÍAN AFECTADAS SI DESAPARECEN SUS POLINIZADORES?

Preguntar en un invernadero qué plantas con flores son las que son más visitadas por

las abejas y que floren todo el tiempo, y que sean nativas.

Pero, de las flores que yo recomiendo son: la Elezar, la Lavanda, las Margaritas, los Geranios, que son fáciles de atender y de tener en un jardín, incluso en una maceta.

5. ¿SE ALTERARÍAN ALGUNOS DE SUS PROCESOS EVOLUTIVOS?

6. DE ESTE PROBLEMA, ¿QUÉ ES Y CÓMO PIENSA ES LA MEJOR MANERA DE DIVULGAR A LA POBLACIÓN MEXICANA?

Acercar el problema, a través de una campaña que los haga pensar que esta comida que está ahí, no siempre va estar ahí. Esa comida puede tener un problema de que en algún momento no puede estar ahí, no porque no tengas dinero para comprarla, sino porque no exista, y eso es más grave. Entonces, la gente debe entender que este tipo de alimentos, nuestra seguridad de tenerlo todos los días pueda estar en riesgo. Esa es la manera en la que se puede concientizar a la gente.

7. ¿QUÉ MATERIALES GRÁFICOS CONSIDERA QUE PUEDEN SER ÚTILES PARA DIFUNDIR DICHO ASUNTO?

A través de charlas por medio de carteles, videos, material gráfico en general, pero dirigido a niños, que serían el 80% por donde se lograría el cambio. Y el 20% sería de los adultos que sería averiguar su contexto para lograr un cambio en ellos.

(Alejandro Córdoba, comunicación personal, 4 de octubre de 2016).