



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FACULTAD DE QUÍMICA

**Desarrollo y puesta en práctica de una secuencia didáctica para abordar la
Sustentabilidad desde un enfoque químico en el bachillerato.**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRA EN DOCENCIA PARA EL NIVEL MEDIO SUPERIOR

P R E S E N T A

Q.F.B. Miryam Yoliztli Villalpando Muñoz

TUTORA PRINCIPAL: Dra. Kira Padilla Martínez – Facultad de Química

COMITÉ TUTOR: Dra. Clara Rosa María Alvarado Zamorano – CCADET

Dr. Carlos Amador Bedolla – Facultad de Química

Ciudad de México. Noviembre 2016



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

A mi tutora la **Dra. Kira Padilla Martínez** por su disposición a prestarme apoyo en el momento oportuno y por asesorarme, enseñarme, aconsejarme y estar presente durante este periodo de aprendizaje.

Al **comité tutor** por su tiempo y sus valiosos comentarios, sugerencias y observaciones.

Al **jurado evaluador** por su participación, comentarios y aportaciones.

A mis compañeros **Cristina, José Manuel, Isabel, Celia y Rufino** por hacer tan agradable la experiencia, por su apoyo, por su excelente disposición a compartir y convivir, y sobre todo, por su sincera amistad.

A la **Mtra. Olivia Rodríguez Zavala** por confiar en mí y prestarme sus grupos para hacer mi práctica docente, así como por su asesoría y amistad.

A todos **mis profesores** de la MADEMS por compartir sus conocimientos y experiencia.

A **mis papás** que siempre me apoyan prestos y con entusiasmo en todos los proyectos que emprendo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Facultad de Química.

A la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades – Naucalpan.

A la Escuela Nacional Preparatoria No. 5 “José Vasconcelos”.

Dedicado con cariño al

Dr. Andoni Garriz Ruiz

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	9
I.1. EL CONCEPTO DE DESARROLLO SUSTENTABLE / SUSTENTABILIDAD.	9
I.1.1 Historia del desarrollo del concepto.....	9
I.1.2. Definición y alcances del concepto.....	15
I.2. SUSTENTABILIDAD Y EDUCACIÓN.	21
I.2.1. La sustentabilidad y la sociedad.....	21
I.2.2. Sustentabilidad y educación.....	22
I.3. LA QUÍMICA DEL SUELO.	32
I.3.1. Características del suelo.....	32
I.3.2. Los nutrientes de las plantas.	33
I.3.3. El pH del suelo.....	34
I.3.4. El suelo y su fertilidad.	35
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	38
II.1. JUSTIFICACIÓN.	38
II.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	40
II.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO DE TESIS.	41
II.4. CONSIDERACIONES GENERALES.	42
II.4.1 Características de la muestra.	42
II.4.2 Las características del lugar donde se realizó el estudio.	43
II.4.3 Aplicación de la secuencia didáctica.....	44
II.5. DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	45
II.5.1 Análisis científico.....	45
II.5.2 Análisis didáctico.....	46
II.5.3. Objetivos de aprendizaje.	48
II.5.4. Diseño de estrategias didácticas.	49
II.5.5. Estrategias de evaluación.....	58
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	60
III.1. CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO Y CONCEPCIONES ALTERNATIVAS.....	61
III.2. ACTIVIDADES DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA Y MONITOREO.	78

III.3. CUESTIONARIO FINAL Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.	94
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....	108
REFERENCIAS.....	110
ANEXOS.....	118
ANEXO A. CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO.	118
ANEXO B. GUÍA DE ACTIVIDADES PARA EL ALUMNO.....	120
ANEXO C. RÚBRICA PARA EVALUAR LOS DIBUJOS DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.....	132
ANEXO C. EJEMPLOS DE DIBUJOS DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.	133
ANEXO D. PROPUESTA PARA LA SEGUNDA VERSIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.	134

RESUMEN

Hoy en día, la Sustentabilidad se presenta como una propuesta de solución a los diversos problemas socio-ambientales que ha generado el estilo de vida actual del ser humano. La Sustentabilidad implica la participación de diversas disciplinas de corte social y científico, y compete a todas las personas que habitamos en el planeta Tierra. Las propuestas desarrolladas a nivel mundial basadas en ella son prometedoras e importantes, pero para que sean verdaderamente efectivas, es necesario que todo ciudadano conozca el concepto y lo que implica.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de varias organizaciones mundiales, en México, la Sustentabilidad aún no ha permeado totalmente en los programas de estudio de la educación media superior. Por esta razón, en este proyecto se desarrolló una secuencia didáctica sobre la Sustentabilidad, particularmente desde el enfoque químico, para que los estudiantes de bachillerato comprendan el concepto y valoren su importancia. Para el diseño de esta secuencia se elaboró y aplicó un cuestionario previo con la intención de conocer sus concepciones alternativas sobre Sustentabilidad. En el desarrollo de las actividades se utilizó el enfoque CTSA y se incorporaron al tema de suelo de las lecciones de química.

El análisis de las concepciones alternativas encontradas en el grupo de alumnos estudiado mostró que su definición de Sustentabilidad está incompleta y no siempre valoran su importancia. Las actividades propuestas lograron una mejora en la comprensión y valoración de la Sustentabilidad por parte de los estudiantes, aunque el enfoque Químico aún necesita ser reforzado mejorando o modificando dichas actividades.

PALABRAS CLAVE: Sustentabilidad, Sostenibilidad, Química, Secuencia didáctica, enfoque CTSA, suelo.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 200 años aproximadamente, la población humana, así como su actividad, se han incrementado súbitamente y de manera exponencial, lo que ha acarreado consigo una serie de problemas que de no ser tomados en cuenta con seriedad y premura, pueden generar consecuencias devastadoras no solo para la humanidad, sino para el planeta entero.

La misma naturaleza del ser humano hace su contribución a la problemática actual ya que como menciona Herbert Marcuse (1984), mientras las necesidades de las personas estén satisfechas, parece no haber razón para la inconformidad, entonces no ejercitan su independencia de pensamiento, ni su autonomía, ni su derecho de oposición política; de esta forma las empresas y la economía, a través del Estado imponen exigencias económicas y políticas a través de necesidades “falsas” para manipular a la sociedad a su antojo. Basándose en esto, la economía ha encontrado el modo de generar necesidades, deseos y carencias que nunca son del todo satisfechas, utilizando estrategias como la devaluación de productos inmediatamente después de haber sido anunciados como novedad, o la producción de nuevas necesidades que se generan al satisfacer otras, o mantener el interés de los consumidores originando expectativas y esperanzas de llenar el vacío que dejan los productos desechados al adquirir nuevos.

Esta tendencia ha desarrollado el síndrome consumista que, al contrario del productivista, le da más valor a la novedad que a lo perdurable porque se ha acortado el tiempo para obtener un nuevo producto, así como el tiempo de su vida útil, pero ha aumentado la cantidad de productos ofrecidos y sobre todo desechados (Bauman, 2005). Este estilo de vida actual del humano tiene varias implicaciones como son el aumento en la producción que a su vez consume una gran cantidad de recursos naturales; es decir, la producción crece y el consumo de recursos naturales también lo hace; o la desmedida generación de contaminantes como sustancias nocivas o materiales cuya degradación requiere miles de años y se acumulan en la superficie del planeta. Este sistema excluye una buena parte de la población que Zygmunt Bauman denomina “consumidores «deficientes» o fallidos”, porque no aportan ni aportarán nada a la economía del consumismo.

Para solventar estos problemas que como humanidad generamos, actualmente se buscan diversas soluciones desde diferentes ámbitos. Dentro de estas soluciones, es muy común escuchar o leer la palabra sustentabilidad, y aunque muchas personas piensan que sólo es una moda o que se trata de un término relacionado únicamente con el medio ambiente para llamar la atención, se trata de una solución bastante viable e implica una gran cantidad de elementos y compete no sólo a unos cuantos sino a todos los individuos que habitamos en el planeta Tierra (Gibson, 2001). La humanidad y sus veloces modificaciones de la superficie terrestre, enfrentan problemas globales como el cambio climático y el agotamiento de recursos naturales entre otros, cuyas repercusiones apenas empiezan a percibirse hoy en día, pero que en un futuro más

próximo que lejano, tendrán consecuencias graves si no se comienza a trabajar en las soluciones ya mismo. Las aceleradas actividades humanas han tenido consecuencias en aspectos científicos, sociales, políticos y económicos, por lo que es necesario buscar soluciones que integren estos aspectos (Mc Michael, 2009). De aquí surge la ciencia de la sustentabilidad que pretende dar una nueva orientación integradora y responsable al desarrollo humano (Lozano y Watson, 2013).

Sin embargo, para que la sustentabilidad tenga un efecto positivo, es necesario que se integre en la cultura de todas las sociedades que habitan este planeta y se adopte como el estilo de vida de las generaciones actuales y de las futuras. Pero la forma en que las sociedades transmiten su cultura es a través de la educación por lo tanto es indispensable incluir el concepto y la práctica de la sustentabilidad en la educación, ya que de esta manera, el hombre puede mejorarse a sí mismo a través del tiempo, así como trascender (Sipos, Battisti y Grimm, 2008; Gadotti, 2000).

Para incluirla en la educación es necesario integrarla como un eje transversal en los programas de estudio de todas las asignaturas escolares; lo cual implica un cambio en los planes de estudio y en la forma en que se enseña, sobre todo la ciencia (Vilches y Gil, 2011). Integrar la sustentabilidad con la enseñanza de la ciencia, y en particular la química, hará que las personas cambien su opinión sobre ésta, que la conciben como una fuente de soluciones más que de problemas (Amador-Bedolla, 2013b).

No obstante, y a pesar de que desde 1998 la OCDE propuso integrar la sustentabilidad en la educación química (Lozano y Watson, 2013), en México se ha hecho poco al respecto a nivel bachillerato. Es claro que hacer un cambio en los programas de estudio tan grande requiere la participación de muchas partes, sin embargo, el tema puede integrarse por partes en varios temas de ciencias; aun así la sustentabilidad se ha incluido sólo en algunos programas de biología desde la perspectiva de la biodiversidad principalmente. Por ello, en este trabajo se buscó incorporar la sustentabilidad en el curso de química de bachillerato, a través del diseño y la implementación de una secuencia didáctica que permitiera a los estudiantes comprender y valorar el concepto desde un enfoque químico.

Para lograr este objetivo, primero se hizo una extensa revisión bibliográfica sobre el concepto de Sustentabilidad para profundizar en el tema y adoptar la postura más conveniente en cuanto a la interpretación de su definición. Se analizó la relación de la sustentabilidad con la educación con la finalidad de conocer las propuestas y los estudios que se han hecho al respecto. También se profundizó en el tema de suelo, pues corresponde a la unidad del programa de estudio elegida para integrar el concepto antes mencionado. Toda la información recabada, sintetizada y organizada se presenta en el capítulo I.

En el capítulo II se describen las razones por las que se decidió emprender este proyecto y que dieron origen a la pregunta que dirigió esta investigación. Del mismo modo, se puntualizan los objetivos y se detalla la metodología seguida para alcanzarlos objetivos y dar respuesta a la pregunta planteada. De la aplicación de la se obtuvieron los resultados que se describen y analizan con detalle en el capítulo III, organizados en tres bloques de acuerdo con los objetivos de cada uno. Finalmente en el capítulo IV pueden consultarse las conclusiones y perspectivas planteadas.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

I.1. EL CONCEPTO DE DESARROLLO SUSTENTABLE / SUSTENTABILIDAD.

I.1.1 Historia del desarrollo del concepto.

El humano como parte de la naturaleza, tiene una relación muy importante con ésta. Sin embargo, no siempre se ha valorado esta relación del mismo modo. Aquellos hombres que se dedicaban a recolectar y a cazar se identificaban a sí mismos como parte de su entorno natural. De manera empírica, sabían que la naturaleza establecía ciclos necesarios para conservar la vida en el planeta y del mismo modo, sabían que ellos formaban parte de éstos. Aun cuando las sociedades humanas se volvieron sedentarias, practicando la agricultura y el pastoreo, mantener el equilibrio seguía siendo imprescindible para ellos y para su entorno (McMichael, 2009).

Estas sociedades aumentaron su complejidad, pasaron de tener objetivos muy simples, como asegurarse el alimento y el agua potable, a objetivos más complejos y diversos, como la erradicación de enfermedades, el comercio de bienes y productos, la repartición de territorios o la acumulación y el manejo de conocimientos. Sin embargo, el fin último del hombre siempre ha sido mejorar su bienestar y su salud, así como asegurar su supervivencia; aunque esta mejora no siempre ha sido equilibrada. De este modo, el humano se colocó a sí mismo en el centro, y aprendió a manipular y a cambiar al ambiente para satisfacer sus necesidades. Al hacerlo, generó también continuos cambios tecnológicos y sociales, así como crisis, conflictos y revoluciones políticas y económicas (McMichael, 2009).

A partir de la creciente actividad humana, surgieron muchos problemas relacionados con el ambiente y los recursos naturales que siempre han formado parte de la historia de la humanidad, pero la diferencia principal entre la época actual y las épocas precedentes en la historia es la magnitud de dichos problemas. Hoy en día se transportan materias primas y otros recursos a lo largo y ancho del globo terrestre y se hace un uso desmedido de fuentes de energía no renovables; pero, este modo de utilizar la naturaleza tiene consecuencias mundiales y evidentemente, afectará también a muchas generaciones futuras.

Las discusiones actuales sobre asuntos relacionados con el ambiente y los recursos naturales toman en cuenta, en gran medida, la forma en que nos relacionamos con la naturaleza. Nuestra percepción de ésta dista mucho de aquella que tenían las sociedades cazadoras-recolectoras, e incluso para aquellas sociedades sería difícil comprender esta nueva percepción en la que la sociedad y la naturaleza son dos entidades totalmente separadas.

Nuestra percepción de la naturaleza depende de la sociedad en la que vivimos y de la forma en que se nos educó; es decir, su significado depende de las percepciones culturales; sin embargo,

esto no implica que seamos libres de escoger si la naturaleza existe por sí misma o no. Las personas y las sociedades dependen, y lo seguirán haciendo siempre, de su relación con su entorno natural, incluyendo aquellos aspectos que van más allá del control humano, como las leyes de la gravedad, el movimiento planetario, el proceso de polinización de las abejas, etc. (Sandell, Öhman y Östman, 2003).

I.1.1.1. Industrialización.

En la época actual, la percepción mecánica de la naturaleza la define como una máquina enorme y complicada, y al ambiente como un mecanismo complejo (pero comprensible), conformados por diversas partes que pueden descomponerse y que el humano puede reparar, e incluso cambiar a su conveniencia. Bajo este enfoque se han combinado el conocimiento empírico-artesanal y el científico para dar lugar al desarrollo industrial. Así, los humanos, gracias a la tecnología, tienen la extraordinaria habilidad de mantener cada día a más personas o de hacer un mayor consumo per cápita (Mc Michael, 2009).

Hoy en día, la idea de que la sociedad y la tecnología continuarán desarrollándose, está tan arraigada en la sociedad industrial, que la única razón por la que uno necesita comprar un producto es simplemente porque es “nuevo”. Esta percepción de desarrollo y mejora continuos de las sociedades, tiene su origen en los descubrimientos científicos del siglo XVII y en la Ilustración del siglo XVIII (Mc Michael, 2009). Por ejemplo, el filósofo inglés del siglo XVII, Francis Bacon (en Sandell, *et al.*, 2003), dijo que a través de la ciencia, la humanidad debe aprender a controlar y manipular la naturaleza, obediéndola. Y en efecto, los humanos explotan los recursos naturales con ayuda de la ciencia y la avanzada tecnología.

A pesar del predominio de esta perspectiva, durante todo el desarrollo de la sociedad industrial han existido objeciones sobre la insensible ciencia y el ciego materialismo; pero sólo hasta que el industrialismo comenzó a transformar el paisaje, a través de la urbanización y la contaminación, el debate ambiental se tomó con verdadera seriedad en las naciones industrializadas (Sandell *et al.*, 2003).

I.1.1.2. Preservación de la naturaleza.

En los últimos años del siglo XIX, Europa del este y Norte América adoptaron una nueva perspectiva: la *preservación de la naturaleza*, que implicó la creación de asociaciones y leyes en defensa de la naturaleza, así como la nacionalización de varios parques para preservarla, dejando fuera la presencia humana. Un ejemplo es el Parque Nacional de Yellowstone en Estados Unidos creado en 1872. A través de esta preservación natural, se buscaba crear una identidad nacional y preservar espacios en su estado natural como paisajes y santuarios para la vida animal y vegetal. Al mismo tiempo, futuras generaciones podrían conocer y experimentar por sí mismos la vida de los pioneros o la vida salvaje (Sandell *et al.*, 2003).

Esta perspectiva fue adoptada de buen grado por las clases altas, ya que por un lado, sólo éstas tenían los medios para acceder al campo en tren o en botes de vapor, y por el otro, las clases aristocráticas europeas portaban ideas románticas y nostálgicas de la vida en el campo y de la tierra salvaje. Así se impulsó la creación de reservas naturales para defender los paisajes amenazados por la industrialización y preservar áreas para la caza y el turismo (Pierri, 2005).

La protección contra las dramáticas transformaciones que caracterizan la Era Industrial no sólo abarcó ciertas áreas y lugares, también organismos vivos, e incluso, algunos objetos de origen humano, ya que muchos defensores de esta perspectiva, se enfocaron principalmente en las tradiciones locales y rurales, respetando las sociedades pre-industriales, las artesanías, la agricultura a pequeña escala, etc. Sin embargo, gracias a los inventarios y colecciones, muchos de estos intereses sólo lograron la apertura de museos. Evidentemente este enfoque de preservación natural no tuvo ningún propósito ambientalista (Sandell *et al.*, 2003).

I.1.1.3. Conservación de la naturaleza.

Durante los años 30 del siglo XX, la sociedad industrial se democratizó, se extendió el derecho a votar (sufragio) y con ello, se hizo común que el público general ocupara su tiempo libre para interactuar con los ambientes naturales. Dado que la mayor parte de la población se mudó a las ciudades para trabajar en la industria, las vacaciones pronto se hicieron necesarias, y estos cambios en las costumbres humanas derivaron en la generalización del interés por los ambientes naturales, de modo que la recreación al aire libre se transformó en una actitud social.

Una nueva perspectiva, la de la *conservación de la naturaleza*, se desarrolló durante esa década, que a diferencia de la preservación, implicaba un mayor número de personas, así como una participación más activa en la formación de las áreas naturales. Sin embargo, esto no fue suficiente para conservar y proteger los intereses naturales, también era necesario cuidar de ellos ya que los procesos naturales del tiempo podían deteriorarlos (Sandell *et al.*, 2003).

