



Tecnológico de Monterrey

Modelación de la matemática fundamental
MA1028.114

**Reto: Bosquejo de Solución de la Situación Problema - Tala
sustentable de árboles**
EQUIPO 5

Nombre – Apellidos	Matrícula	Iniciales de carrera	Foto
Román Mauricio Elías Valencia	A01656603	ITC	
Amy Vanesa Díaz García	A01656419	IRS	
Luis Armando Mandujano Chavez	A01655899	ITC	
Lisa Valeria Rodriguez Alanis	A01656306	ITC	

Profesora: Marlene Aguilar Abalo
Agosto – Diciembre
Fecha de entrega: 28/11/2021

1. Define lo que es huella ecológica y biocapacidad de carga.

Huella ecológica: es un indicador para conocer el grado de impacto de la sociedad sobre el ambiente. Es una herramienta para determinar cuánto espacio terrestre y marino se necesita para producir todos los recursos y bienes que se consumen, así como la superficie para absorber los desechos que se generan, usando la tecnología actual.

Para calcular la huella ecológica tenemos que restar los recursos consumidos por cada persona a los recursos generados por el planeta en el año. La huella ecológica se expresa en hectáreas globales.

Los resultados a escala mundial muestran que la capacidad del planeta para solventar las necesidades de las personas es insuficiente. Se consumen más de lo que producimos y más residuos que la biocapacidad del planeta de asimilarlos.

Biocapacidad: es la disponibilidad de superficie biológicamente productiva dentro de un determinado territorio. Para su cálculo se valoran diferentes categorías de superficies productivas, tales como aquellas dedicadas a cultivos, pastos y bosques, así como aquellas superficies de ecosistemas marinos productivos y las superficies que han sido degradadas por actividades antrópicas. La forma de expresar la biocapacidad suele ser en hectáreas (ha).

2. Elabora un resumen que permita valorar la explotación de los bosques en forma sustentable (Explotar los bosques de forma responsable, 2018).

Las concesiones forestales es un modelo jurídico en donde a una comunidad privada o local le es conferido por el estado el derecho a aprovechar, de una manera sostenible, los recursos de los bosques preservando su riqueza y evitando dañar el ecosistema.

Dichas concesiones pueden generar muchos impactos positivos en la población, como empleos, mayores ingresos, aumentar el valor de los bosques. Sin embargo, existen problemas los cuales hacen dudar si es viable y favorable al medioambiente este tipo de políticas. Debido a esto la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura han ido regulando estas prácticas de una manera amigable para el ecosistema, sin afectar a las comunidades y sin afectar el desarrollo de estas mismas.

A pesar de que existan estas concesiones, no significa que el problema esté resuelto, pues puede haber malos manejos de estas, lo que generaría sobreexplotación, distribución inadecuada de beneficios, la vulneración y falta de reconocimiento a los derechos de los habitantes locales y la poca rentabilidad económica. Pueden existir varias formas de manejar inadecuadamente dichas concesiones como una mala gestión, un gobierno débil, reglas y expectativas fuera de las posibilidades de la población o el enfoque en beneficios a corto plazo.

Para poder contrarrestar todos estos problemas las recomendaciones hechas por la Organización son: cultivar y cosechar productos agroforestales y cultivos agrícolas, las

reposiciones de árboles de valor comercial, más inversión en silvicultura, entre otros. Lo que podría beneficiar frenando la deforestación, reduciendo la huella de carbono, garantizando producción forestal sostenible, creando oportunidades de empleo y servicio, generando ingresos a las comunidades locales y contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Todo esto tiene que ser respetado por todos los actores involucrados, pues uno que no desee acatar la correcta forma de hacerlo puede evitar los beneficios de este tipo de políticas.

En México el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, la Comisión Nacional Forestal de México y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente publicaron una guía en la que explica cómo llevar a cabo las concesiones de una manera segura dirigida a la población.

3. *Calcula tu huella ecológica personal (Calculadora de tu huella ecológica personal, 2020) y analiza tus resultados. Se deben reportar resultados personales, éstos se deben incluir en el documento de trabajo.*



⇒ **1.49_{hag}**

RMEV: Al momento de hacer mi cálculo de huella ecológica salió como resultado 1.49 hag con lo cual estoy muy cerca del promedio de los habitantes de Ecuador y un poco más alto que la mitad del promedio mundial, analizando más a fondo mis resultados me di cuenta que la

categoría que impacta más a mi resultado es la gasolina, y aunque inicialmente creo que esto se debe a que toman como referencia el precio de su país, aun así considero que a veces si uso excesivamente el auto por lo cual trabajare en usar medios de transporte compartidos.