I.1.1.4. Protección ambiental.

Con la comercialización del carbón y el incremento de su uso en las máquinas de vapor, comenzaron a notarse los efectos ambientales negativos, aunque el alcance era local ya que la población era cinco veces menor que la actual. Luego, en las primeras décadas del siglo XX, sobre todo después de la segunda guerra mundial, se masificaron la producción y el consumismo, y con ello, tanto el petróleo como la electricidad se consolidaron como fuentes energéticas. El aumento en los bienes materiales que poseía la gente aumentó en extremo; de hecho, los años precedentes a 1973 a veces son llamados 'años pico' dado que en muy poco tiempo, la población experimentó un elevado incremento de posesiones materiales y con mayores estándares. Cada vez más personas podían adquirir automóviles, y se hizo tan común,

que se convirtió en el símbolo clásico del estatus económico, aunque en los últimos años también representa al deterioro ambiental (Pierri, 2005).

Pronto las observaciones sobre la naturaleza y el ambiente demostraron que las medidas, hasta entonces locales, no podían ser confinadas sólo a ciertos lugares, áreas o especies. Era evidente que la actividad humana en un lugar tenía consecuencias en otras áreas del mundo. De este modo se adoptó una perspectiva de *protección ambiental*, con lo que aumentó el interés en lo que hoy se conoce como 'Ecología de sistemas', que introdujo nuevas teorías y modelos, cuya aplicación era mucho más amplia. Términos como 'cadena alimenticia' y 'ecosistema' se volvieron muy comunes dentro de los debates ambientales y de la educación ambiental. Cualquier planeación futura se basaría en 'lo correcto desde el punto de vista ecológico' (Sandell *et al.*, 2003).

1.1.1.5. Alternativas críticas.

Si bien el interés por proteger a la naturaleza y al ambiente iba en aumento, los esfuerzos quedaban cortos ya que los debates sólo tomaban en cuenta los síntomas. A pesar del desarrollo hasta este momento, rara vez se cuestionaron el crecimiento material y económico, la urbanización y la industrialización. En 1962, Rachel Carson escribió un libro titulado *Primavera silenciosa*, cuyo propósito era advertir a las personas en general sobre los peligros del desmesurado uso de los pesticidas como el DDT, despertando así una conciencia medioambiental en el público estadounidense; gracias a esto, a finales de los sesenta y principios de los setenta, la crisis ambiental tomó lugar dentro de la política impulsada por varios informes científicos y una creciente cantidad de críticas sobre los efectos colaterales negativos de la industrialización. Así que para contrarrestar estos efectos colaterales hubo dos reacciones paralelas, influenciadas mutuamente. Por un lado, se expandió el movimiento ambientalista y se originaron ONG nacionales e internacionales. Por otro lado, se asumió el tema a través de formas nacionales e internacionales, se celebraron conferencias y convenciones internacionales de la ONU, se crearon instituciones mundiales específicas y se promulgaron las primeras leyes ambientales (Pierri, 2005).

La sociedad también pasó a formar parte del tema de desperdicio de recursos que hasta entonces sólo se relacionaba con la industria. La gente estaba totalmente adaptada a los productos desechables, a las ganancias materiales y al consumismo ilimitado. También la dependencia a los combustibles fósiles (petróleo), los desechos producidos y las toxinas liberadas al ambiente eran cada vez mayores. Por lo tanto, surgieron nuevos grupos ambientalistas que demandaban *alternativas*.

Los Grupos Verdes buscaron contrarrestar la urbanización moviéndose hacia el campo, propusieron técnicas agrícolas sin el uso de fertilizantes sintéticos, procuraron impulsar el uso de "granjas de viento" y la hidroelectricidad como efectivas alternativas de fuentes de energía,

en lugar de combustible no renovable. También consideraron importante que la elección de metas alternativas incluyera solidaridad internacional, responsabilidad por las futuras generaciones, calidad de vida y valores no materiales, y se opusieron a la actitud prevaleciente de consumo material de corto tiempo (Sandell *et al.*, 2003).

1972 fue un año importante ya que se formó el grupo ambientalista Greenpeace, al mismo tiempo que los asuntos ambientales se globalizaron. Miles de jóvenes proclamaron la primera consigna ambientalista: «Sólo tenemos una Tierra», y muchos otros interesados en el movimiento agregaron al lema “Una sola Tierra”, el de “Un solo pueblo” (Pierri, 2005). Otro lema de los movimientos básicos: ‘piensa globalmente, actúa localmente’, aún es relevante, al menos como un ideal en muchas discusiones actuales sobre recursos naturales y el ambiente.

I.1.1.6. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente.

Pero lo más destacado del año 1972 es que en Estocolmo se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente. Aunque, no fue la primera; en 1949 se celebró por primera vez una conferencia sobre problemas ambientales en Lake Success, N.Y., la cual sin embargo tuvo poca repercusión ya que entonces era más importante la reconstrucción de la posguerra, el suministro de alimentos y el inicio de la Guerra Fría. Entre 1949 y 1972, la UNESCO se encargó de los problemas ambientales patrocinando varios estudios interdisciplinarios sobre el efecto de la actividad humana en el ambiente. Estos estudios culminaron en la Conferencia Internacional de la Biósfera oficiada en 1968, en París, con representantes de 60 países, y en la que se planteó la idea de promover un encuentro mundial sobre el ambiente (Pierri, 2005).

Por lo tanto, fue la conferencia de 1972 la más importante a nivel mundial, con una asistencia de representantes de 113 países. Es reconocida como parteaguas en la problematización política del tema ambiental. Por un lado, introdujo el tema dentro del ámbito político internacional, y por el otro, fue el primer intento de conciliar el desarrollo con la protección de la naturaleza y el ambiente, contemplando los diferentes intereses de diversos países.

En las reuniones preparatorias –Nueva York, 1970 y Ginebra 1971–, los países menos desarrollados mostraron cierto desinterés, recelo y hasta advertencias, debido a las grandes desigualdades y conflictos de intereses que se presentan entre países con tan diferentes grados de desarrollo. Las soluciones proponían usar tecnologías más limpias e incluso, reducir o detener el crecimiento poblacional y económico. Frente a estas soluciones, los países menos desarrollados manifestaron su desacuerdo y se negaron a participar, señalando que los problemas ambientales eran problemas de países ricos que ya tenían un alto grado de desarrollo, en cambio, el principal problema de los países del tercer mundo (donde se encuentra la mayor parte de la población mundial) era la pobreza y la falta de desarrollo (Sandell *et al.*, 2003).

Para salvar la conferencia, el entonces delegado canadiense, Maurice Strong, se esforzó por integrar aspectos sociales a los aspectos físicos. Logró la formación de un grupo de expertos de diversos países que reportarían las principales necesidades y problemas económico-ecológicos de los países menos desarrollados. De aquí en adelante, la expresión «medio ambiente» incluiría no sólo los aspectos ecológicos, sino también los sociales (Pierri, 2005).

El principal problema es que el desarrollo de la humanidad genera efectos y daños sobre la naturaleza y el ambiente. Entonces, surge la necesidad de cambiar el tipo de organización social, sin embargo, es inevitable satisfacer las necesidades básicas a través de la producción y maximización de bienes, servicios y capital. Entonces, organismos internacionales declaran urgente encontrar el modo de reestructurar el Desarrollo para integrar las demandas de los movimientos ambientalistas (Álvarez y Mendieta, 1998).

I.1.1.7. Integración del desarrollo con el cuidado ambiental: tres corrientes de pensamiento.

Ante esta urgencia, surgen diversas propuestas desde tres grandes corrientes de pensamiento. Por una parte la corriente *ecologista conservacionista* cuya propuesta es el crecimiento cero ya que toma en cuenta la tesis de los límites físicos. Esta propuesta se expuso en el Primer Informe al Club de Roma que elaboró, en 1972, un equipo de científicos del prestigioso Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT, E.U.) dirigido por Donella H. Meadows. Otra corriente, es la *desarrollista o ambientalismo moderado*, representada por la Declaración sobre el Medio Humano de la ONU, en Estocolmo; que plantea que el crecimiento puede ser compatible con el cuidado ambiental, e incluso, que el primero es necesario para el segundo, dado que los pobres también generan problemas ambientales, presionados por sus necesidades. También reconoce el derecho de todos los países de usar sus propios recursos, como un aspecto de su soberanía (Pierri, 2005).

Finalmente, se presentó la corriente *crítica humanista*, expresada a su vez por dos tipos de propuestas. Por un lado el *Ecodesarrollo*, planteado en 1973 por Strong, y que busca definir un nuevo orden mundial, es decir, nuevos estilos de desarrollo basados en el potencial ecológico de las diferentes regiones y en las capacidades propias de los pueblos del Tercer Mundo; y por otro lado, el *Modelo Mundial Latinoamericano* elaborado por la Fundación Bariloche, un tanto más profunda que la anterior: Propone que el desarrollo tenga como objetivo fundamental satisfacer, al menos, las necesidades humanas básicas de toda la sociedad, administrando los recursos y cuidando el ambiente. Esta propuesta rechaza la tesis de los límites físicos para el desarrollo, alegando que estos límites son sociopolíticos y no físicos. Además observa que la crisis no está en el futuro, sino en el presente (Arias, 2003; Pierri, 2005).

I.1.1.8. Desarrollo sustentable.

Una serie de eventos ecológicos, económicos y políticos a nivel mundial lograron incrementar la conciencia sobre la crisis ambiental y su dimensión global. Gracias a lo cual surge una respuesta

orientada a buscar un desarrollo capitalista que disminuya los daños sobre el ambiente. Así es como en 1987 la Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo (CMAD o en inglés WCED), encabezada por la entonces primera ministra noruega Gro Harlem Brundtland, declara que desarrollo y ambiente no pueden ser separados, por el contrario están irremediablemente entrelazados, por lo tanto, si la base de recursos ambientales se deteriora no es posible mantener el desarrollo; pero a su vez, si el crecimiento no toma en cuenta las consecuencias del deterioro ambiental, el ambiente no puede ser protegido (Álvarez y Mendieta, 1998; Arias, 2003).

Esta comisión emitió, en ese mismo año, un documento titulado “Nuestro Futuro Común” (“Our Common Future”), también conocido como “Informe Brundtland”, en el que se utiliza el término *desarrollo duradero o desarrollo sostenible* que exige que haya crecimiento económico en regiones donde las necesidades básicas o esenciales no están siendo atendidas, y en aquellas donde ya son atendidas, este crecimiento debe reflejar los principios de la sustentabilidad y de la no explotación de unos sobre otros. También se basa en la innovación tecnológica para desarrollar nuevas fuentes de energía y así hacer posible la satisfacción de necesidades (Álvarez y Mendieta, 1998; CMAD, 1987; Pierri, 2005)

Desde la conferencia de las Naciones Unidas que tuvo lugar en Río de Janeiro en 1992, el *desarrollo sustentable* ha sido un concepto central en toda materia relacionada con el ambiente y los recursos naturales. El trabajo que llevó a cabo la Comisión Brundtland se toma comúnmente como un punto de referencia importante (Sandell *et al.*, 2003).

I.1.2. Definición y alcances del concepto.

I.1.2.1. Definición del “Informe Brundtland”.

Aunque el término *Desarrollo sostenible o sustentable* puede tener su origen en 1980, no fue sino hasta el “Informe Brundtland” que cobró popularidad alrededor del mundo. En este informe, se le define de la siguiente manera:

Desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades. Contiene dos conceptos fundamentales:

- El concepto de *necesidades*, en particular las necesidades esenciales de los pobres, a los que debe darse prioridad predominante,
- La idea de *limitaciones impuestas* por el estado de la tecnología y organización social sobre la capacidad del ambiente para satisfacer las necesidades presentes (CMAD, 1987).

En este informe se menciona también, en sus conclusiones, la estrategia con la que se espera que se lleve a cabo:

En su sentido más amplio, la estrategia para el desarrollo duradero tiende a promover las relaciones armoniosas de los seres humanos entre sí y entre la humanidad y la naturaleza. Dentro del contexto específico de las crisis del desarrollo y del medio ambiente producidas en 1980, la prosecución de un desarrollo duradero requiere:

- un sistema político democrático que asegure a sus ciudadanos una participación efectiva en la toma de decisiones;
- un sistema económico capaz de crear excedentes y conocimiento técnico sobre una base autónoma y constante;
- un sistema social que evite las tensiones provocadas por un desarrollo desequilibrado;
- un sistema de producción que cumpla con el imperativo de preservar el medio ambiente;
- un sistema tecnológico capaz de investigar constantemente nuevas soluciones;
- un sistema internacional que promueva modelos duraderos de comercio y finanzas; y,
- un sistema administrativo flexible y capaz de corregirse de manera autónoma (CMAD, 1987).

Esta definición de la CMAD ha logrado desarrollar un enfoque globalizado con respecto al futuro del planeta, aunque de manera más inspiradora que práctica. Esta definición es un tanto ambigua dado que permite que algunos confundan desarrollo con crecimiento, o que no sea aceptado como un nuevo concepto. Estas imprecisiones han suscitado diversas interpretaciones acerca de su significado, por tanto, esta definición ha estado envuelta en gran controversia y se ha abordado desde perspectivas muy diferentes, desde el mismo día en que se publicó (Educadores por la Sostenibilidad, 2012; Gibson, 2001).

1.1.2.2. Enfoques del desarrollo sustentable.

En la literatura podemos encontrar una gran cantidad de enfoques de varios grupos sociales hacia el concepto de *desarrollo sustentable o sostenible*. Es tan vasta la diversidad que varios autores han buscado la manera de clasificar estos enfoques e interpretaciones en categorías o pilares que no dejan de estar interconectadas y de ser interdependientes (Gibson, 2001). Por ejemplo, en 1997, Keith Pezzoli propuso 10 categorías principales, no excluyentes, para clasificar la literatura con diferentes enfoques sobre el *desarrollo sustentable o sostenible*: gestión política y planeación; condiciones sociales; ley ambiental; ciencias ambientales; eco-diseño y el ambiente construido; economía ecológica, ecofilosofía, valores y ética ambientales; historia ambiental y geografía/ecología humanas; utopismo, anarquismo y bioregionalismo, y ecología política.

Otro ejemplo es la clasificación que Desta Mebratu publicó en 1998 en la que en términos generales, dividió en tres grandes grupos: una versión institucional, una versión ideológica y una versión académica. El autor acepta que todas las definiciones se basan en el hecho de que el mundo enfrenta una crisis ambiental, y que debemos hacer un cambio fundamental para vencer dicha crisis. Pero para diferenciar las categorías, se enfocó en lo que se identifica como fuente de la crisis; el enfoque central de la solución; la plataforma de solución propuesta; y el

instrumento clave para la solución. Incluso es posible encontrar aportaciones mexicanas como la de Paolo Bifani, quien distingue cuatro enfoques o categorías: ecologista, intergeneracional, económico y sectorial, a las que algunos agregan un enfoque más, el de la sustentabilidad como gestión (Ramírez Treviño, 2004).

Todas estas clasificaciones al final, son cuestión de énfasis. Una práctica común es reconocer al menos las dimensiones económica, política y social. Pero lo más importante es comprender que el concepto de *desarrollo sustentable o sostenible* abarca un extenso rango de aspectos ya que la crisis ambiental no es consecuencia directa de una sola esfera, por lo que sería ingenuo enfocar las causas en un sólo aspecto, así como tomar en cuenta sólo éste para proponer y desarrollar soluciones. Los humanos somos básicamente e inevitablemente dependientes de las condiciones ecológicas; y dado el importante rol que los humanos juegan en la manipulación de estas condiciones, no existe estrategia para la mejora de la integridad del ecosistema, que se precie de ser seria, que no incluya una mejora del bienestar humano (Gibson, 2001).

I.1.2.3. La desventaja de la vaguedad del concepto.

La falta de una definición precisa del concepto de *desarrollo sustentable o sostenible* puede provocar problemas como sería agregar mayor confusión en los debates políticos y académicos. Es cierto que la ambigüedad de un término puede tener algún beneficio. Por ejemplo, si se intentara definir el concepto con precisión, con seguridad quedarían excluidos algunos enfoques de esa definición. En este caso es útil mantener cierta ambigüedad constructiva (Robinson, 2004).

Sin embargo, la enorme cantidad de interpretaciones sobre este término y sus equivalentes, ha provocado un sobre uso que los ha convertido en conceptos abstractos, vagos, inviábiles, incongruentes, cosméticos, superficiales y hasta perversos. Por ejemplo, dentro de la comunidad ambiental, muchos han acusado al gobierno y a las empresas de utilizar un “ambientalismo cosmético” bajo la sombra del concepto en cuestión. Algunos tienen la sensación de que el término *desarrollo sustentable o sostenible* se ha usado como una coartada más que para dirigir las acciones (Robinson, 2004; Toledo, 2015).

I.1.2.4. ¿Desarrollo sustentable, sustentabilidad o sostenibilidad?

Dada la gran controversia que envuelve al concepto de *desarrollo sustentable*, no es de sorprender que se haya desarrollado terminología alternativa para referirse a la relación entre el ambiente y los aspectos sociales. Y, al igual que en el debate de la definición del concepto, no existe un consenso para definir el uso de estos términos. Varios autores describen, en mayor o menor grado, ciertas diferencias entre los términos *sustentable*, *sostenible* y *desarrollo sustentable o sostenible*. Por ejemplo Tréllez y Quiróz, hacen diferencia entre sustentable y sostenible argumentando que sustentabilidad se refiere a aquello que puede sustentarse o sostenerse por sí mismo, por otro lado, sostenibilidad hace referencia a algo que puede

mantenerse a sí mismo sin afectar los recursos, gracias a condiciones externas ya sea económicas, sociales o ambientales (Arias, 2003). Por otra parte Robinson (2004) marca diferencia entre los términos *sustentabilidad* y *desarrollo sustentable*. Él asevera que el segundo término es más utilizado por el gobierno y las organizaciones del sector privado, puesto que desarrollo se considera un sinónimo de crecimiento, por lo tanto, desarrollo sustentable alude a un crecimiento económico continuo mejorado. En cambio, sustentabilidad es un término más utilizado en la academia y en las ONG y enfoca la atención en la habilidad de los humanos para mantener su existencia dentro de los límites ambientales.