⇒ **1.84_{hag}**

AVDG: Como habitante del planeta Tierra me preocupo mucho por el tiempo de vida que le queda de acuerdo con lo poco o mucho que cuidamos de los recursos que nos brinda para poder coexistir. El cálculo de mi huella ecológica no resultó como lo planeaba. Tras estar casi 2 años en cuarentena debido a la actual emergencia

sanitaria Covid-19 muchos de las cantidades varían de acuerdo a lo que podíamos salir a comprar o a la accesibilidad que se tenía en esos momentos. Por lo general buscábamos movilizarnos en transporte público, sin embargo, este se convirtió en un gran foco de contagios por lo que optamos por utilizar nuestro automóvil más de lo que se usaba normalmente. El cálculo de mi huella ecológica resultó en 1.84 hag. Estoy convencida de que esto puede cambiar, a veces las pequeñas acciones son las que hacen la diferencia.



⇒ **1.01_{hag}**

LVRA: Analizando mis resultados en la huella ecológica y con un resultado de 1.01 Los cálculos brindados por la calculadora, me indican que si todas las personas vivieran mi estilo de vida, se

necesitaría más espacio que el del planeta que tenemos, y desafortunadamente hay gente con una huella ecológica aún más grande que la mía, que aumenta esta cifra. Sin embargo, el estilo de vida de las personas promedio contribuye muy poco a la crisis climática a comparación de las industrias (petrolera, ganadera, textiles, etc.) en el cual no tenemos ningún poder ni decisión y estas resultan las 1ras en tener la huella ecológica más grande del mundo. Viendo mis resultados y la información que arroja la página hago conciencia de que mi estilo de vida no es tan sustentable como me gustaría, sin embargo a diario intenté mejorar mi estilo de vida y a su vez mi huella ecológica al intentar ser una consumidora responsable.



⇒ **0.72**_{hag}

LAMC: Mis resultados de la huella ecológica dieron 0.72 hag. Es decir, si todos viviéramos como yo necesitaríamos de 0.42 planetas cada año. Y a pesar de que no es algo tan crítico si podría disminuir mi consumo para ayudar más al planeta. Debido a que no todos tenemos el mismo

estilo de vida y que no todos tienen la misma huella ecológica, es necesario tener la menor cantidad posible para poder contrarrestar los problemas al medio ambiente. Ahora agregándole a esto, solo se cuentan las vidas personales, existen otro tipo de acciones que pueden generar un resultado más alto en la huella ecológica, como todas las actividades que realizamos en la vida laboral o por ejemplo lo que podría generar una empresa. Es debido a esto que nos estamos acabando los recursos antes de que puedan regenerarse, y puede que no sea un problema inmediato, sin embargo, en un futuro habrá escasez de recursos lo que conllevará muchos problemas a la humanidad.

4. *Investiga la situación que, sobre uso de los recursos forestales existe en México (Proyecto de conservación y manejo sustentable de recursos forestales en México, el caso de la comunidad en San Pedro el Alto, Oaxaca, 2000). Resume tus apreciaciones, deben ser parte de tu reporte.*

Oaxaca es un estado con vasto mosaico biológico y social, tiene el 3er lugar de mayor territorio forestal teniendo 72% de bosques templados de pino encino y el 28% restante de zonas áridas, es casa de 16 etnias.

El aprovechamiento de sus bosques data desde 1940 con el proyecto de la industrialización del país, esto mediante el fomento de la inversión extranjera con las concesiones, lo cual solo daba garantía a los empresarios y no a los dueños originarios de los bosques, en 1981 la concesión de 25 años de vigencia llegó a su fin y los pobladores solicitaron que no fuera renovada; pero por mandato ejecutivo (Presidente Jose Lopez Portillo) se creó una nueva a favor de la Compañía Forestal de Oaxaca por tiempo indefinido.

Derivado a que la concesión de estos recursos naturales fue impuesta, el manejo de los recursos era desmedido, las ganancias para las empresas eran muy altas, los salarios para los trabajadores muy bajos y no había regulación de los bosques, lo cual impacta negativamente a las comunidades.

A fuerza de voluntad y de lucha, en 1986 la Ley Forestal fue modificada a favor de las comunidades y ejidos forestales de Oaxaca, acabando con el poder de las empresas sobre estos recursos, devolviendo el control a sus dueños y pobladores originarios, esto también fue propiciado por el levantamiento de la población y con diversos movimientos sociales.

Después de la modificación de la ley y cuando se fueron las empresas de los estados, comenzó un proyecto de reforestación ya que la mismas empresas se habían llevado lo mejor del bosque el cual estaban matando poco a poco.

Después de todo esto, dio pie al surgimiento de las empresas comunales y organización de comunidades forestales; aunque también a su vez, si bien las empresas anteriores dejaron mucha infraestructura en materia de caminos, las comunidades carecían de maquinaria con lo cual tuvieron muchos obstáculos para aprovechar nuevamente sus recursos.

La silvicultura comunitaria pasó de ser una actividad marginal a una de las principales industrias del estado de Oaxaca, principalmente de las organizaciones comunales, esto también dio paso a la cultura de protección ambiental lo cual ayuda a medir el correcto uso de los recursos naturales que componen al bosque.

Las empresas y comunidades rápidamente definieron sus formas de organización lo cual dio forma a su organización social, todo esto con el propósito de evitar volver a las malas prácticas del pasado y que la comunidad siga floreciendo, las ONG's fueron un aporte grande al proyecto, ya que trabajaron con las comunidades en pro de su beneficio.

5. Revisa la página: “La Carta de la Tierra” (Carta de la Tierra, 2020), elabora un resumen con tus apreciaciones.

La carta de la Tierra es un documento compuesto por 16 puntos/objetivos que tienen como propósito impulsar un movimiento global en pro del cuidado de nuestro hogar.

Este proyecto surge derivado a que nuestro actual modo de vida no respeta los límites biofísicos del planeta, a que no se comparten equitativamente los recursos entre la población y que la seguridad global está amenazada; haciendo referencia a la situación global en la cual estamos actualmente inmersos, los retos venideros y la responsabilidad que tenemos todos los seres vivos hacia el cuidado de nuestro planeta; se basa también en 4 pilares/ejes:

- Respeto y cuidado de la comunidad de la vida
Se refiere al cuidado de la vasta diversidad de formas de vida que existen en nuestro planeta, así como el impulso a las comunidades sostenibles con un enfoque justo y pacífico.

- **Integridad ecológica**
Protección de los ecosistemas de la tierra con planes de desarrollo sostenible, prevención de introducción de organismos dañinos a los mismos, eficiencia y aprovechamiento de los recursos y de la energía, acceso a los servicios de salud y a la cooperación internacional para la sostenibilidad.
- **Justicia social y económica**
Erradicación de la pobreza en todos los sectores, esto con acciones como garantizar el acceso a agua potable, aire limpio o garantizar la seguridad alimentaria; también se refiere a la promoción del desarrollo humano mediante la distribución equitativa de la riqueza entre las naciones, así mismo ligando temas como la equidad de género y al cumplimiento y defensoría de los derechos humanos eliminando la discriminación en todas sus formas y reafirmando con los gobiernos su compromiso al cumplimiento de estos mismos.
- **Democracia, no violencia y paz**
Este último eje se centra en el derecho a que la población reciba información clara sobre temas ambientales siendo oportuna, a que se pueda participar y apoyar a la sociedad civil mediante iniciativas locales o globales para que todos puedan ser partícipes y finalmente busca la abolición de la corrupción en las instituciones.

Creemos que la “Carta de la Tierra” tiene una vinculación muy cercana a los ODS debido a que gran parte de sus objetivos se vinculan con los 17 objetivos, como por ejemplo con el ODS #2 Hambre 0, con el ODS #10 Reducción de las desigualdades, con el ODS #15 Vida de ecosistemas terrestres, entre otros.

6. Consulta sobre trabajos que permitan valorar el crecimiento del volumen de algunas especies de árboles para apoyar el presente trabajo (El eucalipto en la repoblación forestal, 1981).

Se valoró el crecimiento de volumen de algunas cierta especie de árbol, para apoyar el siguiente trabajo. Se hizo una consulta del libro *El eucalipto en la repoblación (1981)*, en donde se da a conocer la información que se ha recabado por la colaboración de varios especialistas sobre los eucaliptos y su crecimiento. La información recabada que consideramos más importante es la siguiente:

El crecimiento de la mayoría de los árboles de eucaliptos es rápido, sin embargo, los datos más importantes a recabar sobre la tasa de crecimiento de esta especie de árboles, depende de los factores ambientales a los que se enfrenta. Se tienen contemplado medidas de protección para la producción de esta especie, buscar localidades de plantación que no tengan insectos que los defolien, por ejemplo, en Australia esto ha producido ritmos de crecimientos notables. Los troncos de muchos árboles de eucalipto llamaron la atención de la industria, y se puso en evidencia los sobresalientes ritmos de crecimiento de la especie, gracias a los mecanismos de crecimiento. Asimismo, gracias a los mecanismos defensivos de crecimiento

que se establecieron, los eucaliptos han desarrollado características de aumento que han hecho de ellos un factor fundamental para la perdurabilidad de un recurso forestal sometido a las difíciles condiciones ambientales de su tierra nativa.

El crecimiento puede ser parcialmente eficaz o sano de acuerdo con el nivel nutricional del sitio. Las especies plantadas en una localidad diferente pueden presentar en su follaje coloraciones especiales que demuestran que la localidad carece de ciertos elementos necesarios para el crecimiento sano de la especie. Habiendo establecido la información previa, esta se encuentra provechosa para el cultivador, quien estará encargado de corregir dichos inconvenientes. Otro factor importante que se menciona, son las exigencias de las diferentes especies que varían, ninguna localidad establecida puede asegurar el crecimiento óptimo para cada especie. Sin embargo, se puede llegar a una aproximación del probable ritmo de crecimiento de un árbol en una localidad determinada. La época de corta debe ser planificada para evitar períodos secos y fuertes heladas, esta puede diferir según las localidades, y es necesario recabar más información sobre las condiciones específicas en las que se encuentran los árboles.