Sin embargo, para este trabajo se adoptará una postura que concuerda tanto con Ramírez Treviño *et al.* (2004) como con Toledo (2015) en la que todos estos términos pueden verse como sinónimos dado que, por una parte, la diferencia entre *sustentable* y *sostenible* radica en la traducción que se hace del término en inglés *sustainable*; según Ramírez Treviño y sus colaboradores, se trata, más bien, de una cuestión geográfica, ya que en México se utiliza con mayor frecuencia el término *sustentable* y en el resto del mundo de habla hispana se utiliza más el término *sostenible*. Por otra parte, a pesar de la diferencia en las definiciones de estos dos términos, al utilizarlas dentro del contexto del desarrollo, el término desarrollo sustentable se vuelve sinónimo del término desarrollo sostenible pues en este desarrollo interfiere al menos la economía como una condición externa (Educadores por la Sostenibilidad, 2012). Además para efectos prácticos, con los estudiantes es mucho más sencillo utilizarlos como sinónimos, y la importancia de este trabajo es que los estudiantes logren comprender el concepto y su valor, independientemente del término utilizado, que el día de mañana podría incluso ser otro.

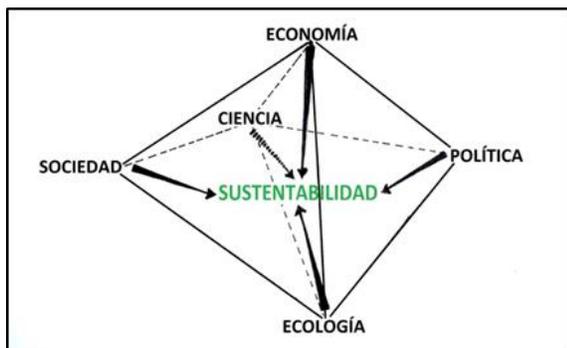
1.1.2.5. Postura adoptada en este trabajo.

Como se mencionó previamente, en este trabajo los términos sustentabilidad, sostenibilidad y desarrollo sustentable se consideran sinónimos; tomando en cuenta que esta consideración facilita la enseñanza del concepto a nivel bachillerato. Sin embargo, es pertinente hacer del conocimiento de los alumnos que se trata de un concepto en debate en donde diferentes personas tienen diferentes enfoques y valores, por ende, las opiniones de todos pueden ser igualmente válidas (Sandell *et al.*, 2003); y en la medida en que ellos profundicen en el tema, podrán ser capaces de tomar partido y defender sus propias posiciones.

¿Desde qué enfoque o enfoques se abordará la sustentabilidad en este trabajo? Es evidente que, ante la vasta cantidad de perspectivas y categorías que se han desarrollado en torno al concepto, no es posible separar unos de otros. Es necesario entender y explicar al mundo como un todo que contiene distintas particularidades, pero ninguna de ellas es más importante que las demás. Por el contrario, para superar la crisis ambiental, es deber de cada componente hacer aportaciones a la solución dentro de su rubro, y coordinarse con los demás, para lograr verdaderos efectos positivos.

Para fines prácticos, partiré de la tendencia actual de tomar como enfoques o pilares de la sustentabilidad la economía, la ecología y la sociedad. Sin embargo, aquí me parece pertinente tomar en cuenta el “modelo de las tres partes” de Cohen y Arato, en el que se distinguen tres poderes principales en el mundo actual: el poder económico (empresas, corporaciones y mercados), el poder político (partidos y gobiernos) y el poder social (ciudadanos agrupados en comunidades, asociaciones, cooperativas, sindicatos, etc.) (Toledo, 2015). Durante mucho tiempo, el poder económico y el político han dominado a la sociedad, y aunque hoy en día sea el económico el que tiene mayor influencia, el político no ha perdido su importancia; además, ya hemos visto que históricamente, la inclusión de la sustentabilidad en la dimensión política ha sido de suma importancia para tomar decisiones y realizar acciones que la pongan en práctica a nivel mundial. Por estas razones, el enfoque político se considera en este trabajo como un pilar tan importante para la sustentabilidad como lo son la economía, la ecología y la sociedad.

Por otra parte, aunque la ecología se relaciona estrechamente con la ciencia, sólo es una disciplina dentro de ésta. Pero la ciencia abarca muchas otras disciplinas que pueden hacer importantes contribuciones a la solución de los problemas ambientales y en la construcción de una sociedad sustentable. Los conocimientos científicos pueden ayudar a identificar, comprender y analizar los procesos de daño ambiental y a proponer soluciones alternativas y congruentes con la situación económica y ecológica de cada región. Por ello también es imperante analizar el rol político que la ciencia y la tecnología desempeñan en la sociedad y en el cuidado de la naturaleza. Además, la sustentabilidad es un desafío para la ciencia porque implica una reflexión sobre la ciencia misma (Vilches y Gil Pérez, 2013). También es muy importante mencionar que el objetivo de esta tesis es la enseñanza del concepto de sustentabilidad desde el enfoque científico, particularmente el químico. Por estas razones, se considera pertinente agregar el enfoque científico a los otros cuatro ya descritos.



De este modo, en este trabajo, se abordará la sustentabilidad desde cinco enfoques distintos: el económico, el ecológico, el social, el político y el científico. Estos enfoques o pilares se relacionan estrechamente entre sí, son interdependientes y sería improductivo separarlos al enseñar el concepto en la escuela.

Figura 1.1. Los 5 pilares de la Sustentabilidad que se han definido para este trabajo.

Una vez definidos la terminología y los pilares más convenientes del concepto de sustentabilidad es momento de definir el concepto en sí. Así pues, partiendo de la definición

del “Informe Brundtland” (satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin poner en riesgo la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades), la sustentabilidad se considera como un estilo de vida, una cultura que deben adoptar las sociedades, utilizando a la economía y a la política como instrumentos para legislar, regular y controlar el uso de los recursos y el cuidado del ambiente; y apoyándose en la ciencia, en particular en la ecología para lograrlo.

Es inevitable que la humanidad siga su desarrollo, pero es necesario que lo haga con una mayor conciencia sobre los efectos de su actividad en el ambiente y busque vías que eviten la producción de más daños ambientales y que remedien los que ya están hechos. Para ello es necesario que como sociedad cambie sus valores a través de la educación y la concientización, y se generalice un adecuado nivel de vida.

I.2. SUSTENTABILIDAD Y EDUCACIÓN.

I.2.1. La sustentabilidad y la sociedad.

Antaño, cuando la sociedad comenzó a tomar conciencia sobre las consecuencias que genera la actividad humana, los problemas ambientales se definían como problemas “locales y concretos”, era muy sencillo relacionar los efectos con las causas, como en el caso de las muertes de peces en lechos acuáticos, debido a las descargas tóxicas de algunas industrias. El trabajo de los expertos en el tema consistía en determinar las cantidades de toxinas liberadas al ambiente, generar medidas de purificación, recolectar especímenes y emitir regulaciones para asegurar que se respetasen los límites o las medidas para la remediación. Dada su localización, los problemas eran tangibles para todos, podían experimentarse directamente, en una práctica de campo, por ejemplo (Sandell *et al.*, 2003).

Pero los problemas ambientales hoy en día son mucho más difusos y abarcan, no sólo grandes regiones, sino al planeta entero. Un ejemplo de ello, y también uno de los más serios, es el efecto invernadero cuyo impacto es cada vez más tangible debido al incremento de los gases que contribuyen a este efecto y que resultan de la actividad humana. Dado que las causas son múltiples y complicadas, y el impacto tiene un alcance global; para las personas en general es más difícil encontrar relación directa entre causas y efectos, así como asegurar que lo han experimentado directamente. Además de esta confusión, el hecho de que se presentan en lugares y tiempos remotos, constituye un obstáculo para identificar, e incluso, creer en la existencia de estos problemas, por esta razón, el trabajo de los expertos y de la ciencia dedicada al tema, consiste actualmente más que nada en demostrar a la gente de que los problemas ambientales realmente existen (Sandell *et al.*, 2003).

Es cierto que los medios de difusión actuales aportan una gran cantidad de información sobre desastres ecológicos, contaminaciones peligrosas, agotamiento de recursos inclusive, predicciones sobre las consecuencias o medidas de prevención y remediación; sin embargo, esta información no siempre revela todo lo que se ha discutido en altos niveles sobre el tema, es decir, se presenta filtrada; además, es muy común que la información se manipule para obtener beneficios privados que no tienen relación con temas ambientales. Por todo esto, de nada sirve la labor de los expertos y la vasta información aportada, si las personas no tienen los conocimientos necesarios para discernir, identificar, responsabilizarse y tomar parte en los problemas ambientales que enfrentamos (Gómez-Moliné y Reyes-Sánchez, 2004).

Queda claro que es muy importante que todos los integrantes de las distintas sociedades que habitan el planeta se involucren directamente con los problemas ambientales y de recursos naturales actuales dado que éstos se relacionan directamente con nuestro consumo diario y con nuestro estilo de vida. Por supuesto que es necesario que la industria preste más atención a los diferentes tipos de producción, así como al origen y al reciclado de los productos, pero también

es muy necesario que el público en general se responsabilice de sus hábitos de consumo y de cuidado del ambiente y sea consciente de que las actividades diarias de cada persona son extremadamente importantes y tienen consecuencias directas sobre el ambiente (Sandell *et al.*, 2003).

Por otra parte, también es necesario que los seres humanos reflexionen profundamente sobre la manera en que se relacionan no sólo con su ambiente, sino también entre sí ya que para que el planeta entero haga una *transición a la sustentabilidad* es necesario evitar que un sector se enriquezca a costa de la pobreza de otro, que unos cuantos grupos repriman a otros, que se destruyan o agoten los recursos de la naturaleza, que los hombres ejerzan diversos grados de explotación, violencia y marginación contra la mujer; o que existan comunidades, países o regiones que no sean sustentables (Vilches y Gil, 2013). La sustentabilidad debe ser global, regional, local e individual y debe abarcar todas las áreas posibles, aunque principalmente, la ecológica, política, social, económica y científica.

Ahora, hay que tomar en cuenta que el comportamiento humano en algunas culturas no tiene ningún impacto negativo sobre la biodiversidad y el ambiente, incluso en algunos casos hasta puede ser positivo. En general, las sociedades pequeñas, con una historia continua y cuyo territorio no ha sido invadido, con el tiempo conocen con tanto detalle y precisión sus nichos ecológicos que desarrollan una interacción sustentable con éstos. En cambio, en las sociedades más complejas, el equilibrio entre el ambiente y los humanos no ha sido sustentable, extendiéndose más allá de los límites de sus ecosistemas locales. Los pueblos indígenas y pequeños poseen creencias y conocimientos profundos sobre la naturaleza y su utilización, sobre conceptos ecológicos y prácticas de manejo de recursos naturales que son muy valiosos para la sustentabilidad del ambiente. Por tanto, estos conocimientos ecológicos tradicionales han sido reconocidos como fundamentales para la conservación de la biodiversidad, y es sustancial que las civilizaciones grandes y complejas adopten y apliquen estos conocimientos y sobre todo, que reconozcan que los seres humanos somos parte del paisaje, al igual que el resto de los seres vivos y es fundamental mantener el equilibrio con nuestro ambiente (Oviedo, Maffie y Larsen, 2002; García-Franco, 2011).

I.2.2. Sustentabilidad y educación.

I.2.2.1. Concepciones alternativas sobre Sustentabilidad.

Durante la interacción cotidiana con el mundo, los sujetos hacen construcciones personales para responder a la necesidad de interpretar fenómenos naturales, así como para explicarlos, describirlos o predecirlos. Estas construcciones personales han sido denominadas con diversos términos, sin embargo, el término preferentemente utilizado es el de “concepciones alternativas”, ya que expresa mejor el estatus que merece desde la perspectiva constructivista. Se caracterizan por ser muy estables y resistentes al cambio, son comunes entre personas de

diversas edades, formación, país de procedencia y están dominadas por el carácter perceptivo (Driver, 1986; Wandersee, Mintzes y Novak, 1994). De acuerdo con S. Bello (2007), muchos investigadores coinciden en que no se presentan de forma aislada, “sino que implican la formación de una red conceptual (o red semántica) o esquema de pensamiento más o menos coherente, pero diferente al esquema conceptual científico”.

Las concepciones alternativas pueden facilitar la enseñanza cuando el profesor las conoce, pero también pueden limitar el aprendizaje, ya que el estudiante organiza sus conocimientos a partir de sus concepciones previas y esto, cuando adquiere nuevos conocimientos, le genera dificultades que el profesor puede acrecentar si desconoce estas concepciones. Por lo tanto, es necesario que el docente haga además de una revisión en la literatura, una investigación para conocer las concepciones con las que sus estudiantes llegan a clase, para que pueda mejorar la organización de su enseñanza. De lo contrario, es posible que el docente utilice un lenguaje o presente ejemplos que las refuercen dado que algunas concepciones pueden ser muy resistentes al cambio (Taber, 2000; Wandersee *et al.*, 1994).

Con respecto a la sustentabilidad, éste es un concepto potencialmente difícil de definir, debido a la controversia en que está envuelto y a la diversidad de perspectivas y enfoques desde los que se ha abordado. Por tanto, no es de extrañar que los estudiantes, y la población en general, tengan una gama de concepciones alternativas que conllevan una serie de implicaciones significativas para los profesores responsables de ayudar a los estudiantes a comprender el concepto. Sin embargo, y a pesar de su importancia, hoy en día existen muy pocos estudios acerca de las concepciones alternativas sobre sustentabilidad que tienen los estudiantes, e incluso los profesores.

Es un tanto más sencillo encontrar en internet concepciones alternativas con respecto a la sustentabilidad, en diversos aspectos de la sociedad. Por ejemplo, el trabajo de Filho (2000) está enfocado en determinar las concepciones que no permiten que las universidades tomen un rol más activo integrando e implementando políticas sustentables. Lemonick (2009) por su parte, ha decidido consultar con varios expertos en el tema para conocer los tipos de concepciones alternativas con las que se encuentran comúnmente. De aquí obtuvo una lista de “mitos” sobre la sustentabilidad de la población general:

- Nadie sabe lo que significa Sustentabilidad.
- La sustentabilidad sólo se refiere a temas del ambiente.
- Ser sustentable es un sinónimo de ser “verde”.
- La sustentabilidad se trata de reciclaje.
- La sustentabilidad es muy cara.
- Sustentabilidad significa disminuir nuestra calidad de vida.

- Las decisiones del consumidor o el activismo comunitario, pero no la intervención del gobierno, ofrecen las rutas más rápidas y eficientes hacia la sustentabilidad.
- La nueva tecnología es siempre la respuesta.
- La sustentabilidad es básicamente un problema de sobrepoblación.
- Una vez entendido el concepto de sustentabilidad, es muy sencillo ponerlo en práctica.

Walshe (2008) hizo uno de los pocos estudios sobre las concepciones de sustentabilidad en estudiantes, que en este caso son ingleses de 12-13 años de edad. Él encontró que, en cuanto a la naturaleza de la sustentabilidad, los alumnos relacionan este concepto con la ecología, la economía y la sociedad, pero no con la política. En cuanto al propósito de la sustentabilidad, algunos estudiantes mencionan la protección ambiental, mantener el equilibrio natural, el uso de recursos renovables, el progreso o beneficio de cualquier tipo, y la independencia o autosuficiencia. Pero la mayor parte no le encuentran un propósito definido y mucho menos, cómo llevarla a cabo. Finalmente, en cuanto a la escala de tiempo, los estudiantes son capaces de identificar que ésta se relaciona con los otros conceptos de sustentabilidad, aunque se enfocan más en la perdurabilidad que en modificar e incluso, mejorar el futuro.

Sin embargo, son prácticamente nulos los estudios en alumnos de la edad de la población estudiada en este trabajo. Por tanto, dada la escasez de información acerca de las concepciones sobre la sustentabilidad en adolescentes entre 15 y 17 años, y la importancia de conocerlas y tomarlas en cuenta durante el diseño de la secuencia didáctica, en este trabajo se indagarán las concepciones que tienen los estudiantes que conforman la población en la que se aplicará la secuencia.

1.2.2.2. Educación para la Sustentabilidad.

De acuerdo con la UNESCO (2006), no es la falta de educación la causante de las crisis sociales y ambientales, pues éstas son causadas por personas con una educación superior a la secundaria. El problema es que la forma en que se educa está basada en la cosmovisión actual en la que, por una parte, el conocimiento se ha fragmentado en diversas disciplinas desvinculadas entre sí. De este modo no es posible tener la perspectiva holística que requieren los problemas contemporáneos que amenazan la vida en general de nuestro planeta (Sipos, Battisti y Grimm, 2008; Leff, 2004). Si la sociedad entiende a los problemas como partes aisladas e incompletas, su capacidad para resolverlos también se ve limitada (Leff, 2000).

Por otra parte, el conocimiento ha adoptado una lógica lineal de pensamiento jerárquico que a su vez ha generado un pensamiento unidimensional, totalmente contrario a las cosmovisiones de los pueblos antiguos que entendían al mundo de forma integrada y profunda, con múltiples niveles de interrelación (Leff, 2000). El pensamiento lineal nos ha llevado a entender al universo como un sistema mecánico, al cuerpo humano como una máquina y a la vida en sociedad como

una lucha competitiva por la existencia; esto a su vez ha derivado en una cultura materialista (Capra, 1998).

Por estas razones es necesario revisar, reformular y reorientar los objetivos y el contenido del currículo actual para incluir valores que contribuyan a lograr un presente y un futuro más sustentables, así como desarrollar una comprensión transdisciplinaria de la sustentabilidad social, económica y ambiental (Sipos *et al.*, 2008; Gadotti, 2000). En respuesta a esta urgencia, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el período de 2005-2014 como la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable, durante la cual la academia habría de construir puentes que le permitieran acercarse a las necesidades de la sociedad, así como de promover un enfoque de sustentabilidad en la educación superior, de tal modo que afecte positivamente en la mayor parte de la sociedad y la biosfera (UNESCO, 2006; Sipos *et al.*, 2008).

La enseñanza-aprendizaje desde el enfoque de la sustentabilidad se conoce como Educación para el Desarrollo Sustentable o Sostenible (o Educación para la Sustentabilidad) cuya definición ha sido especificada por la UNESCO:

La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) no es un programa o proyecto en particular, sino que es más bien un paradigma que engloba las muchas formas de educación que ya existen y las que quedan por crear. La EDS promueve esfuerzos para repensar programas y sistemas educativos (tanto métodos como contenidos) que actualmente sirven de apoyo para las sociedades insostenibles (UNESCO, 2016).

Una vez terminada la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable, la UNESCO anunció la instauración del Programa Global de Acción, para continuar fomentando las prácticas de la Educación para la Sustentabilidad (EpS), ya que los problemas relacionados con la emergencia planetaria siguen agravándose (Mc Clanahan, 2014).