II. Hacia la solución matemática de la situación problema.

Edad de la siembra (años): t	Volumen total (m ³ /hectárea): V
1	0
2	0.3
3	2.3
4	10.1
5	24.6
6	44.4
7	67.7
8	92.9
9	118.8

10	145.6
11	170
12	194.3
13	217.2
14	240
15	260.1
16	280
17	299.9
18	318.7
19	334.8
20	350.7
21	365.7
22	380.1
23	393.7
24	406.6
25	418.7
26	430.4

27	441.6
28	451.8
29	461.7
30	471.3

Tabla 1. Volumen de madera por hectárea versus tiempo

7. Grafiquen los puntos de la Tabla 1. Los expertos agrónomos utilizan con frecuencia una función de ajuste del tipo:

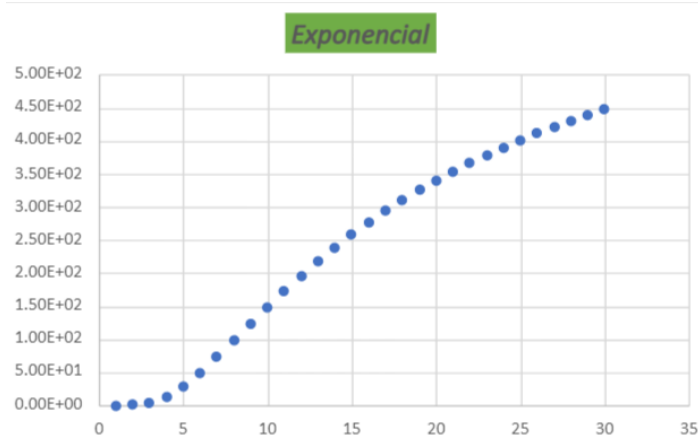
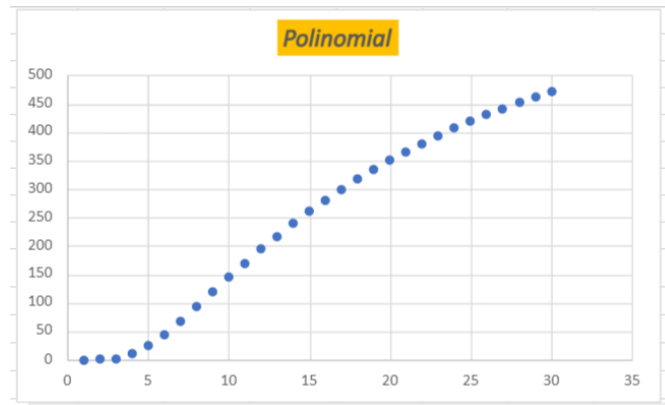
$$V(t)=e^{(a+b/t)}$$

Ajusta los datos de la Tabla 1, a una función de este tipo.

$$\text{Ecuación : } V(t)=e^{(a+\frac{b}{t})} \Rightarrow y=e^{(a+\frac{b}{t})}$$

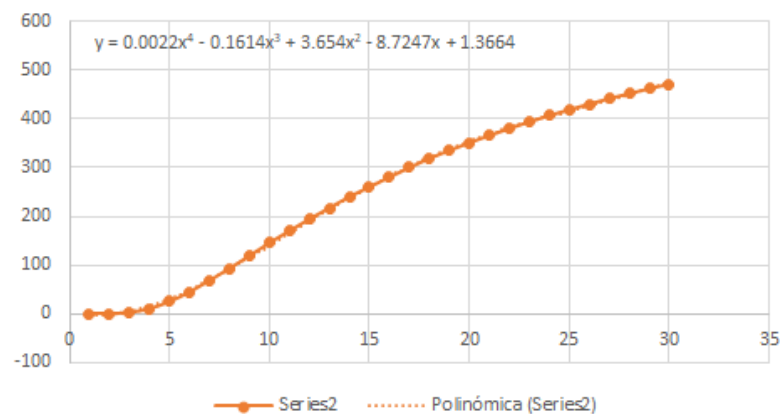
$$\text{Despeje: } \ln(y) = a + b/t$$

Polinomial		Grafica 2		Exponencial
t	V	1/t	ln(V)	y= -16.534/t + 6.6547
1	0			1 5.12E-05
2	0.3	0.5	-1.204	2 1.99E-01
3	2.3	0.33333	0.83291	3 3.14E+00
4	10.1	0.25	2.31254	4 1.24E+01
5	24.6	0.2	3.20275	5 2.84E+01
6	44.4	0.16667	3.79324	6 4.94E+01
7	67.7	0.14286	4.21509	7 7.32E+01
8	92.9	0.125	4.53152	8 9.83E+01
9	118.8	0.11111	4.77744	9 1.24E+02
10	145.6	0.1	4.98086	10 1.49E+02
11	170	0.09091	5.1358	11 1.73E+02
12	194.3	0.08333	5.2694	12 1.96E+02
13	217.2	0.07692	5.38082	13 2.18E+02
14	240	0.07143	5.48064	14 2.38E+02
15	260.1	0.06667	5.56107	15 2.58E+02
16	280	0.0625	5.63479	16 2.76E+02
17	299.9	0.05882	5.70345	17 2.94E+02
18	318.7	0.05556	5.76425	18 3.10E+02
19	334.8	0.05263	5.81353	19 3.25E+02
20	350.7	0.05	5.85993	20 3.40E+02
21	365.7	0.04762	5.90181	21 3.53E+02
22	380.1	0.04546	5.94043	22 3.66E+02
23	393.7	0.04348	5.97559	23 3.78E+02
24	406.6	0.04167	6.00783	24 3.90E+02
25	418.7	0.04	6.03715	25 4.01E+02
26	430.4	0.03846	6.06472	26 4.11E+02
27	441.6	0.03704	6.0904	27 4.21E+02
28	451.8	0.03571	6.11324	28 4.30E+02
29	461.7	0.03448	6.13492	29 4.39E+02
30	471.3	0.03333	6.15549	30 4.47E+02



8. *Ajusta los datos de la Tabla 1 a una función de tipo polinomial, ¿es posible otro tipo de ajuste funcional?*

Función de tipo polinomial grado 4



Después de realizar múltiples cambios en la línea de tendencia resulta que solo es posible modificarlo para que esto sea una función de tipo polinomial.

9. *Elabora una discusión matemática al respecto del primer periodo de tiempo: $[0,1]$. Tu explicación debe hacer un contraste que explique la diferencia en este intervalo de tiempo entre los modelos funcionales de las propuestas de los puntos 7 y 8.*

Lo que se abordó en los puntos 7 y 8 con respecto a las gráficas que se obtuvieron, la polinomial con los datos brindados originalmente y la exponencial, que se ajustó a la función $V(t)=e^{(a+b/t)}$, nos permitió visualizar el problema y cómo se comporta. En relación a la gráfica exponencial, nos resultó conveniente para la elaboración del trabajo, ya que las gráficas exponenciales son útiles para analizar aquellos datos que pueden experimentar un crecimiento o una evolución. Referente a la situación problema analizamos la población de árboles en torno al volumen/hectáreas que ocupan por año, y se ha identificado una trascendencia que hace necesario responder la pregunta hacia cual es el tiempo más conveniente para talar.

Habiendo establecido lo anterior, cabe resaltar que nosotros solo trabajamos con números reales (positivos), esto también es visible en las gráficas. No se ocupan números negativos porque estamos trabajando y basando nuestro análisis con respecto a volumen y tiempo. No existe un tiempo negativo y tampoco podemos trabajar con un volumen negativo porque sería incoherente de acuerdo a nuestra situación. Es por esto que tanto en la gráfica exponencial como con la polinomial nunca empezamos en $x=0$, si no que en $x=1$ porque estamos trabajando con años completos no en meses. Entre los modelos funcionales de las propuestas de los puntos 7 y 8, podemos comprobar en la función exponencial que un intervalo de tiempo en 0 no existe para la función. En el caso de la función polinomial, que se graficó con la ayuda de la Tabla 1 que nos brindó el problema, podemos observar que en el año 1 el volumen es igual a 0, lo cual nos indica que cualquier número menor que 1 nos daría un volumen negativo, que en este caso no existe para nuestra situación problema. Finalmente, podemos concluir que el periodo de tiempo $[0,1]$ no se toma en cuenta para nuestro análisis, el periodo de tiempo que ocupamos es distinto a 0 y a partir de 1.

10. *El ingreso derivado de la venta de madera es proporcional al volumen de ésta. Por esta razón, es importante que le des significado a la siguiente expresión:*

$$\frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Esta expresión nos indica que existe una derivada del volumen de los Oyameles con respecto al tiempo de la siembra de dicha conífera. Conforme se deriva la función exponencial, al final siempre llegará a una constante y la derivada de cualquier constante es cero, por lo que sí se puede alcanzar una cantidad máxima para el volumen.

11. ¿Qué pasa con la expresión del punto 10 anterior "a la larga"? Interpreta el sentido de esta expresión coloquial). ¿Es lógica la situación que se intuye de la gráfica de $V=V(t)$ al respecto de la ecología del contexto?

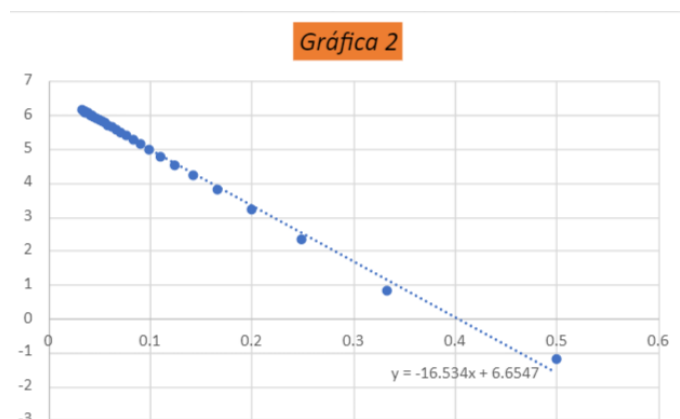
Como se menciona en el punto anterior la derivada de cualquier constante es cero, por lo que "a la larga" va a llegar a su máxima expresión, es decir, que se encontrará el límite de volumen de oyameles.