La responsabilidad de promover la EpS recae principalmente sobre las universidades, puesto que son creadoras de conocimiento científico, promotoras de la cultura y generadoras de profesionistas en cuyas manos se encuentra el futuro de la sociedad (Leff, 1998; Sipos *et al.*, 2008). Por esta razón, las prácticas pedagógicas universitarias, y las de todos los niveles educativos, deben cambiar su visión. Es necesario promover tanto habilidades como valores que permitan formar personas conscientes, integrales, creativas y capaces de desarrollar un nuevo proyecto global de sustentabilidad (Leff, 1998; UNESCO, 2006).

La Educación para la Sustentabilidad se trata de todo un sistema que combina las prácticas actuales de enseñanza-aprendizaje con el contenido, las habilidades básicas y los valores que estudiantes, maestros, escuelas y educadores informales requieren para participar activamente en la creación de un futuro sustentable. Para lograrlo es necesario conjugar múltiples metodologías de enseñanza-aprendizaje como las herramientas de mapeo curricular, el

aprendizaje centrado en el estudiante, el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en la indagación, el aprendizaje constructivista, o las comunidades de aprendizaje (Cloud, 2014).

Además, la EpS reconoce la importancia de la interdisciplinariedad y la transversalidad de la sustentabilidad. Los estudiantes deben comprender, independientemente del nivel o del área disciplinar, que todo está conectado, no debe ignorarse la unión que existe entre la economía, la sociedad, la cultura y el ambiente, sin importar si se trata de un nivel escolar o de uno político. Pero, en la formación de esta mentalidad sustentable, los más influyentes son los educadores, por tanto, se recomienda que la EpS sea incluida en la formación de profesores desde los niveles escolares más básicos, y abarque a los docentes tanto de la educación formal como de la no formal (Cloud, 2014; McClanahan, 2014).

1.2.2.3 Sustentabilidad y enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA).

Los sistemas educativos actuales incluyen materias o asignaturas de ciencias naturales, ciencias sociales o humanas, e incluso, sobre tecnología. Sin embargo, estas materias se enseñan de forma separada y desligada dando como resultado estudiantes especialistas en el contenido de cada materia, pero con poca o nula capacidad para identificar, comprender y aplicar ese contenido dentro de su contexto social, cultural y político. Por tanto, la corriente Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) es un movimiento de reforma educativa que se enfoca en las relaciones recíprocas y las complejas interacciones que se presentan, especialmente hoy en día, entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (Garritz, 1994; Kumar y Chubin, 2000).

El final de la II Guerra Mundial y el inicio de la Guerra Fría marcaron un momento crucial en el desarrollo de la ciencia. Durante este período tuvieron lugar acontecimientos muy importantes como el lanzamiento del Sputnik por los soviéticos y el Explorer I por los norteamericanos, la construcción de bombas atómicas en el proyecto Manhattan, así como la consolidación de E.U.A. como líder mundial, especialmente en lo relacionado con las investigaciones en ciencias físicas, financiadas por el Departamento de Defensa de E. U. (Medina, 2000; Rueda-Alvarado, 2005). Este momento tan importante para la ciencia, aunado a muchos otros acontecimientos, como la guerra de Vietnam, los movimientos independentistas en África, y los movimientos contraculturales, de género y estudiantiles de 1968, generaron una profunda reflexión sobre el papel de la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad que diversos autores como C.P. Snow (y sus dos culturas, la científica y la humanística), D. Meadows, L. Munford, R. Carson, Schummacher e Illich, etc. reflejaron y criticaron en sus escritos (Medina, 2000; Membiela, 2005).

Con estos antecedentes, en los años setenta se originó el movimiento CTS en los campus universitarios norteamericanos, y se extendió a la educación secundaria en los ochenta, con la finalidad de solventar la crisis en la relación de la sociedad con la ciencia y la tecnología. Su

énfasis está en las condiciones políticas y sociales y en los valores que rigen la investigación y el desarrollo científico y tecnológico, y busca alertar sobre los graves impactos derivados para la sociedad y el ambiente (Medina, 2000; Membiela, 2005).

Actualmente es importante que todo ciudadano conozca directamente las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, ya que la tecnociencia afecta a todas las formas de vida humana, y lo seguirá haciendo. La ciencia y la tecnología han invadido la vida social, a través de sus productos, e incluso, se considera que la calidad de vida aumenta, gracias a que cada vez se tienen más y mejores instrumentos que permiten a los humanos liberarse de los trabajos duros y monótonos. O en el caso de la medicina, ésta ha logrado aumentar la longevidad y la salud de las personas (Grupo Argo, 2003; Medina, 2000; Membiela, 2005). Pero, además de los artefactos y productos materiales de la tecnología, existen otros efectos de ésta sobre las sociedades, menos visibles, pero no menos importantes; las llamadas máquinas sociales que jerarquizan y reparten las funciones, por ejemplo entre obreros, ingenieros, supervisores y administradores como en el caso de una fábrica. Este tipo de máquinas sociales se presentan también en el ejército, en los restaurantes, iglesias, centros comerciales, en las escuelas, etc., en los que estas tecnologías de organización social tienen grandes efectos sobre las formas de vida de los humanos (Grupo Argo, 2003; Acevedo Díaz, 2006).

Por otra parte, podemos encontrar personas muy entusiastas sobre la ciencia y la tecnología, los tecnófilos que depositan toda su confianza en ellas y vaticinan un futuro en el que todos los problemas serán solucionados por la tecnociencia. Sin embargo, también es posible toparse con personas con la opinión contraria (tecnófobos), que consideran que todos los problemas son provocados por la tecnología y que en el futuro habremos de prescindir de todo lo artificial y lo tecnológico. Sea cual fuere la postura de cada quién, es muy común que en ambos casos se crea que sólo los expertos científicos o tecnólogos pueden decidir sobre la orientación del desarrollo de la ciencia y la tecnología, y que los ciudadanos se encuentran al margen como meros espectadores. Pero, el enfoque CTS defiende la participación de los ciudadanos dentro de estas decisiones (Grupo Argo, 2003).

Es evidente la necesidad de que los ciudadanos tengan una percepción más crítica de la ciencia y la tecnología, así como de sus relaciones con la sociedad, para que sean capaces de participar democráticamente en las decisiones que orientan los desarrollos de la ciencia y la tecnología, y acojan sus responsabilidades sobre su futuro. Pero, para cubrir esta carencia, se requiere innovar en la educación científica (Aikenhead, 2005a), por esta razón el enfoque CTS es toda una reforma educativa que implica un nuevo objetivo para la ciencia escolar, y un cambio en la forma en que se percibe actualmente la ciencia.

Por años han prevalecido algunas visiones equivocadas con respecto a la ciencia y sus relaciones con la tecnología y la sociedad. Un gran error, comúnmente aceptado, es el llamado modelo

lineal de la epistemología y la transformación del conocimiento en realidad. Generalmente se piensa que primero se genera conocimiento científico o ciencia abstracta básica, y sólo cuando este conocimiento es aplicado (ciencias aplicadas) se obtiene la tecnología como resultado (Acevedo-Díaz, 2001; Roy, 2000). Otro desacierto que suele considerarse es que a mayor tecnología, mayor riqueza y por ende mayor bienestar (Acevedo-Díaz, 1997.; Rueda-Alvarado, 2005). También la idea general predominante sobre la ciencia escolar es que ésta comprende sólo a la biología, la física y la química, que suelen ser descritas como disciplinas duras y sobre todo abstractas. Es cierto que no todas las personas son capaces de manejar la abstracción, aunque tampoco tienen porqué hacerlo; sin embargo, Aristóteles heredó a las universidades occidentales la idea de que las ciencias, que requieren un pensamiento abstracto, son para la élite, para las clases altas, y la técnica es para los esclavos o las clases bajas (Roy, 2000). Otras visiones comunes que han contribuido a distorsionar la perspectiva sobre la ciencia son la aproblemática y ahistórica, la individualista y la descontextualizada o socialmente neutra (Vilches y Furió, 1999).

Esta forma de percibir la ciencia, ha generado como consecuencia una resistencia por parte de los estudiantes hacia el estudio de las ciencias en la educación obligatoria, y una enseñanza de las ciencias, que contribuye a formar actitudes pasivas hacia su aprendizaje. Según Vilches y Furió (1999) esta enseñanza se caracteriza: primero por enfocarse en el aprendizaje sólo de conocimientos científicos, sin tomar en cuenta su desarrollo afectivo. En segundo lugar, por presentar las materias científicas como algo abstracto y excesivamente formal. Y finalmente por presentar una imagen deformada sobre los científicos y la ciencia, sin conexión con los problemas reales (históricos, sociales, ecológicos, etc.) del mundo. De este modo, la ciencia y la tecnología en las escuelas ha servido sólo a un grupo selecto de estudiantes que la entienden y que logran pensar como científicos. El resto de los estudiantes, la experimentan como si se tratase de una cultura extranjera. Además, el contenido científico canónico no es directamente utilizable en las situaciones cotidianas relacionadas con la ciencia, por lo tanto, si no se enseña a los estudiantes a aplicar estos conocimientos científicos en su vida cotidiana, la ciencia es inútil para la mayoría de las personas fuera de la escuela (Aikenhead, 2005b).

Por esta razón, el enfoque CTS busca formar ciudadanos informados y capaces de tomar decisiones importantes sobre problemas actuales y de realizar acciones derivadas de esas decisiones (Garritz, 1994). Para lograr este objetivo es necesario: proporcionar una preparación científica tanto a los estudiantes que llegarán a las universidades, como a todos los ciudadanos (alfabetización científica); integrar la educación política para la acción; extender el enfoque CTS hacia los estudios sociales, la geografía o la historia para lograr la interdisciplinariedad; enfocar el aprendizaje hacia cuestiones problemáticas; y centrar la visión de la ciencia y la tecnología como un producto de la industria (para dar a conocer a los estudiantes su futuro campo de trabajo (Membiela, 2005).

Al mismo tiempo que se desarrolló el movimiento CTS, la educación ambiental también comenzó a cobrar mayor importancia durante los años 70, debido al creciente descontento sobre el uso irracional que los humanos hacen de los recursos naturales, así como de la forma en que las escuelas preparan a los futuros ciudadanos para tomar decisiones sobre el ambiente. Así pues, resulta que el movimiento CTS y la educación ambiental comparten tanto el propósito como la temática, ya que la mayor parte de los temas abordados por el enfoque CTS se relaciona con el ambiente (por ejemplo: energía, calidad ambiental, uso de recursos naturales...). Actualmente, los temas ambientales, que cada vez se extienden más en los medios, toman mayor importancia en el interés del público; por ello, como una de las metas del CTS es ayudar a los estudiantes a comprender la relevancia de la ciencia en su vida cotidiana, la integración de los problemas ambientales dentro del movimiento CTS es de enorme utilidad (deBettencourt, 2000). De este modo, al agregar la letra A de ambiente a las siglas CTS, la ciencia adquiere una imagen más completa y contextualizada, además de considerar la comprensión de asuntos ambientales y de calidad de vida (Fernandes, Pires y Villamañan, 2014).

Las sociedades actuales dependen de la tecnología pero también son gobernadas por intereses económicos de políticos y corporaciones, por lo tanto, es imprescindible que los ciudadanos comprendan la forma en que la tecnología y la ciencia transforman al ambiente para que puedan ejercer y defender sus derechos democráticamente, sin ser vulnerables; y así disminuir las amenazas que representa el uso inadecuado de la ciencia y la tecnología tanto para el ambiente como para sí mismos (García y Cauích, 2008). Además el incluir los estudios sobre el ambiente en el enfoque CTS puede generar mayor atracción para que los estudiantes continúen sus estudios en ciencias. Y por supuesto, las decisiones sobre los recursos naturales y el ambiente formarán parte de la agenda pública para las generaciones venideras (deBettencourt, 2000).

Pero es necesario aclarar que la educación ambiental no es sinónimo de la educación para la Sustentabilidad, pues la primera incluye el concepto y la filosofía de la segunda, y la contextualiza con los factores socioculturales y los aspectos sociopolíticos de equidad, pobreza, democracia y calidad de vida. La educación para la Sustentabilidad debe ser interdisciplinaria y holística (es decir, debe ser integrada en todo el currículo, no como una materia separada), orientada a valores, basada en el pensamiento crítico y la resolución de problemas, incentivando la participación en la toma de decisiones y localmente relevante (UNESCO, 2016).

Por otra parte, tanto la educación ambiental como el enfoque CTS toman en cuenta que la ciencia y la tecnología marcan profundamente el contexto social en el que interactúan los individuos a través de productos tecnológicos y de las tecnologías de la organización social. Entonces, el principal reto de la sociedad es lograr que la ciencia y la tecnología se orienten hacia la innovación productiva, pero teniendo en consideración la preservación de la naturaleza

y la satisfacción de necesidades sociales desde el enfoque de la sustentabilidad. Para lograrlo, se propone que la educación para la sustentabilidad, en relación con la educación científica sea abordada a través del enfoque CTSA ya que ambos movimientos comparten muchos objetivos como la comprensión de la realidad y de los problemas actuales y urgentes, la participación social en cuestiones locales y globales de interés público, a través de la toma de decisiones responsables, y en ambos casos se incluyen los valores necesarios para evaluar las acciones desempeñadas por la sociedad teniendo a la sustentabilidad como referencia (Correa, 2005).

1.2.2.4. La Sustentabilidad en la Química.

Diversas áreas de conocimiento han contribuido desde hace años al tratamiento de los problemas socioambientales; sin embargo, las contribuciones son insuficientes y el trabajo y el conocimiento requeridos trascienden la comprensión de cualquier especialidad disciplinaria. Por esta razón, ha sido necesario desarrollar una nueva área de conocimiento que integre todos los campos, la Ciencia de la Sustentabilidad. Esta ciencia proporciona un nexo único en el que expertos de varias disciplinas pueden unirse para proponer soluciones más holísticas y sustentables para los problemas globales complejos. En este contexto, la Química es reconocida como disciplina indispensable para contribuir en el diseño y la implementación de estrategias para un desarrollo sustentable (Lozano y Watson, 2013; Vilches y Gil, 2013).

Es así como, dentro de esta disciplina, en respuesta a los problemas globales multidimensionales, surgieron la Química Verde y la Química Sustentable. Hoy en día existe un debate en el que se discute si éstas son sinónimos o no. Si bien varios autores los consideran sinónimos (Vilches y Gil, 2011), algunos otros marcan una clara diferencia entre ambas señalando que aunque la Química Verde tiene como propósito fomentar la Sustentabilidad, no hace énfasis en su dimensión social. Es decir, emplea la innovación química para prevenir la contaminación y reducir costos, pero sus esfuerzos no consideran el impacto ni las necesidades sociales, por lo tanto no abarca completamente a la Sustentabilidad (Lozano y Watson, 2013; Van Roon, 2001).

La Química es una ciencia experimental básica que ha creado una gran cantidad de materiales y productos como resultado de su investigación, que en la actualidad son parte importante de la vida cotidiana del ser humano, y que también han impactado enormemente en el ambiente, como los plásticos por ejemplo. Una gran cantidad de materiales que usamos comúnmente pasaron por procesos químicos industriales, que por décadas no han tomado en cuenta la repercusión que tienen (tanto los procesos como los productos) en el ambiente y en la sociedad (De la Hoz y Díaz, 2008). Por ello, la participación de los químicos dentro de la Ciencia de la Sustentabilidad es crítica para desarrollar e implementar estrategias de solución para los problemas globales complejos. Pero, los químicos primero deben ser entrenados para comprender cómo sus decisiones afectan a la Sustentabilidad. En otras palabras, deben

aprender que todo lo que hagan en sus vidas profesionales tenga una orientación sustentable (Van Roon, 2001).

Así pues, para conseguirlo, en 1998, el grupo que dirige la Iniciativa de la Química Sustentable, que pertenece a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), propuso incorporar la sustentabilidad en la educación química como una de las cinco prioridades de la Química Sustentable. De acuerdo con ellos, los docentes deben incorporar al contenido tradicional del currículo, discusiones sobre el valor económico, el impacto ecológico y los riesgos a la salud del humano (Lozano y Watson, 2013; Van Roon, 2001).

Es posible encontrar en la literatura investigaciones e innovaciones para incorporar los problemas globales en el currículo de distintos niveles educativos, e incluso en la formación de profesores. Particularmente la enseñanza de la química presenta una gran cantidad de oportunidades para abordar la problemática que aqueja a la humanidad. Pueden tratarse dilemas como la producción, almacenamiento y conservación de energía; la producción, almacenamiento y conservación del agua; manejo del dióxido de carbono; o la contaminación que generan todas las actividades humanas en todos sus formas (en agua, suelo, aire, etc.), (Amador-Bedolla, 2013; Vilches y Gil, 2011).

El abordaje de temas químicos desde la perspectiva de la problemática multidimensional puede contribuir, además, al aprendizaje significativo, ya que se despierta el interés de los estudiantes hacia la Química, pues al contextualizarla de este modo, adquiere un enfoque mucho más funcional y útil para los futuros ciudadanos que podrán tomar parte en las decisiones sociales con mayor responsabilidad y una visión más crítica (Vilches y Gil, 2011).

I.3. LA QUÍMICA DEL SUELO.

I.3.1. Características del suelo.

El suelo es un medio poroso que se encuentra en la capa superficial de la tierra (litósfera) formado a través de procesos de desgaste del material original (roca) mediante fenómenos biológicos, químicos, geológicos e hidrológicos. Se trata de sistemas abiertos biogeoquímicos con múltiples componentes sólidos, líquidos y gaseosos. Son abiertos porque intercambian materia y energía con la atmósfera, la biósfera y la hidrósfera que le circundan. Estos flujos de materia y energía son muy variables a través del tiempo y del espacio, pero son los responsables del desarrollo de los diversos perfiles del suelo y gobiernan sus patrones de calidad. La importancia de este recurso natural radica en que funge como un filtro protector y como mediador de energía; es responsable de la transformación cíclica de compuestos orgánicos e inorgánicos; es el sustento de la vida en general y cuna de la humanidad y su cultura; y es el receptor de los cuerpos inertes de los humanos y demás seres vivos, después de su muerte (Kutílek y Nielsen, 2015; Sposito, 2008).

Desde el punto de vista de la química, el suelo es una mezcla heterogénea constituida por una parte sólida, una líquida y una gaseosa. La parte sólida, a su vez, es una mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos, cuya proporción varía de acuerdo con el tipo de suelo y la región de origen. La porción inorgánica o mineral contiene partículas cuyos tamaños son enormemente variables (desde más de 2 mm hasta menos de 0.002 mm). La fracción de partículas más gruesas se conoce como arena, la de partículas más finas corresponde a las arcillas y la fracción que queda entre las anteriores se denomina limo. Estas partículas inorgánicas o minerales están formadas por óxidos, hidróxidos y sales (las más abundantes). Estos compuestos iónicos tienen la propiedad de ser o no solubles en agua. Las partes líquida y gaseosa del suelo se encuentran en los espacios que rodean las partículas sólidas de éste y que se conocen como espacios porosos; la composición del aire en los poros es diferente de la del aire atmosférico: El de los poros tiene mayor humedad, mayor concentración de CO₂ y menor concentración de O₂. Además, todos los poros de los suelos contienen siempre cierta cantidad de agua; ésta funge como un depósito de gases y sólidos disueltos. Para la química del suelo, los más importantes son los sólidos que se disocian como iones en esta dispersión del suelo (Kutílek y Nielsen, 2015; Sposito, 2008).

En los suelos encontramos además una gran cantidad de microorganismos. En un kilogramo de suelo no contaminado podemos encontrar miles de millones de bacterias, de actinomicetos, de hongos, de protozoarios y de microfauna. Estos microorganismos juegan roles esenciales en la *humificación*; este proceso consiste en transformar los desechos de plantas, microorganismos y animales en *humus*. En este humus se deposita una gran cantidad de compuestos orgánicos, principalmente del carbono. La degradación de los desechos y el metabolismo microbiano

generan dos tipos de productos. Los primeros son las biomoléculas que varían en complejidad, desde ácidos orgánicos de baja masa molecular hasta enzimas extracelulares, y son el sustento directo de los ciclos de vida de la biomasa del suelo. El segundo tipo de productos son las sustancias húmicas, que son compuestos orgánicos heterogéneos, de color oscuro y no sirven de combustible para la biomasa, se forman como productos secundarios (Sposito, 2008).

Tanto las partículas de arcilla como la materia orgánica humificada forman ciertos materiales conocidos como *coloides del suelo*. Estos coloides pueden ser orgánicos e inorgánicos y se presentan en mezclas o complejos muy estrechos. Todos los suelos (excepto los de arena pura) presentan partículas de tamaño coloidal, y sus propiedades coloidales dependen de las cargas eléctricas de estas partículas. De este modo hay coloides electropositivos o básicos y electronegativos o ácidos. También los hay hidrófilos e hidrofóbos. Los procesos químicos, físicos y biológicos del suelo liberan en él muchas sustancias nutritivas que las plantas requieren para vivir y crecer. Los coloides del suelo retienen o absorben estos nutrientes, evitando que sean lavados por el agua de lluvia o de riego, y se pierdan por lixiviación (Valencia Islas, 2008).

I.3.2. Los nutrientes de las plantas.

Las plantas son como “fábricas naturales” que tienen la capacidad de producir compuestos orgánicos de gran masa molecular a partir de una molécula sencilla de carbono (dióxido de carbono, CO₂). Este proceso se conoce como fotosíntesis e involucra a la luz como fuente de energía para enlazar los átomos de carbono en las moléculas orgánicas. Sin embargo, las plantas no se restringen al consumo de dióxido de carbono y agua disociada durante la fotosíntesis. Para crecer y vivir, también necesitan otros elementos indispensables denominados nutrientes o elementos biogénicos. Existen alrededor de setenta elementos biogénicos, aunque sólo diecisiete de ellos son esenciales para las plantas. (Kutílek y Nielsen, 2015).

El tipo de elementos principales (de mayor concentración) varía de acuerdo con el medio en el que se encuentren. En la parte sólida del suelo los elementos principales son aquellos cuya concentración es mayor a los 100 mg/kg; el resto de los elementos presentes en el suelo se conocen como elementos traza. En cambio, disueltos en el agua del suelo hay apenas nueve elementos en forma de iones que generalmente exceden a los demás (Sposito, 2008). Finalmente, las plantas requieren al menos nueve elementos en cantidades sustanciales (más de 100mg/kg), conocidos como macroelementos. Los demás elementos biogénicos esenciales que requieren las plantas se conocen también como elementos traza o como microelementos (Kutílek y Nielsen, 2015). En la tabla 1.1 se enlistan los elementos principales presentes en el suelo, sólidos y disueltos, así como en las plantas.

Tabla 1.1. Elementos principales en el suelo y en las plantas.

Elementos en la parte sólida del suelo*	Elementos disueltos en el agua del suelo	Macroelementos en los cuerpos de las plantas
O	C (HCO_3^-)	C
Si	N (NO_3^-)	H
Al	Na (Na^+)	O
Fe	Mg (Mg^{2+})	N (NO_3^- y NH_4^+)
C	Si [$\text{Si}(\text{OH})_4^0$]	K (K^+)
K	S (SO_4^{2-})	P (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-})
Ca	Cl (Cl^-)	Ca (Ca^{2+})
Na	K (K^+)	S (SO_4^{2-})
Mg	Ca (Ca^{2+})	Mg (Mg^{2+})
Ti		
N		
S		
Ba		
Mn		
P		
Sr		
Zr		

Para los elementos disueltos en el agua del suelo y en las plantas, se indican entre paréntesis o corchetes las especies iónicas principales. *Los elementos se ordenan de mayor a menor concentración (Kutílek y Nielsen, 2015; Sposito, 2008).

A excepción del C, H y O, los otros seis macroelementos de las plantas provienen básicamente de dos procesos diferentes: el intemperismo de los minerales y la descomposición de los desechos orgánicos. Los microelementos más importantes son: B (H_2BO_3^-), Cl (Cl^-), Co (Co^{2+}), Cu (Cu^{2+}), Fe (Fe^{2+} y Fe^{3+}), Mn (Mn^{2+}), Mo (MoO_4^{2-}) y Zn (Zn^{2+}). Las plantas adquieren tanto a los macro como a los microelementos en forma de disoluciones acuosas a través de sus finas raíces del diámetro de un cabello. La diferencia entre los macro y los micronutrientes radica en que son requeridos por las plantas en diferentes cantidades y concentraciones, pero la falta de cualquiera de ellos puede producir una evolución anormal de la planta o de alguno de sus órganos (Kutílek y Nielsen, 2015).

I.3.3. El pH del suelo.

Por otra parte, para los agricultores es muy importante conocer la acidez o alcalinidad del suelo, ya que el pH influye enormemente en los diversos procesos físico-químico-biológicos que se presentan en el suelo como la asimilación de nutrientes por las plantas, la actividad de los microorganismos del suelo, la mineralización de sustancias orgánicas, el desgaste por el clima de los minerales del suelo, la disociación de compuestos difícilmente solubles, la coagulación de los coloides, entre otros. El pH del suelo depende de la estación del año, del tipo y la cantidad de vegetación, de las prácticas de manejo y cultivo, y varía frecuentemente por el lavado del

suelo. Así pues, la interpretación de los valores de pH del suelo puede proporcionar a los agricultores información muy variada y útil. Puede servir para determinar la solubilidad, movilidad y disponibilidad de los elementos biogénicos para las plantas; para conocer el tipo de cultivo que se puede sembrar; para la clasificación de suelos salinos y salino-sódicos; para las recomendaciones del manejo de suelo, etcétera (Valencia Islas, 2008).

De acuerdo con el pH de los suelos, éstos se dividen principalmente en neutros, ácidos y alcalinos:

a) Los suelos neutros tienen un valor de pH entre 6.1 y 7.8; estos suelos no presentan problemas de solubilidad o disponibilidad de los elementos biogénicos, siempre y cuando estén presentes en el suelo.

b) La mayoría de los suelos en climas húmedos son ácidos (3.5 – 6.0); esto se debe a que el agua de percolación arrastra consigo las bases. También los fertilizantes con azufre y nitrógeno acidifican el suelo. En este tipo de suelos la fertilidad es baja ya que disminuye la concentración de varios elementos biogénicos, pero aumenta la del hierro y del manganeso, hasta valores tóxicos para las plantas, por lo tanto, los suelos ácidos son poco adecuados para el desarrollo vegetal. Para elevar el pH del suelo, suele utilizarse roca caliza molida que contiene principalmente CaCO_3 y en ocasiones MgCO_3 , porque su efecto alcalinizante es suave y efectivo, además de económico y abundante (Sposito, 2008; Valencia Islas, 2008).

c) En cuanto a los suelos alcalinos (7.9 – 9.0), estos suelen formarse en regiones áridas y con baja precipitación, cuando los suelos se encuentran en topografías deprimidas y las aguas freáticas transportan y concentran bases en ellos, o cuando el agua de riego tiene un alto contenido de sales de sodio. Los problemas que se presentan en estos suelos son de dos tipos: químicos y físicos. Los problemas físicos se deben a que la materia orgánica se seca y se acumula, formando una capa fina negra sobre la superficie del suelo, de este modo se forman costras que bloquean los poros, y esto a su vez disminuye su permeabilidad al agua. En cuanto a los problemas químicos, la mayor parte de los elementos biogénicos presentan una disponibilidad muy baja, y al mismo tiempo, hay una gran cantidad de sales de sodio disueltas, que hace difícil que las plantas absorban el agua debido a la elevada presión osmótica de la dispersión del suelo. Para corregir el pH en estos suelos es muy común utilizar el azufre y el sulfato de calcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), (Valencia Islas, 2008).

I.3.4. El suelo y su fertilidad.

El suelo se clasifica como un recurso lentamente renovable debido a que se regenera de manera continua por procesos naturales, sin embargo, cuando se trata de cubrir la creciente demanda de alimentos por parte de los humanos y los animales de cría, la tasa media de degradación de suelo superficial supera la de formación del mismo, convirtiéndolo en un recurso no renovable

en términos del tiempo de vida del humano y por tanto en agotamiento. El suelo se degrada más rápido, es decir, pierde su fertilidad y su calidad, si no hay un buen control de las influencias naturales negativas y si no se realizan las prácticas agrícolas adecuadas. La erosión del suelo o edáfica, por ejemplo, es un proceso natural en el que sus componentes, sobre todo los superficiales, se mueven de un lugar a otro. Este proceso ha tenido lugar desde que se formó la Tierra, debido al flujo natural del agua y los vientos, pero por lo general, las raíces de las plantas protegen al suelo de la erosión excesiva. Desafortunadamente, las actividades humanas, como la tala y el incendio de bosques, la construcción, los vehículos para campo traviesa, etcétera, incrementan esta tasa de erosión (Miller, 1994; Kutílek y Nielsen, 2015).

Para conservar el suelo se han desarrollado y utilizado diversos métodos para reducir la erosión edáfica y con ello impedir la disminución de nutrientes en el suelo, así como para reestablecer los elementos biogénicos ya perdidos por erosión, lavado y cultivo excesivo. La mayoría de los métodos para controlar la erosión incluyen mantener el suelo cubierto con vegetación. Para mantener y restablecer su fertilidad de manera parcial, se aplican fertilizantes orgánicos e inorgánicos comerciales. Hay tres tipos básicos de fertilizante orgánico: el estiércol que está compuesto por excremento y orina de ganado, aves de corral y otros animales de granja; el cual mejora la estructura del suelo, aumenta el contenido de nitrógeno orgánico y estimula el crecimiento y la reproducción de hongos y bacterias del suelo. El abono verde es otro fertilizante orgánico; se trata de la vegetación verde, fresca o en crecimiento que se agrega al suelo durante el arado; incrementa la materia orgánica y el humus. El tercer fertilizante orgánico es la composta, que se produce alternando capas de desechos vegetales ricos en carbohidratos, estiércol y suelo superficial formándose un rico fertilizante natural y acondicionador del suelo (Miller, 1994).

En la mayor parte de los países industrializados, los agricultores utilizan fertilizantes inorgánicos comerciales. Los nutrientes esenciales más comunes en estos productos son nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno es aportado en forma de iones amonio (NH_4^+), iones nitrato (NO_3^-) y urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$]. El ion nitrato es la fuente de nitrógeno más directa para las plantas, ya que sus raíces pueden absorberlo fácilmente; en cambio, los iones de amonio y la urea deben ser oxidados previamente por las bacterias del suelo para transformarlos en iones nitrato. El fósforo se presenta comúnmente como compuestos que contienen iones fosfato y difosfato (PO_4^{3-} o HPO_4^{2-}), y que generalmente se produce a partir de rocas de fosfato de calcio. En el caso del potasio, el compuesto más utilizado es el cloruro de potasio que aporta iones potasio (K^+). Es muy común que los fabricantes de estos fertilizantes reporten el contenido de fósforo y potasio como el porcentaje de óxido de fósforo (P_2O_5) y óxido de potasio (K_2O), aunque en el fertilizante encontramos sales de estos elementos pero no los óxidos reportados (Hill, Holman, Lazonby, Raffan y Waddington, 1989; Miller, 1994).

Es un hecho que los fertilizantes inorgánicos han ayudado a aumentar la producción de alimentos; sin embargo, también presentan diversas desventajas. Como no agregan humus al suelo, disminuye el contenido de materia orgánica de éste y con ello su capacidad de retención de agua, el suelo se compacta y disminuye su porosidad, por lo que se reduce el contenido de oxígeno del suelo, y esto a su vez impide que el fertilizante sea captado de manera eficiente. Muchos fertilizantes comerciales se limitan a los tres nutrientes descritos con anterioridad y no aportan los demás elementos biogénicos esenciales que también necesitan las plantas; por estas razones, es necesario aplicarlos junto con fertilizantes orgánicos (Miller, 1994).

Otro problema es la contaminación del agua, los iones nitrato llegan por lavado hasta los cuerpos de agua superficial cercanos, en donde son dañinos, sobre todo cuando el agua es usada para beber, pues dentro del sistema digestivo de los animales, los iones nitrato se convierten en iones nitrito que interfieren con el transporte de oxígeno en el sangre. Además, la presencia de nitratos y fosfatos en los cuerpos acuíferos promueve el desarrollo de las plantas que los habitan, sobre todo las algas. Estas algas forman una capa superficial que corta el paso de la luz y provoca que plantas más profundas mueran, las algas también mueren pronto y se descomponen. Este proceso de descomposición utiliza el oxígeno disuelto en el agua, provocando que su concentración disminuya drásticamente; así otros seres vivos acuáticos (peces, caracoles, larvas, bacterias) comienzan a morir. A este proceso se le llama eutroficación y en el peor de los casos deja a los cuerpos de agua sin vida acuática y malolientes. Es necesario pues, que haya mayor cuidado por parte tanto de los agricultores como de las autoridades ambientales para preservar la salud de los cuerpos acuíferos (Hill, *et al.*, 1989).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

II.1. JUSTIFICACIÓN.

Debemos aprender a convivir pacíficamente, mejorar nuestro nivel de vida, compartir de forma más equitativa los recursos y productos, así como aprender a consumir lo necesario sin comprometer el futuro de las generaciones posteriores; debemos cambiar el comportamiento de individuos, grupos y sociedades, de eso se trata la sustentabilidad o sostenibilidad o desarrollo sustentable. Como sea que se le llame, lo importante es que se comprenda, se valore y se vuelva nuestro estilo de vida. Y para ello es necesario hacer un cambio en la forma de enseñar las ciencias. (Gil, 1991). La opinión de Whitesides (citado en Amador-Bedolla, 2013a), un investigador académico muy influyente en la química, es que no es correcto enseñarla como se ha hecho hasta el momento. Según él, resolver problemas prácticos cotidianos no hará vulgar a la ciencia, al contrario, en química muchos descubrimientos fundamentales se hicieron al resolver problemas de la vida cotidiana.

Es importante que la sustentabilidad se incluya en los programas de estudio, probablemente desde preescolar hasta la universidad, que abarque todas las materias como un eje transversal, y que se enfatice en la contribución que puede hacer cada disciplina tal como Vilches y Gil nos dicen que Koïchiro Matsuura, señala en el caso particular de la química:

“Sensibilizar al público de la importancia de las ciencias químicas es una tarea de suma importancia, habida cuenta de los desafíos que debe afrontar el desarrollo sostenible. Es indudable que la química desempeñará un papel muy importante en el desarrollo de fuentes alternativas de energía y la alimentación de la creciente población mundial” (Vilches y Gil, 2011, pág. 2).

De este modo las personas cambiarán su opinión sobre la química. Volverá a ser vista como solución más que como problema. “El estado actual de la humanidad requiere de la ciencia de la sustentabilidad; ésta, requiere de la química.” (Amador-Bedolla, 2013b, pág. 183). Del mismo modo, este nuevo panorama ofrece nueva motivación para los estudiantes de los cursos de química y hace más palpable su relación con otras ciencias (experimentales, sociales y políticas), con la economía y con el cuidado del ambiente, así como con la ética y hasta la felicidad y la satisfacción personal.

Entonces, es evidente que la humanidad se enfrenta a problemas graves, pero aún nos encontramos en un punto en el que podemos hacer algo, podemos cambiar nuestra forma de comportarnos, nuestra perspectiva sobre la vida. Para ello es necesario recurrir a varias estrategias a la vez, una de ellas es la práctica de reglas cívicas, otra es adquirir un estilo de vida sustentable. En ambos casos se requiere un cambio en la enseñanza, del que somos responsables los docentes. Probablemente en este momento seamos pocos los que tenemos

consciencia sobre la urgente necesidad de este cambio, pero debemos perseverar, y procurar esparcir esta consciencia, así como ser siempre coherentes, si queremos que la situación de la humanidad cambie, debemos cambiar nosotros mismos. Si deseamos que los estudiantes sean más reflexivos, críticos y conscientes sobre las problemáticas sociales y ambientales, entonces tenemos que ponerles el ejemplo. Para lograr que la sustentabilidad sea parte de la vida de otros, primero debe formar parte de nuestra propia vida, solo así lograremos incluirla verdaderamente en la educación institucional e incluso, en la informal.

II.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

A pesar de su creciente importancia y necesidad de inclusión en la educación, en México, la sustentabilidad casi no se considera como tal en el currículo del bachillerato. Muy pocos programas de estudio, como el de biología del CCH, abordan el tema del desarrollo sustentable, aunque lo hacen desde la perspectiva de la biodiversidad. Por esta razón, y por las expuestas anteriormente, es relevante la inclusión del tema en este nivel educativo. Lo ideal sería introducirlo como un eje transversal, sin embargo, esto requeriría reformar todo el currículo, por lo que, su inclusión por ahora será un tanto más discreta. En particular, en los programas de la asignatura de química no se aborda el concepto de sustentabilidad, pero sí se consideran algunas implicaciones ambientales y sociales que sirven como punto de partida para la introducción del tema, ya que la química está presente en todas nuestras actividades diarias y en todos los objetos que nos rodean. Participa en todas las etapas de obtención de un producto, desde su diseño, hasta que el consumidor lo desecha, incluso aún después al reciclarse, degradarse o contaminar. Es necesario concientizar a los alumnos de que la química puede tanto contribuir al deterioro del planeta y generar graves problemas a sus habitantes, como ofrecer soluciones para los problemas que enfrenta la humanidad hoy en día y que confrontará en el futuro.