La situación que se intuye en la gráfica $V=V(t)$ no es lógica de acuerdo con la ecología del contexto. Los datos que se nos proporcionaron al inicio nos indican que a mayor edad de la siembra en años es mayor el volumen que se obtiene del oyamel, esto quiere decir que el comportamiento de crecimiento siempre será infinito, sin embargo, esto es un error ya que como se indicó anteriormente si existe una situación máxima para el volumen de las coníferas.

12. Haz un gráfico de la función: $W(t) = \frac{dV(t)}{dt}$ Interpreta, haz la conexión entre el contexto del problema y el concepto matemático.

a) Sacar los valores de a y b:

Para obtener los valores de a y b se utilizó la función $V(t) = e^{a + \frac{b}{t}}$ en donde despejamos $a + \frac{b}{t}$. El resultado de este despeje fue $\ln(y) = a + \frac{b}{t}$ en donde a y b son constantes. Por lo cual, al momento de graficar para el eje de "y", para los valores se usaron los resultados de $1/t$ donde t va del 1 al 30 que representan los años, para el eje de "x" los valores fueron el resultado de $\ln(V)$, donde V es el volumen que hay por año. (Observar "Gráfica 2" con el procedimiento en la parte 7). El resultado de la gráfica fue la siguiente:



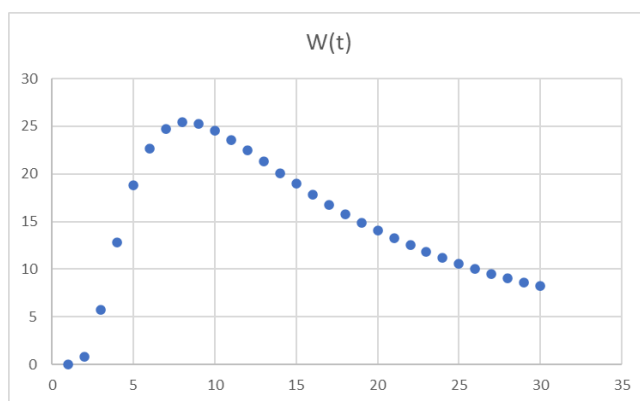
En donde la ecuación de la gráfica es $y = -16.534x + 6.6547$, de aquí deducimos que $a = 6.6547$ y $b = -16.534$

Resultado de la Derivada:

$$\frac{dV(t)}{dt} = e^{a+\frac{b}{t}} \left(-\frac{b}{t^2} \right)$$

$$\frac{dV(t)}{dt} = e^{6.6547+\frac{-16.534}{t}} \left(-\frac{-16.534}{t^2} \right)$$

$$\frac{dV(t)}{dt} = e^{6.6547-\frac{16.534}{t}} \left(\frac{16.534}{t^2} \right)$$

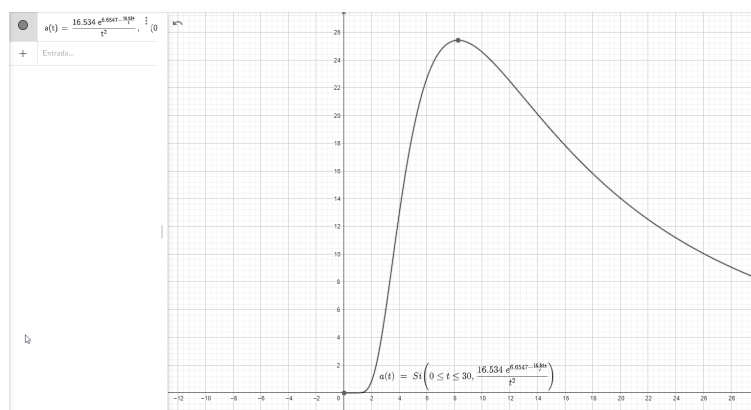


Esta gráfica nos ilustra lo que se menciona en el punto anterior. El volumen si tiene un punto máximo conforme pasa el tiempo y no es un valor infinito como lo indicaba la tabla de valores que se nos proporciona.

13. Determina el año en que la plantación crece más rápido. Vincula tu respuesta con el concepto de punto de inflexión.

El punto de inflexión es el punto máximo de una función antes de cambiar su concavidad, o en nuestro caso, es donde la derivada de nuestra función del volumen va respecto al tiempo para su punto máximo.

Haciendo uso de la herramienta graficadora Geogebra pudimos obtener la siguiente gráfica:



Por lo cual el año donde la plantación crecerá más rápido será el 8vo año.

14. ¿Qué interpretación le das a la expresión:

$$\int W(r)dr$$

Para r en $[a, t]$. Deberás escoger el valor de “a” para cada uno de tus ajustes funcionales (exponencial, polinomial). ¿En qué periodo anual esta cantidad es más grande?, vincula tu respuesta con la Tabla 1.