Es necesario que se genere consciencia sobre el uso que se le da a la química y a la ciencia en general. Últimamente es muy común que los científicos busquen enriquecerse haciendo uso del conocimiento científico, sin importarles las consecuencias, en lugar de indagar soluciones para los problemas de índole social y ambiental que nos aquejan. Por supuesto, no todos lo hacen, pero en estos días no es difícil encontrar opiniones sobre la ciencia como la de Ernesto Sábato (2000) quien asevera que la ciencia en lugar de dar solución a problemas físicos y metafísicos, contribuyó a incrementar los problemas de la humanidad. Por supuesto que la ciencia tiene gran impacto en la vida del ser humano, pero no es la única que causa problemas, también están implicados en gran medida otros aspectos como son la política, la economía, la cultura, la ubicación geográfica, la historia y la educación. Por ello es necesario aprender a solucionar problemas integrando estos aspectos para lograr el enfoque holístico de la sustentabilidad.

Son estas las razones que apoyan la pregunta de investigación que guiará el desarrollo de este trabajo de tesis y que se plantea de la siguiente manera:

¿Es posible lograr que los estudiantes definan y valoren la sustentabilidad desde el enfoque de la Química?

En este trabajo se propone el diseño y la aplicación de una secuencia didáctica sobre la Sustentabilidad con un enfoque químico y se espera que el análisis de los resultados obtenidos dé respuesta a la cuestión planteada.

II.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO DE TESIS.

Objetivo General:

- * Desarrollar una secuencia didáctica sobre la Sustentabilidad desde un enfoque químico para que los alumnos de bachillerato comprendan el concepto y valoren su importancia.

Objetivos Particulares:

- * Elaborar y aplicar un cuestionario para conocer concepciones alternativas sobre Sustentabilidad en los estudiantes.
- * Utilizar el enfoque CTSA en el desarrollo de la secuencia.
- * Incorporar esta secuencia al tema de suelo de las lecciones de química del bachillerato para abordar la Sustentabilidad desde un enfoque químico.
- * Implementar la secuencia en las clases de Química y evaluarla.

II.4. CONSIDERACIONES GENERALES.

Para introducir el amplio concepto de sustentabilidad es necesario tomar en cuenta los procesos que el alumno lleva a cabo cuando aprende, los obstáculos que se le presentan y proponer procedimientos para favorecer el aprendizaje, además de los conocimientos y las destrezas que debe poseer el profesor para fungir como mediador entre el conocimiento y el alumno. Estos elementos y relaciones constituyen el campo de la didáctica (Soussan, 2003). En el caso de este trabajo, el objeto de aprendizaje es el concepto de Sustentabilidad, los alumnos son estudiantes del primer curso de química del bachillerato, y el rol del profesor quien “toma decisiones, juzga situaciones y expresa sus pensamientos y teorías a través de sus actos” (Dómenech y Gómez, 2003, pág. 490) será desempeñado por la sustentante, aunque se espera que en un futuro sea desempeñado también por otros profesores del bachillerato.

No es posible, ni conveniente, introducir la Sustentabilidad como una nueva unidad temática en el programa de química, ya que lo que ésta busca es precisamente la integración de diversas disciplinas para generar una visión holística de los problemas actuales, por ello se introdujo el concepto dentro del tema de suelo como productor de alimentos, no con la idea de hacer un diseño instruccional *per se*, sino intercalando diversas actividades dentro del desarrollo del tema de suelo, ya que la Sustentabilidad es un concepto que los alumnos pueden ir construyendo al aplicar sus conocimientos sobre química para resolver problemas relacionados con el suelo y su productividad. De esta forma, se mantienen los objetivos generales planteados en los programas de estudio del bachillerato más el objetivo general de la secuencia propuesta. Pero cada una de las actividades tiene por supuesto, objetivos específicos (Córica, Hernández, Portalupi y Bruno, 2010) que se desarrollan en concordancia sobre todo con el objetivo general de dicha secuencia. Estos objetivos son la base de su diseño en la que se procura siempre mantener una alineación curricular (Brophy, 2001) y por tanto que la secuencia tenga coherencia tanto con el programa de estudios como internamente, en cuanto a las actividades y a su evaluación.

II.4.1 Características de la muestra.

Se trabajó con dos grupos de Química III de la Escuela Nacional Preparatoria No. 5, “José Vasconcelos” de la UNAM, ambos del turno matutino de segundo año, donde el promedio de edad de los estudiantes es de 16 años y son cerca de 50 alumnos por grupo. A estos grupos se les imparte la materia dividida en dos sesiones sencillas (de 50 minutos) y una sesión doble (de 100 minutos) por semana. Generalmente, la sesión doble se aprovecha para trabajar en el laboratorio. Los dos grupos estuvieron principalmente a cargo de su profesora titular, que es la misma para ambos; y de la sustentante, que estuvo presente durante las clases e incluso participó en muchas de éstas para estrechar la relación con los estudiantes. La primera parte del año escolar (el primer semestre) se trabajó con el grupo piloto (grupo 538), la segunda parte

con el grupo cuyos resultados se presentan más adelante como los definitivos (grupo 522). Con esta participación, fue posible desarrollar con los estudiantes una relación de confianza y apertura, al igual que con su profesora titular.

II.4.2 Las características del lugar donde se realizó el estudio.

De acuerdo con las normas y costumbres de este plantel de la ENP, no hay exclusividad de aulas ni laboratorios para cada grupo ni para cada profesor, por tanto, las sesiones sencillas se imparten en aulas distintitas, es decir, tienen un aula designada para la primera sesión, y otra para la segunda sesión. Estos salones también pueden variar de acuerdo con el edificio en el que se encuentran. Todos tienen pupitres acomodados mirando hacia el frente donde se encuentra el pizarrón, una tarima sobre la que hay un escritorio para el profesor y una mesa larga que cuenta con llave de gas, contactos eléctricos y una tarja con agua corriente. Se trata de un modelo muy tradicionalista, en el que el profesor de química puede hacer algunos experimentos demostrativos. La diferencia entre las aulas radica en el tamaño y el nivel en el que se encuentran los pupitres. Algunas son como auditorios, es decir, los pupitres se acomodan en varios desniveles y son muy amplias, en cambio, otras aulas son muy estrechas y todos los pupitres están al mismo nivel, por lo tanto, los 50 estudiantes están muy pegados entre sí y es muy difícil desarrollar actividades que requieran mucha actividad por parte de ellos.

La sesión doble se desarrolla en el laboratorio, que a diferencia de algunas aulas, es muy amplio, sobre todo por su longitud. Dispone de dos largas mesas divididas cada una por una canaleta para el desagüe, y varias llaves de gas y agua. No es posible moverlas y los estudiantes deben sentarse frente a las mesas como en filas. En el extremo de ambas está el pizarrón y sobre una tarima está la mesa de trabajo del docente que también dispone de agua, gas y electricidad. La disponibilidad de material y reactivos es limitada, por lo que en ocasiones es necesario que los estudiantes o los profesores los aporten, o adecuar las actividades prácticas.

Este tipo de aulas y laboratorios propicia métodos de enseñanza transmisivos, acordes con el enfoque conductista en los que el profesor tiene el papel central en la enseñanza (por lo que tiene un lugar designado y en alto para que pueda ser mejor observado) y su función es transmitir sus conocimientos a los alumnos; de este modo, el aprendizaje se concibe como un proceso de recepción pasiva de los conocimientos. (Guzmán, *et al*, 1994). Los recursos utilizables en este tipo de aulas son básicamente la explicación, el pizarrón y los libros de texto, así como algunos experimentos principalmente demostrativos. El espacio reducido y la disposición de las aulas limitan su flexibilidad, por lo que dificultan el uso de métodos activos que hagan del estudiante el verdadero centro de atención del proceso de enseñanza-aprendizaje; haciendo de las aulas un obstáculo, más que una ventaja para la realización de la propuesta didáctica.

II.4.3 Aplicación de la secuencia didáctica.

La propuesta didáctica se trabajó con ambos grupos, de los cuales uno fungió sólo como grupo piloto para hacer las adecuaciones y los cambios necesarios a los instrumentos; ya que en este caso y por cuestiones de tiempo, la propuesta fue probada fuera de la unidad a la que corresponde. Previo al desarrollo de la secuencia didáctica se aplicó un cuestionario diagnóstico que abarcó cerca de 30 minutos durante una sesión al azar del curso. Para desarrollar la secuencia didáctica con los estudiantes se contemplaron un total de 6 sesiones, 3 sencillas (de 50 minutos) y 3 dobles (de 100 minutos), es decir, alrededor de 8 horas, tiempo incluido en la planeación del curso de química III. Después de probar las actividades en el grupo piloto y hacer los cambios y ajustes pertinentes, se aplicaron en el grupo a evaluar al final del ciclo escolar (abril 2016). Al mismo grupo se le aplicó el cuestionario diagnóstico, la secuencia didáctica y el cuestionario final.

II.5. DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.

Para diseñar la secuencia didáctica, se consideró una enseñanza indirecta en la que Piaget dice que “el énfasis debe ser puesto en la actividad, la iniciativa y la curiosidad del aprendiz ante los distintos objetos de conocimiento, suponiendo que ésta es una condición necesaria para la auto-estructuración y el auto-descubrimiento.” (Guzmán *et al.*, 1994, pág. 21). Lo que se pretende que el alumno logre al comprender y valorar la sustentabilidad es una construcción de conocimiento en la que pueda integrar tanto la parte científica y tecnológica como la parte social, la económica, la política y la ambiental. (Soussan, 2003).

En el diseño de la secuencia se utilizó como guía la metodología que Sánchez y Valcárcel (1993) sugieren para construir una propuesta didáctica.

II.5.1 Análisis científico.

El primer paso fue indagar en la literatura para profundizar en el tema de sustentabilidad, tomar postura y delimitar la definición que se pretende que los estudiantes comprendan y valoren. Al finalizar este análisis, se concluyó que la sustentabilidad debe ser un eje transversal abordado a lo largo de todo el curso de química; sin embargo, dado el tiempo limitado para la realización de este proyecto de tesis, fue necesario elegir una sola unidad del programa de Química III de la ENP y relacionarlo sólo con un pequeño número de conceptos químicos. Se procuró además, que la unidad elegida estuviese presente también en el programa de Química I o II del CCH, para incrementar la versatilidad de la propuesta didáctica.

La unidad del programa de Química II elegida fue el suelo por varias razones: para México la conservación de este recurso no renovable, es sustancial tanto por la necesidad de garantizar la producción de alimentos para abastecer la demanda de la población, como por tratarse de un problema de soberanía nacional. Es necesario defender nuestra tierra como medio de producción y como parte de nuestras riquezas naturales a través de proyectos educativos y científicos. Además de esto, la agricultura siempre estuvo y ha estado ligada, histórica y culturalmente, a la génesis prehispánica. Para nuestros antepasados, el suelo representó una fuente inagotable de beneficios porque entendieron y respetaron el delicado equilibrio entre el hombre y la naturaleza. Hoy en día es necesario que los ciudadanos conozcan y comprendan este punto de vista, para que, además de conocer sus raíces culturales, cooperen con mayor disposición en la conservación de este recurso. (Reyes-Sánchez, 2006a; Reyes-Sánchez, 2006b).

Como ya se mencionó, dentro de la unidad de suelo, se eligieron los conceptos de química que los alumnos necesitan construir y comprender para poder aplicarlos al contexto de la productividad del suelo, y con ello abordar el concepto de sustentabilidad. Estos conceptos seleccionados fueron ácidos y bases de Arrhenius, pH (sólo como medida de carácter ácido o básico), sales minerales, iones, y disociación.

II.5.2 Análisis didáctico.

El siguiente paso fue el análisis didáctico en el que se hizo una búsqueda en la literatura sobre concepciones alternativas del concepto de sustentabilidad, sin embargo, no fue posible encontrar artículos enfocados en los adolescentes, y se obtuvieron muy pocos artículos para otras poblaciones (adultos, estudiantes de licenciatura, empresas). Por esta razón surgió la necesidad de diseñar un instrumento para indagar en las concepciones que tienen los estudiantes de bachillerato sobre la sustentabilidad. Es importante determinarlas ya que los alumnos traen consigo varios conocimientos e ideas previas que influyen sobre su manera de actuar, de interpretar y de construir el nuevo conocimiento, así pues son “expertos ingenuos” como los llama Piaget, en los que en ocasiones es necesario generar un cambio conceptual –ya que no todas sus concepciones son las científicamente aceptadas– para finalmente generar un aprendizaje significativo en ellos (Campanario y Moya; 1999; Guzmán *et al.*, 1994).

Otro aspecto importante del análisis didáctico es la determinación del nivel de desarrollo operativo en relación con las habilidades intelectuales que los alumnos necesitan para comprender el tema (Sánchez y Valcárcel, 1993). Aquí lo importante es considerar que se trata de alumnos de bachillerato que ya cursaron la primera parte del curso de química en el que ya pudieron desarrollar ciertas habilidades y adquirir los conocimientos previos necesarios para abordar el tema. Sin embargo, se consideró, por ejemplo, que el concepto de pH que se utilizará en la secuencia sólo será como medida de acidez y basicidad pues aún no es pertinente para los muchachos de este nivel, ni tampoco es propósito de la secuencia profundizar más allá.

II.5.2.1. Instrumento de exploración de concepciones alternativas sobre sustentabilidad.

En la literatura es posible encontrar una gran cantidad de encuestas y cuestionarios sobre sustentabilidad, sin embargo, la mayoría de éstas están dirigidas a empresas, profesionales o estudiantes de licenciatura. Por esta razón, fue necesario diseñar un instrumento completo dirigido a estudiantes de bachillerato. Se desarrolló un primer cuestionario que se probó con el grupo piloto. Por su longitud, y el tipo de preguntas, ocupó mucho tiempo para su resolución por parte de los estudiantes y para su análisis por parte de la sustentante, por lo tanto se hicieron los recortes y ajustes pertinentes. El cuestionario diagnóstico definitivo quedó compuesto por ocho preguntas que se dividen en dos partes. Las primeras cinco preguntas se contextualizaron tomando los huertos urbanos como una acción sustentable adoptada actualmente por diversos países; aunque a los estudiantes no se les menciona que esta medida tiene relación con la sustentabilidad. Para lograr dicha contextualización, se les proporcionó una nota periodística sobre el desarrollo y la proliferación de los huertos urbanos en otros países. La finalidad era indagar las concepciones alternativas que tienen los estudiantes sobre el concepto de sustentabilidad, así como evidenciar si por sí mismos hacen la relación directa entre dicha acción y el concepto estudiado. La segunda parte del cuestionario corresponde a las tres preguntas restantes, mediante las que se indaga directamente lo que los alumnos saben sobre

el concepto de sustentabilidad y con qué aspectos o ideas lo relacionan; algunas preguntas para esta parte fueron tomadas y modificadas del cuestionario sobre sustentabilidad de la Universidad Veracruzana (<http://www.uv.mx/cosustenta/files/2012/09/cuestionarioSust.pdf>).

A continuación, en el cuadro 2.1 se presentan las preguntas que conforman al instrumento y el objetivo de cada una de ellas.

Cuadro 2.1. Preguntas y objetivos del cuestionario diagnóstico.*

No.	PREGUNTA	OBJETIVO
1	¿Qué efectos crees que tengan los huertos urbanos desarrollados en otros países sobre nuestro país y sus habitantes?	Indagar si los estudiantes están conscientes de que los eventos en una parte del mundo tienen efectos en otras partes, en diferentes ámbitos de la vida cotidiana: económico, ecológico, científico, social, y político.
2	¿Sabes si hay huertos urbanos en la ciudad de México? a) Si tu respuesta es afirmativa, ¿cuáles son los efectos de estos huertos sobre la ciudad? b) Si tu respuesta es negativa, ¿por qué crees que no se han desarrollado este tipo de huertos en la ciudad?	Conocer qué tan informados están acerca de la implementación de una medida sustentable dentro de su propia ciudad. a) Si saben las implicaciones que esta medida tiene sobre su ciudad. b) Si tienen ideas equivocadas sobre esta medida sustentable o simplemente están desinformados.
3	¿Qué ventajas y desventajas podrían tener los huertos urbanos para las generaciones del futuro?	Si están conscientes de que las acciones sustentables implementadas en el presente, tienen consecuencias sobre generaciones futuras y qué tipo de consecuencias serían, benéficas o perjudiciales.
4	Piensa en algunas ventajas y desventajas tanto de los huertos urbanos como de la agricultura tradicional y anótalas.	Si consideran una medida mejor que la otra, si una desplazaría a la otra y qué tipo de impacto tendría una en comparación con la otra.
5	En tu opinión, ¿existe alguna relación entre el desarrollo de huertos urbanos y... la sociedad?, el ambiente?, la economía?, la ciencia?, la política?, la sustentabilidad? En caso afirmativo, ¿cuáles?	Si relacionan o no, y cómo, la medida sustentable con diversos ámbitos de su vida cotidiana, y sobre todo con la sustentabilidad.
6	Escribe brevemente lo que entiendes por sustentabilidad.	Si conocen el término, qué idea tienen sobre su significado y qué tanto se acercan a la definición que la secuencia didáctica pretende ayudarles a construir.
7	¿Qué áreas o disciplinas crees que podrían relacionarse con la sustentabilidad?	Si saben que la sustentabilidad abarca varias áreas o ámbitos cotidianos; cuáles y cuántos consideran ellos.
8	De la siguiente lista, señala los elementos que piensas que tienen relación con la sustentabilidad.	Los elementos enlistados están relacionados con alguno de los ámbitos anteriores para poder confirmar la pregunta precedente.

**El instrumento, tal como fue entregado a los estudiantes puede consultarse en el anexo A.*

Gracias a este cuestionario fue posible determinar que la mayoría de los estudiantes desconocen la implementación de huertos urbanos en nuestro propio país, y muchos consideran que sus ventajas sólo son perceptibles por sus propios dueños; que traen grandes desventajas a la agricultura tradicional, o que no tienen ningún efecto sobre las sociedades. En cuanto al concepto de sustentabilidad, es posible observar que muchos pupilos, aunque tienen una idea, porque hoy en día es un tema muy común, su definición está incompleta o se relaciona esencialmente con el sustento, además lo vinculan principalmente con el ámbito económico, en segundo lugar con el ecológico y finalmente con el social. No consideran relación alguna con el político ni con el científico. Los resultados de este cuestionario se analizan con detalle en la primera parte (Cuestionario diagnóstico y concepciones alternativas) del Capítulo III (Descripción y análisis de resultados).

II.5.3. Objetivos de aprendizaje.

El cuestionario diagnóstico nos muestra que los estudiantes que llegan a las aulas ya poseen concepciones alternativas sobre la sustentabilidad y que, en general, la mayoría necesita reconstruir o complementar su definición y ampliar su panorama para comprender que para lograr un estilo de vida sustentable es necesaria la colaboración de diversas disciplinas, así como su propia contribución. Por esta razón, y tomando como base el análisis científico y el didáctico, así como los objetivos del proyecto de tesis, se determinó que el objetivo principal de aprendizaje de la secuencia didáctica es:

- * Que el alumno reconstruya y comprenda el concepto de sustentabilidad y valore su importancia a través del impacto que tiene la química del suelo sobre la producción de alimentos.

Como complemento de y para lograr este objetivo, se definieron varios objetivos particulares para que a lo largo de la secuencia el alumno:

- * Relacione el ámbito científico, en particular la química, con el social a través de la historia de su sociedad, la alimentación y la sobrepoblación; con el económico a través de la producción agrícola y de fertilizantes; con el ecológico a través del cuidado del suelo como recurso no renovable y la diversificación de métodos agrícolas; y con el político a través de propuestas dirigidas a las autoridades del país.
- * Comprenda que el aumento poblacional y el estilo de vida actual generan problemas ambientales y sociales, así como el agotamiento de recursos naturales.
- * Sea consciente de que las soluciones a estos problemas requieren la colaboración de varias disciplinas.
- * Entienda que la diversificación en el uso de métodos y técnicas tiene mayores ventajas, desde el punto de vista de la sustentabilidad.

- * Ponga en práctica diversas habilidades propias de la asignatura como:
 - identificar variables,
 - manejar material, reactivos y equipo de laboratorio,
 - desarrollar una investigación bibliográfica,
 - identificar y relacionar los niveles macroscópico, microscópico y simbólico,
 - contextualizar los conceptos de química.

II.5.4. Diseño de estrategias didácticas.

Para cumplir los objetivos planteados se diseñaron trece actividades con el enfoque CTSA y utilizando el tema de suelo como punto de relación entre la sustentabilidad y la química. Estas actividades se reparten en seis sesiones, que para una mejor organización, llevan un título que sugiere lo que se abordará en cada sesión. A continuación se describen las actividades de las sesiones con mayor detalle.

Sesión 1. La agricultura y las primeras culturas del valle de México. (100 min)

Actividad A.1.1: Lectura 1.

Se pretende que el alumno:

- Relacione parte de la historia de su sociedad con la química.

Descripción e implementación:

Esta lectura busca que los alumnos relacionen sus raíces culturales, es decir la parte histórica de su sociedad, con una actividad cotidiana, a la que posiblemente no se dedican, pero que sí tiene repercusiones directas en su vida. Es necesario hacer un análisis histórico ya que podemos encontrar soluciones sustentables para algunas necesidades y carencias actuales, en los métodos y técnicas que utilizaban las sociedades antiguas que eran más conscientes de su relación con la naturaleza. La agricultura prehispánica mexicana, por ejemplo, fue una de las más prolíficas de la historia de la humanidad. Gracias a la domesticación del maíz y su cultivo mezclado con frijol, calabaza y chile, fue posible alimentar a toda la región mesoamericana. Las zonas chinamperas abastecieron con abundancia a las civilizaciones tolteca, náhuatl, tenoxca y del suroeste del país. Y el Imperio Maya Clásico debe su existencia al cultivo hidráulico de camellones (Martínez Saldaña, 1986). Por esta razón, esta lectura habla sobre el uso de la agricultura en los pueblos prehispánicos, sobre todo los del valle de México; en la diferencia del tipo de suelos utilizados para la agricultura y la diversidad en su fertilidad (Cortina Campero, 2008; Martínez Saldaña, 1986). Para desarrollar esta actividad se entregó una copia a cada alumno de la Actividad A.1 Lectura 1 (Anexo B, pág.114), misma que fue elaborada especialmente para este proyecto (Artes México, 2007; Rojas Rabiela, 1990). Se les pidió leerla

en forma grupal (pidiendo a algunos estudiantes que leyeran en voz alta), aunque esta actividad puede hacerse de forma individual, en grupos pequeños o con todo el grupo.

Actividad A.1.2: Dibujo-modelo sobre lo que hay en el suelo que afecta el crecimiento de las plantas.

Se pretende que el alumno:

- Demuestre si relaciona sus conocimientos sobre la química del suelo con el crecimiento de las plantas.
- Utilice la modelización para expresar sus concepciones alternativas.

Descripción e implementación:

Al finalizar la lectura, se les pidió realizar un dibujo en el que representaran cómo creen que el suelo afecta el crecimiento de las plantas. Podían utilizar uno o varios colores. Fue pertinente comentarles que su dibujo es su propio modelo de lo que hay en el suelo y que para saber si su modelo se acerca al modelo científico, era necesario hacer algunos experimentos (que desarrollarían en la siguiente actividad) e indagar en la literatura. También es posible hacer comparaciones entre sus dibujos, e incluso llegar a un consenso.

Actividad A.1.3: Diseño grupal de la actividad para comparar diferentes tipos de suelo.
Preparación del material.

Se pretende que el alumno:

- Diseñe una actividad para comparar diferentes tipos de suelo.
- Determine las variables que utilizará para hacer la comparación.

Descripción e implementación:

Para llevar a cabo esta actividad, se pidió a los alumnos que diseñaran de forma grupal una actividad en la que se comparen diferentes tipos de suelo. Fue necesario guiarlos ya que a lo largo del curso no se trabajó esta habilidad de diseño experimental; para ello se utilizaron preguntas como: ¿Qué se les ocurre hacer para observar las diferencias de crecimiento de las plantas en diferentes tipos de suelo? ¿Cuáles serán las variables dependientes y las independientes? Lo más importante era que entre todos acordasen probar diferentes tipos de suelo; para ello se sugirió sembrar un mismo tipo de planta en diferentes tipos de suelo; comparar diversas características macroscópicas de las plantas y del suelo antes de sembrarlas y al menos dos semanas después de la siembra; y determinar el pH e identificar cualitativamente algunos iones presentes en el laboratorio. El material para esta sesión fue preparado por la profesora, aunque también podría pedirse a los alumnos previamente. Este material consistió

en plantas pequeñas de una misma especie (se utilizaron las plantas millonarias –*Plectranthus verticillatus*– porque son de color uniforme y vivo, crecen rápido, no requieren de cuidados especiales y son fáciles de conseguir), macetas de aproximadamente 10 cm de diámetro, palas o cucharas grandes, agua destilada, algunos instrumentos de medición como verniers o reglas y diferentes tipos de suelo (que fueron preparados por la profesora con tezontle para disminuir la cantidad de nutrientes, ácido cítrico para acidificarlo, cal para alcalinizarlo; aunque también podrían ser recolectados de diversos lugares en los que se note una marcada diferencia en la diversidad de las plantas que crecen ahí).

Después de llegar al consenso sobre lo que harían y las variables que medirían, se repartió el material por equipos de 5 o 6 alumnos. Es muy importante que se marque bien para poder identificarlo. Se preguntó si algún alumno sabía sembrar las plantas en macetas para explicarle al resto del grupo, dado que no hubo voluntarios, la profesora dio las instrucciones. Se escogió un lugar para colocar las plantas con las siguientes características: accesible para que los estudiantes pudieran observarlas y regarlas (se determinó quién y cada cuántos días serían regadas) cuando fuera necesario; seguro para que nadie más las tocara, ni les cayera agua de lluvia o estuvieran expuestas a plagas; y que aseguraran la mismas condiciones de humedad, luz y temperatura a todas las plantas. Una vez sembradas las plantas los estudiantes tomaron las medidas de las variables previamente consensuadas y las registraron. También podrían predecir algunas diferencias esperadas a nivel macroscópico de acuerdo con el tipo de suelo, aunque en este caso no se hizo.

Sesión 2. ¿Qué hay en el suelo que afecta el crecimiento de las plantas? (50 min)

Actividad A.2.1: Comparación de las diferencias a nivel macroscópico.

Se pretende que el alumno:

- Observe la relación entre los diferentes tipos de suelo y el desarrollo de las plantas.

Descripción e implementación:

Al cabo de aproximadamente 2 semanas después de la primera sesión se pidió a los estudiantes que identificaran las plantas, las observaran, las midieran y que relacionaran las diferencias en su crecimiento con los distintos tipos de suelo, para ello utilizaron como guía la tabla A.2.1 (Anexo B. pág. 115). En caso de que hubieran hecho algunas predicciones, también se les pediría compararlas con sus resultados. Con esta actividad, los estudiantes pudieron observar directa y personalmente que el tipo de suelo tiene efectos importantes sobre el desarrollo de las plantas, y constatar que no en todos los suelos es posible cultivar cualquier tipo de planta.

Actividad A.2.2: Lectura 2. Aumento poblacional y producción de alimentos.

Se pretende que el alumno:

- Conozca la importancia de la química en la modificación de los suelos para mejorarlos.

Descripción e implementación:

Esta breve lectura, desarrollada específicamente para este proyecto (Hill, *et al.*, 1989; Solano, Ramírez, Quesada y Chavarría, 2013), pretende que los estudiantes sean conscientes de que las sociedades primitivas formaban parte de un ciclo natural en el que se utilizan los recursos naturales renovables de manera equilibrada, sin embargo, el crecimiento descontrolado de la población en su propio país puede romper este ciclo y traer consigo problemas graves, como el agotamiento y la contaminación de los suelos dedicados al cultivo; por tanto, es necesario buscar soluciones. (Hill, *et al.*, 1989). Se dio una copia de la actividad A2.2. Lectura 2 (Anexo B, pág. 116) a cada alumno para que la leyera, en grupos pequeños, aunque también la podrían leer individualmente o con todo el grupo. Al finalizar la lectura se les preguntó qué soluciones se les ocurrirían para resolver estos problemas.

Actividad A.2.3: Cuestionario sobre el papel de la química en la producción agrícola.

Se pretende que el alumno:

- Se cuestione sobre la importancia del papel de la química en la eficiencia de la producción agrícola, para cubrir la creciente demanda alimenticia.
- Realice una investigación documental para recabar información sobre el papel de la química en la producción de alimentos y el cuidado del suelo.

Descripción e implementación:

El cuestionario A.2.3 (Anexo B, pág. 117) es complemento de la lectura anterior, y está compuesto por dos preguntas, la primera pregunta invita a los estudiantes a imaginar un escenario un tanto catastrófico, con la intención de indagar qué tipo de problemas observan en una situación de sobrepoblación y sobreexplotación, cuál es la gravedad de dichos problemas, y si los relacionan con otras formas de vida, o con los problemas actuales. La segunda pregunta los exhorta a hacer una investigación documental sobre lo que se ha hecho en la química para cuidar y mejorar el suelo, para que amplifiquen su perspectiva con respecto al papel de la química en la producción de alimentos y la preservación del suelo. Dado que se pide a los alumnos hacer una investigación en la literatura, esta actividad se hizo en extraclase, sin embargo, si los estudiantes tienen acceso a internet dentro del aula, es posible realizarla dentro de ésta. Puede resolverse de manera individual o en grupos pequeños.

Sesión 3. ¿Cómo se relaciona la química con la fertilidad del suelo? (100 min)

Actividad A.3.1: Actividad práctica. Determinación de pH e identificación de iones.

Se pretende que el alumno:

- Determine el pH e identifique algunos iones presentes en el suelo (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Fe^{3+} , Mg^{2+}).
- Manipule materiales, reactivos y equipo de laboratorio durante la realización de la actividad experimental.

Descripción e implementación:

En esta sesión los estudiantes ya sabían que la química tiene un papel importante en la producción de alimentos agrícolas, sin embargo, se resaltó el análisis químico del suelo. Esta actividad práctica nos permite abordar este tema, por lo que fue necesario indicarles cuáles son los macronutrientes (C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg) y cuáles los micronutrientes (Fe, Mn, B, Zn, Mo, Cu, Cl) de las plantas, y que es importante identificarlos en el suelo para reponerlos en caso de deficiencia o eliminarlos si están en exceso. También la determinación del pH es útil pues nos indica la alta o baja disponibilidad de dichos nutrientes. De igual modo se hizo énfasis en la diferencia entre el nivel macroscópico que observan en las plantas o en los tubos de ensayo a simple vista, y el nivel microscópico, es decir, las partículas dentro de los tubos y que se representa con símbolos.

Para esta actividad se buscaron reacciones sencillas, con reactivos accesibles para los laboratorios escolares y con productos fácilmente visibles como precipitados o compuestos coloridos; por esta razón se eligieron solo cinco iones (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Fe^{3+} , Mg^{2+}) que las plantas absorben como nutrientes. Sus reacciones se presentan en la tabla 2.1 a continuación:

Tabla 2.1. Reacciones de identificación de iones en suelo.

Elemento biogénico	Forma iónica en suelo	Reacción de identificación
Cl	Cl^-	$\text{Cl}^- + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} + \text{NO}_3^-$
S	SO_4^{2-}	$\text{SO}_4^{2-} + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{Cl}^-$
N	NO_3^-	$\text{NO}_3^- + \text{FeSO}_4 \rightarrow \text{FeNO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$
Fe	Fe^{3+}	$2\text{Fe}^{3+} + 6\text{KSCN} \rightarrow [\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-} + 6\text{K}^+$
Mg	Mg^{2+}	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{Na}^+$

El pH se determina con papel pH, sin embargo, es posible también usar un potenciómetro ya sea del laboratorio o uno específico para suelo, fácil de conseguir en las tiendas especializadas en fertilizantes y otros productos para la jardinería.

Las instrucciones para la actividad práctica que se incluyó en esta secuencia didáctica, se tomaron y se adaptaron a partir de las actividades propuestas por Rico Galicia y Pérez Orta (2009) y por Vogel (1959). Se presentó en una versión muy resumida y práctica para disminuir el tiempo invertido en su explicación y su comprensión. La actividad se diseñó para realizarse en equipos de 4-6 alumnos.

Actividad A.3.2: Resultados y cuestionario 2 de la actividad práctica.

Se pretende que el alumno:

- Compare y relacione sus resultados con los observados anteriormente y con los de sus compañeros.
- Identifique que son los minerales en forma de iones y el pH del suelo parte de lo que afecta el crecimiento de las plantas.

Descripción e implementación:

Para esta actividad se entregaron a los estudiantes (por equipos) los cuadros y el cuestionario de la actividad A.3.2 (Anexo B, pág. 119-120). Los cuadros sirven para recolectar los datos obtenidos en la actividad práctica y compararlos con los de otros equipos. El cuestionario tiene la finalidad de relacionar estos datos con sus observaciones macroscópicas y el crecimiento de las plantas.

Sesión 4. ¿Cómo contribuye la química en la alimentación mundial? (100 min)

Actividad A.4.1: Video y Cuestionario 3. Fertilizantes.

Se pretende que el alumno:

- Relacione la química con la agricultura a través de la producción de fertilizantes.
- Comprenda, a través de una comparación, que la diversificación en el uso de fertilizantes es una alternativa más sustentable.

Descripción e implementación:

Para el desarrollo de esta actividad se propuso a los estudiantes observar el video de History Channel titulado “Maravillas Modernas. Los Fertilizantes”, que puede encontrarse en la dirección de internet: http://www.documaniatv.com/ciencia-y-tecnologia/maravillas-modernas-los-fertilizantes-video_2387442ad.html. Dado que la duración de este video es de 43:21

minutos, se propone proyectarlo en una sesión de 100 min, para asegurar que todos los estudiantes lo vean. Aunque en este caso no fue posible utilizar una sesión doble, por lo que se pidió a los alumnos que lo vieran en extraclase y contestasen el cuestionario complementario mientras lo veían. El cuestionario se elaboró con la intención de que los estudiantes comprendan, a través de una comparación, que la diversificación en el uso de fertilizantes es una alternativa más sustentable. Este cuestionario puede encontrarse en el anexo B identificado como la actividad A.4.1 Cuestionario 3. Fertilizantes (pág. 121).

Actividad A.4.2: Clase plenaria.

Se pretende que el alumno:

- Integre los conocimientos hasta ahora adquiridos en las sesiones anteriores y en la actual.
- Comprenda la necesidad de buscar soluciones para el acelerado ritmo de uso de recursos sin provocar más daño.

Descripción e implementación:

El propósito de la clase plenaria fue hacer un recuento de las actividades anteriores para integrar los conocimientos adquiridos hasta el momento. Se recalcó la relación entre la química y otras áreas como la economía, la ecología y la sociedad, utilizando como ejemplos las actividades desarrolladas. Se hizo un recuento de los conceptos químicos vistos hasta el momento, y se destacó su relación con la producción de alimentos, la conservación del suelo y la producción de fertilizantes. También se les mencionó que a pesar de que la química puede presentar grandes ventajas para mantener una buena calidad de vida, también puede ser generadora de problemas ambientales, económicos y sociales, por tanto, lo mejor es ampliar el espectro de fertilizantes que se utilizan en los cultivos. Para dar esta clase se utilizaron gises y pizarrón, y aunque la clase se planeó para abarcar no más de 40 minutos, se utilizó media sesión más (20-25 min.) del tiempo previsto.

Actividad A.4.3: Diversos métodos y técnicas de cultivo.

Se pretende que el alumno:

- Conozca otros métodos de cultivo, además de los tradicionales, que son sustentables.

Descripción e implementación:

Para esta actividad se planeó pedir a los estudiantes que buscaran en la literatura varios métodos y técnicas de cultivo, sin embargo, debido a varias interrupciones e imprevistos en las clases fue necesario darles la información ya sintetizada (Actividad A.4.3, Anexo B, pág. 122-

123). La intención de esta actividad es ampliar el espectro de opciones que los estudiantes tienen para poder resolver el problema que se les presenta en la siguiente actividad.

Sesión 5. Soluciones sustentables para problemas reales. (50 min)

Actividad A.5: Problema 1. El deterioro de la Isla de Pascua.

Se pretende indagar si el alumno:

- Propone una diversidad de métodos para resolver el problema.
- Qué tipo de métodos propone, los más agresivos con el entorno o los más sustentables.
- Qué tipo de ámbitos de su vida cotidiana relaciona con el problema (económico, ecológico, científico, social y político).