Anteriormente en el punto 14 se calculó el valor de a y b donde los resultados fueron

$a = 6.6547$ y $b = -16.534$, estos valores se usarán para integrar $W(r)$ en la función de ajuste exponencial. Como segundo paso, para establecer los intervalos de tiempo para las integrales se escogieron $[2,8]$, la razón para escoger el 8 fue porque en el punto 13 se determinó que el año que tiene mayor producción y un crecimiento más rápido en plantación fue el octavo año. Asimismo, en la gráfica del mismo punto, pudimos ver una tendencia de crecimiento alta a partir de $t=2$. Por esta razón se escogieron dichos intervalos ya que se identificó que en ese periodo se representa el crecimiento mayor de la producción dentro de los 30 años.

Exponencial:

$$W(r) = e^{a + \frac{b}{r}} \left(-\frac{b}{r^2} \right) = e^{6.6547 - \frac{16.534}{r}} \left(+ \frac{16.534}{r^2} \right)$$

$$\int_2^8 W(r)dr = \int_2^8 e^{6.6547 - \frac{16.534}{r}} \left(\frac{16.534}{r^2} \right) dr$$

$$\int_2^8 W(r)dr = \left[e^{6.6547 - \frac{16.534}{r}} \right]_2^8$$

$$= (e^{6.6547 - \frac{16.534}{8}}) - (e^{6.6547 - \frac{16.534}{2}}) = 98.09$$

$$\int_2^8 W(r)dr = 98.09$$

Polinomial:

$$W(r) = 0.0022r^4 - 0.1614r^3 + 3.654r^2 - 8.7247r + 1.3664$$

$$\int_2^8 W(r)dr = \int_2^8 0.0022r^4 - 0.1614r^3 + 3.654r^2 - 8.7247r + 1.3664 dr$$

$$\int_2^8 W(r)dr = \left[\frac{0.0022}{5} r^5 - \frac{0.1614}{4} r^4 + \frac{3.654}{3} r^3 - \frac{8.7247}{2} r^2 + 1.3664r \right]_2^8$$

$$\left(\frac{0.0022}{5} (8)^5 - \frac{0.1614}{4} (8)^4 + \frac{3.654}{3} (8)^3 - \frac{8.7247}{2} (8)^2 + 1.3664(8)\right) -$$

$$\left(\frac{0.0022}{5} (2)^5 - \frac{0.1614}{4} (2)^4 + \frac{3.654}{3} (2)^3 - \frac{8.7247}{2} (2)^2 + 1.3664(2)\right) = 210.10$$

$$\int_2^8 W(r)dr = \mathbf{210.10}$$

Finalmente, se puede concluir que $\int W(r) dr$ representa el aumento del volumen total(m³/hectárea) de madera que se produjo entre el 2do año de producción y el 8vo.

Dándonos información esencial para tomar una decisión respecto a en qué periodo sería más conveniente talar aquella cantidad de madera establecida que se produce por año (tomando en cuenta la producción de los siguientes según la Tabla 1). Consecuentemente se tomaría en cuenta el volumen total que se producido dentro de cierto periodo para poder talar sin perjudicar la producción de los siguientes años.

15. ¿Qué representa el área bajo la curva de la función:

$W=W(t); a \leq t \leq 30$ ¿Cómo se relaciona con la función de tu ajuste $V=V(t)$? Una vez más, analiza cada ajuste funcional y elige en consecuencia el valor “a” que corresponda.

En este caso la integral de $W(t)$ nos estaría dando la función de $V=V(t)$, por lo que $W(t)$ nos está dando la razón de cambio de la función del volumen de los árboles respecto al tiempo. Por lo que el área bajo la curva representa el incremento del volumen a través del tiempo, en este caso es del tiempo “a” a los 30 años, donde “a” = 1, debido a que se calculará desde el primer año.

Polinomial:

$$W(r) = 0.0022r^4 - 0.1614r^3 + 3.654r^2 - 8.7247r + 1.3664$$

$$\int_1^{30} W(r)dr = \int_1^{30} 0.0022r^4 - 0.1614r^3 + 3.654r^2 - 8.7247r + 1.3664 dr$$

$$\int_1^{30} W(r)dr = \left[\frac{0.0022}{5} r^5 - \frac{0.1614}{4} r^4 + \frac{3.654}{3} r^3 - \frac{8.7247}{2} r^2 + 1.3664r\right]_1^{30}$$

$$= \left(\frac{0.0022}{5} (30)^5 - \frac{0.1614}{4} (30)^4 + \frac{3.654}{3} (30)^3 - \frac{8.7247}{2} (30)^2 + 1.3664(30)\right) -$$

$$\left(\frac{0.0022}{5}\right)(1)^5 - \frac{0.1614}{4}(1)^4 + \frac{3.654}{3}(1)^3 - \frac{8.7247}{2}(1)^2 + 1.3664(1) = 7011.19$$

$$\int_1^{30} W(r)dr = 7011.19$$

Exponencial:

$$W(r) = e^{a+\frac{b}{r}} * -\frac{b}{r^2}$$

$$\int_1^{30} W(r)dr = \int_1^{30} e^{a+\frac{b}{r}} * -\frac{b}{r^2} dr = \int_1^{30} e^{6.6547-\frac{16.534}{r}} * \frac{16.534}{r^2} dr$$

$$\int_1^{30} W(r)dr = [e^{6.6547-\frac{16.534}{r}}]_2^8$$

$$= (e^{6.6547-\frac{16.534}{30}}) - (e^{6.6547-\frac{16.534}{1}}) = 447.45$$

16. A partir del concepto de integral definida, determina el cambio promedio de volumen de madera.

Después de haber calculado la integral definida que nos calcula el incremento de los árboles a través del tiempo, es necesario calcular el valor promedio de eso. Es por eso que se usará la siguiente fórmula que nos dará el valor promedio, por lo que esta será el cambio

promedio de volumen de madera $\frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx$ y usando los mismos límites de integración

a = 1 y b = 30

Sustituyendo

Polinomial:

$$\frac{1}{30-1} \int_1^{30} W(r)dr$$

$$\frac{1}{30-1} \int_1^{30} 0.0022r^4 - 0.1614r^3 + 3.654r^2 - 8.7247r + 1.3664 dr = 241.7653$$

Exponencial:

$$\frac{1}{30-1} \int_1^{30} W(r) dr$$

$$\frac{1}{30-1} \int_1^{30} e^{6.6547 + \frac{-16.534}{r}} * \frac{16.534}{r^2} dr = 15.4293$$

17. Ofrece una respuesta a la cuestión central del problema.

Después de los cálculos y análisis que se hicieron a lo largo de la solución para la situación problema, creemos que la opción más conveniente para la tala de árboles, sería talar durante el 2do año. La comunidad debe tomar participación al momento de decidir si se va talar cierta hectárea de árboles, o si debe esperar un año más. Lo anterior, permite que la comunidad tome mejores decisiones y que sea más sustentable la tala de árboles, ya que se tomarán en cuenta si es realmente viable realizarla en ese momento o si es mas propicio esperar un año más y volver a realizar este análisis, elementos como el punto de inflexión del crecimiento podrán intervenir en la decisión que tomó la comunidad.

18. Estima el ingreso que recibirá esta comunidad por una hectárea de tala cuando se decida cortar.

Según el Reporte de precios de productos forestales publicado en el sitio web de la SEMARNAT, el costo promedio nacional de la madera sería de \$1,443.29 MXN por cm³ y la comunidad recibiría un total aproximado de \$130,081.00 MXN por hectárea en el 8vo año de tala.

Referencias:

- Bosquejo de Solución de la Situación Problema - Tala sustentable de árboles. (s. f.). Experiencia 21 - ITESM. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de <https://experiencia21.tec.mx/courses/165198/pages/bosquejo-de-solucion-de-la-situacion-problema-tala-sustentable-de-arboles>
- Calculadora de tu huella ecológica personal (2020). Recuperado de: http://huella-ecologica.ambiente.gob.ec/calculadora_personal.php

- Fernández, Roldán, L. (2020). Biocapacidad: qué es y ejemplos. Ecología Verde. Recuperado de: <https://ecologiaverde.com/biocapacidad-que-es-y-ejemplos-2626.html>
- Garrett, C. (2021). *Huella ecológica: definición, cálculo y reducción*. Selectra. Recuperado de: <https://climate.selectra.com/es/que-es/huella-ecologica>
- Gobierno de México. (s.f). *Qué es la huella ecológica*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-es-la-huella-ecologica?idiom=es>
- Inflection points review (article). (s. f.). Khan Academy. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de <https://www.khanacademy.org/math/ap-calculus-ab/ab-diff-analytical-applications-new/ab-5-6b/a/inflection-points-review>
- Naciones Unidas. (2018). *Explotar los bosques de forma responsable*. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2018/05/1433362>
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (1981). *El eucalipto en la repoblación forestal*. FAO. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/ac459s/ac459s.pdf>
- Proyecto de conservación y manejo sustentable de recursos forestales en México, el caso de la comunidad en San Pedro el Alto, Oaxaca (2000). Recuperado de: <http://www.youtube.com/watch?v=pprgz-vnTko>
- Sarkozi, A. (s.f). *Concesiones forestales más transparentes, responsables y a favor de los pobres*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: <https://www.fao.org/news/story/es/item/1128518/icode/>
- SEMARNAT - Gob.mx. (s. f.). Reporte primer semestre 2021, Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables. CONAFOR. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/662537/SIPRE_Primer_semestre_2021_con_fotos.pdf
- Huella ecológica: definición, cálculo y reducción. (s. f.). Selectra. Recuperado 28 de noviembre de 2021, de <https://climate.selectra.com/es/que-es/huella-ecologica>