Descripción e implementación:

Muchas civilizaciones, algunas grandes y complejas, otras más sencillas, han colapsado a lo largo de la historia de la humanidad, y en muchos casos las causas de estos colapsos siguen siendo un misterio en la actualidad, las razones pueden ser variadas; pero lo más importante es que a pesar de que muchas personas hoy en día consideran que las civilizaciones actuales son capaces de sortear las crisis que causaron el deterioro de las civilizaciones antiguas, gracias a su desarrollo tecnológico y científico, sus fuentes de energía y sus conocimientos sobre economía e historia; en realidad, nada nos asegura que podamos evitar el colapso de nuestra sociedad actual. De hecho, hoy en día la civilización industrial está en peligro, podríamos ser víctimas de una guerra nuclear, del agotamiento de los recursos, de una crisis ecológica o una económica, incluso de una desintegración sociopolítica. (Tainter, 1998). Pero muchas personas prefieren voltear sus miradas o simplemente desconocen la posición en la que nuestra sociedad se encuentra actualmente. Por esta razón se decidió incluir esta actividad en la que se informa a los estudiantes sobre lo que sucedió en la Isla de Pascua, se les menciona que una hipótesis importante sobre su deterioro y la decadencia del pueblo de los Rapa nui se relaciona con la sobreexplotación de sus recursos naturales y por consiguiente la desertificación de la isla. (Memoria Chilena, 2015; Ramírez, 2007). Esta actividad también tiene la intención de hacerles ver que es posible cambiar el destino catastrófico de las civilizaciones con propuestas sustentables que ellos mismos pueden aportar. Así pues, esta actividad consiste en una breve lectura sobre la Isla de Pascua (Anexo B, pág. 124), escrita especialmente para este trabajo, y la propuesta de soluciones sustentables por parte de los estudiantes. Se realizó en pequeños grupos y las respuestas se compartieron al final con el resto del grupo, y se habló sobre las posibilidades de que esto le suceda a nuestra civilización actual.

Sesión 6. La sustentabilidad también nos incluye. (50 min)

Actividad A.6.1: Problema 2. México y su situación actual.

Se pretende:

- Que el alumno incluya el ámbito político.
- Indagar cuántos factores y ámbitos es capaz de relacionar el alumno en la solución de una problemática actual y de su propio país.
- Averiguar qué tipo de factores toma en cuenta para solucionar el problema.

Descripción e implementación:

De nuevo se plantea un problema, pero en esta ocasión está situado en nuestro país y en la actualidad. Como hasta el momento no se ha incluido el ámbito político, esta vez las propuestas van dirigidas al gobierno federal. La actividad consistió en mostrar a los estudiantes una nota periodística sobre el aumento de la importación de alimentos al país, y se les pidió que propusieran soluciones para disminuir la importación y aumentar la producción nacional. Los alumnos realizaron la actividad distribuidos en grupos pequeños. De este modo pueden ver que los problemas también están cerca de ellos (en el tiempo y el espacio) y que pueden ser propositivos y colaborar con ideas sustentables. Al finalizar la actividad se compartieron algunas cartas con el resto del grupo y se les exhortó a pensar en más soluciones para mejorar su país.

Actividad A.6.2: Reconstrucción del concepto de Sustentabilidad.

Se pretende que el alumno:

- Relacione las últimas actividades con las anteriores.
- Construya o reconstruya su definición de sustentabilidad.

Descripción e implementación:

Esta última actividad sirvió como sesión de cierre para los estudiantes, en la que se retomaron las ideas principales de la secuencia, que se corresponden con sus objetivos particulares. La discusión fue grupal, pero al final se les pidió que escribieran su propia definición de sustentabilidad de manera individual. Se planeaba llegar a un consenso primero entre equipos y luego grupal, sin embargo, por cuestiones ajenas (se pidió tiempo de clase para que los estudiantes evaluaran a sus profesores), no fue posible concluir de este modo, así que las definiciones sólo fueron revisadas individualmente.

II.5.5. Estrategias de evaluación.

Para evaluar el desarrollo y los resultados de la secuencia aplicada, en este trabajo se tomaron en cuenta las dos formas más comunes de evaluar una secuencia de enseñanza aprendizaje que proponen Meheut y Psillos (2004). Una forma es a través del estudio de las vías de aprendizaje, para lo cual se examinaron los diversos productos de las actividades obtenidos durante la aplicación de la secuencia didáctica, con el propósito de monitorear su desarrollo. Los productos para la evaluación obtenidos durante cada sesión pueden consultarse en el cuadro 2.3 que se presenta al finalizar este capítulo.

La segunda forma de evaluar es el procedimiento pre-test y post-test. Para llevar a cabo este procedimiento, se elaboró un cuestionario final (post-test) con el propósito de probar la efectividad de la secuencia de acuerdo con el objetivo principal. En el cuadro 2.2 se presentan las preguntas con sus objetivos que conforman al cuestionario.

Cuadro 2.2. Preguntas y objetivos del cuestionario final.

No.	PREGUNTA	OBJETIVO
1	Elabora un dibujo en el que representes cómo obtienen sus nutrientes las plantas. No olvides mencionar o representar todos los factores necesarios para que lo logren.	Evaluar si los estudiantes adoptaron un enfoque más químico en cuanto al suelo y la nutrición de las plantas, comparando el dibujo 1 (A.1 D1) y el dibujo 2 (cuestionario final).
2	Escribe tu propia definición de SUSTENTABILIDAD.	Conocer la forma en que construyeron, complementaron o modificaron su concepto de Sustentabilidad después de aplicar la secuencia.
3	¿De qué manera, la Química, puede aportar a la Sustentabilidad, a través de la producción de alimentos?	Evaluar si consideran que la Química realmente tiene un impacto sobre la sustentabilidad y cómo.
4	¿Qué tan necesario crees que sea adoptar medidas sustentables en la actualidad? ¿Por qué?	Evaluar si valoran la importancia de la sustentabilidad.

Este cuestionario se aplicó una sesión después del término de la aplicación de la secuencia. Sus resultados se compararon con los del cuestionario diagnóstico y con algunas actividades de la secuencia (pre-test).

Los resultados obtenidos se categorizaron de acuerdo con las respuestas dadas por los alumnos y, en algunos casos, se presentaron en forma de gráficos.

Cuadro 2.3. Resumen de actividades de la secuencia didáctica.

SESIÓN	ACTIVIDADES	PRODUCTOS PARA LA EVALUACIÓN	RECURSOS
1. La agricultura y las primeras culturas del valle de México. (100 min)	A.1.1 Lectura 1. A.1.2 Dibujo-modelo A.1.3 Diseño de actividad experimental	A.1.2 D1 Dibujo sobre lo que hay en el suelo que afecta el crecimiento de las plantas.	Copias de la actividad A.1 Lectura 1, lápiz, colores. Pintarrón/pizarrón, plumones/gises. Plantas de la misma especie, macetas de aprox. 10 cm de diámetro, 1 pala o cuchara grande, tierra, agua destilada.
2. ¿Qué hay en el suelo que afecta el crecimiento de las plantas? (50 min)	A.2.1 Comparación de las diferencias a nivel macroscópico. A.2.2 Lectura 2. Aumento poblacional y producción de alimentos. A.2.3 Cuestionario sobre el papel de la química en la producción agrícola.	A.2.3 C1 Cuestionario sobre el papel de la Química en la producción agrícola.	Copias de las actividades A.2.1 Cuadro comparativo, A.2.2 Lectura 2 y A.2.3 Cuestionario 1. Plantas sembradas, reglas o verniers, lápiz/pluma. Internet, libros, cuaderno.
3. ¿Cómo se relaciona la química con la fertilidad del suelo? (100 min)	A.3.1 Identificación de iones y determinación de pH en el laboratorio. A.3.2 Resultados y cuestionario 2 de la actividad práctica.	A.3.2 C2 Cuestionario sobre la determinación de pH e identificación de iones en suelo.	Copias de las actividades A.3.1 Actividad práctica y A.3.2 Resultados y cuestionario 2, lápiz. Sustancias, material y equipo (ver anexo B).
4. ¿Cómo contribuye la química en la alimentación mundial? (100 min)	A.4.1 Video y Cuestionario 3. Fertilizantes. A.4.2 Clase plenaria. A.4.3 Diversos métodos y técnicas de cultivo.	A.4.1 C3 Cuestionario sobre la diversidad de los fertilizantes.	Copias de las actividades 4.1 Cuestionario 3 y 4.3 Diversos métodos y técnicas de cultivo. Proyector, computadora, internet, cuaderno, lápiz/pluma, pintarrón/pizarrón, plumones/gises.
5. Soluciones sustentables para problemas reales. (50 min)	A.5 Problema 1. El deterioro de la Isla de Pascua.	A.5 P1 Propuesta de solución a un problema sobre una civilización extinta.	Copias de la actividad A.5.1 Problema 1, lápiz/pluma, pintarrón/pizarrón, plumones/gises.
6. La sustentabilidad también nos incluye. (50 min)	A.6.1 Problema 2. México y su situación actual. A.6.2 Reconstrucción del concepto de Sustentabilidad.	A.6 P2 Propuesta de solución al problema de la disminución en la producción y el aumento en la importación de alimentos en México.	Copias de la actividad A.6.1 Problema 2, lápiz/pluma, pintarrón/pizarrón, plumones/gises.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se mencionó anteriormente, los resultados que se presentan en este capítulo se organizaron en tres bloques, de acuerdo con el momento en el que se recopiló la información, y el objetivo de la misma. En el cuadro 3.1 se presenta el resumen de esta organización.

Cuadro 3.1. Organización de los resultados en bloques.

BLOQUE	DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO	MOMENTO DE RECOPIACIÓN
1. Cuestionario diagnóstico y concepciones alternativas	Se analizan las respuestas del cuestionario diagnóstico para conocer las principales concepciones alternativas específicas del grupo estudiado.	Previo a la aplicación de la secuencia didáctica.
2. Actividades de la secuencia didáctica y monitoreo	Se examinan diversos productos obtenidos durante las actividades, con la intención de monitorear el desarrollo de la secuencia.	Durante la aplicación de la secuencia didáctica.
3. Cuestionario final y comparación de resultados	Se comparan los resultados del cuestionario final con los del cuestionario diagnóstico y con algunos de las actividades de la secuencia, para analizar si se lograron los objetivos propuestos.	Al finalizar la aplicación de la secuencia didáctica

III.1. CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO Y CONCEPCIONES ALTERNATIVAS.

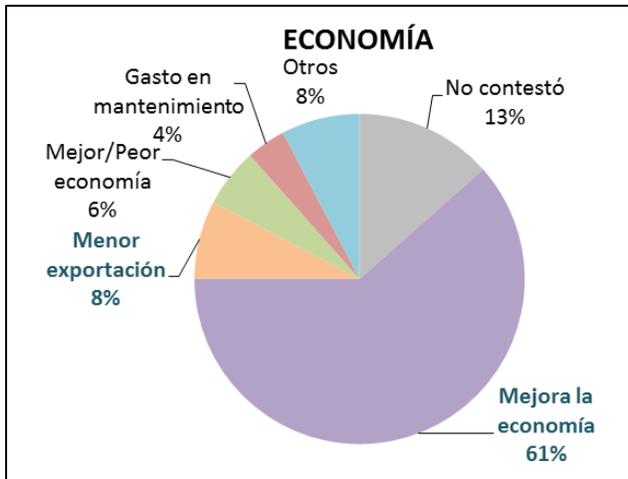
Como ya se mencionó en el capítulo anterior, previo a la aplicación de la secuencia didáctica, y con la finalidad de conocer las concepciones sobre la sustentabilidad de los 52 estudiantes que conforman el grupo, se les aplicó el cuestionario diagnóstico de ocho preguntas diseñado para tal propósito. Las primeras cinco están contextualizadas dentro de una problemática actual, relacionada con los huertos urbanos, para indagar las ideas implícitas que tienen los estudiantes sobre el concepto de sustentabilidad. Las tres preguntas restantes se relacionan directamente con la definición de sustentabilidad y las áreas que comprende. Las preguntas del cuestionario y el objetivo de cada una, pueden consultarse en el cuadro 2.1 de la sección 5.2 del capítulo 2.

PREGUNTA 1. ¿Qué efectos crees que tengan los huertos urbanos desarrollados en otros países sobre nuestro país y sus habitantes?

Al analizar las respuestas de la primera pregunta, puede observarse que muy pocos estudiantes toman en consideración que los sucesos de una parte del mundo tienen efectos sobre otra parte del planeta. En general hablan de los efectos a nivel local o nacional, más que internacional o global. Para ellos los que más perciben los efectos de los huertos urbanos son sus propios dueños y sus vecinos. Sólo un 15% de los estudiantes expresó efectos a nivel internacional, y un 7.7% de ellos hace alusión a la disminución de las exportaciones, por ejemplo: “No habría exportación”, o “va a disminuir un poco el comercio con nuestro país”; otro 7.7% mencionó efectos más diversos: “dejarían de pelearse por los recursos los países”, “México ya no tendría negocios con E.U.”, “si se comercializan dichos productos aquí, serían de mejor calidad que los que se venden ahora”, y “podría implementarse como una iniciativa para mejorar los productos alimenticios en el país”.

Por otra parte, esta primera pregunta les pide a los estudiantes que clasifiquen sus respuestas en siete ámbitos o áreas distintas de su vida cotidiana lo que nos permite también analizar cómo relacionan los huertos urbanos, como medida sustentable, con las cinco áreas que para este proyecto se han determinado como las principales áreas relacionadas con la sustentabilidad. A continuación, se hace una descripción y análisis de los resultados por área.

Económico:



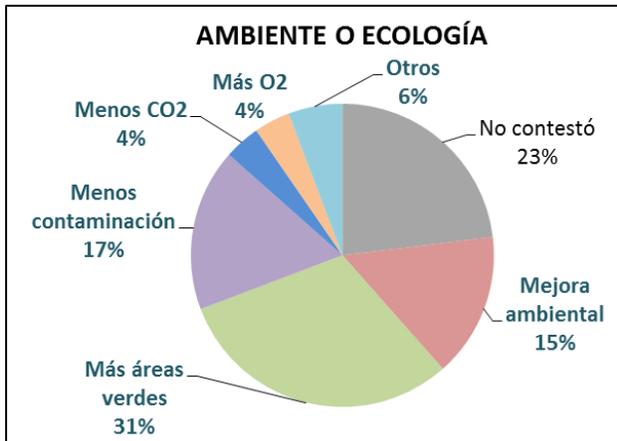
El 87% de los estudiantes hallaron una relación entre el factor económico y los huertos urbanos. Dentro de éstos, la gran mayoría mencionó una relación acorde con los objetivos de la sustentabilidad. El 61% dijeron que la economía mejora, pero la mitad de ellos fue poco precisa, y de la otra mitad casi todos indicaron un beneficio sólo para los dueños de los huertos y sus familias o vecinos. La otra relación sustentable es la disminución en la exportación que un 8%

mencionó. Sería interesante indagar si para ellos esta disminución es ventajosa o no y para quiénes; de cualquier forma, esta relación denota una visión más internacional.

Algunos estudiantes expresaron una opinión más negativa de los huertos urbanos, ya que, aunque aceptan que mejora la economía de algunos, también consideran que la de los comerciantes, agricultores o la del país empeora. Es importante considerar esto pues nos está indicando que los estudiantes piensan que una debe sustituir a la otra, pero desde la perspectiva de la sustentabilidad, los huertos urbanos funcionan como una alternativa extra, y no para sustituir totalmente al cultivo tradicional. Por lo tanto, es necesario mostrarles lo importante que es diversificar los métodos, para cubrir mejor las necesidades de todos. Otra opinión negativa se relacionó con el gasto que implica mantener los huertos urbanos, que un 4% de alumnos mencionó; habría que investigar si consideran que a la larga este gasto es mucho menor que los beneficios que no solo serían económicos.

Además de las opiniones positivas y negativas sobre los huertos urbanos desde la perspectiva económica, también hubo respuestas ambiguas y difíciles de clasificar que se incluyeron en la categoría de otros. Aun así, ésta es el área que tuvo mayor número de respuestas por parte de los alumnos, es decir, la gran mayoría está consciente de que los huertos urbanos tienen efectos económicos de manera directa sobre las personas principalmente.

Ambiental o ecológico:

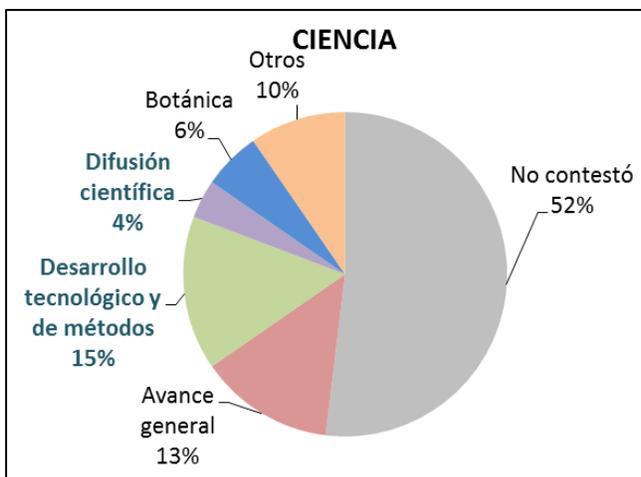


En cuanto al ámbito ambiental, el 77% de los alumnos encontró alguna relación con los huertos urbanos, en este caso, todas sus observaciones son compatibles con la sustentabilidad, aunque la respuesta del 15% solo alude a una mejora ambiental muy general. Una ventaja de los huertos urbanos para el ambiente que también se mencionó, es el aumento de áreas verdes dentro de las ciudades, sin embargo, aquí los estudiantes

consideran que el beneficio es únicamente a nivel local. Otras ventajas nombradas son la disminución en la contaminación, la disminución de CO₂ y el aumento de O₂, pero en este caso, solo dos estudiantes, fueron específicos en la magnitud de los efectos, aunque se refieren a niveles distintos, pues mientras uno menciona al país (nivel local), el otro alude al planeta (nivel global).

Algunas respuestas no pudieron clasificarse dentro de las categorías anteriores, pero sí se relacionan con el ambiente e incluso con la sustentabilidad ya que mencionan al suelo: "evitar la sobreexplotación del suelo", "si se utilizan los desechos adecuadamente, podría haber más fertilidad"; o a la conservación de la biodiversidad: "ayuda a no invertir o extinguir nuevas especies". Estas respuestas fueron agrupadas en la categoría de otros.

Científico:



Poco más de la mitad de los encuestados no encontraron relación entre la ciencia y los huertos urbanos. Las respuestas del otro 48% pueden distribuirse en cinco categorías diferentes, dos de las cuales son compatibles con la sustentabilidad. Una es el desarrollo tecnológico y de métodos de cultivo en la que se incluyen respuestas como: "Nuevas alternativas de técnicas y aplicación y descubrimiento de conocimientos" y la otra engloba respuestas

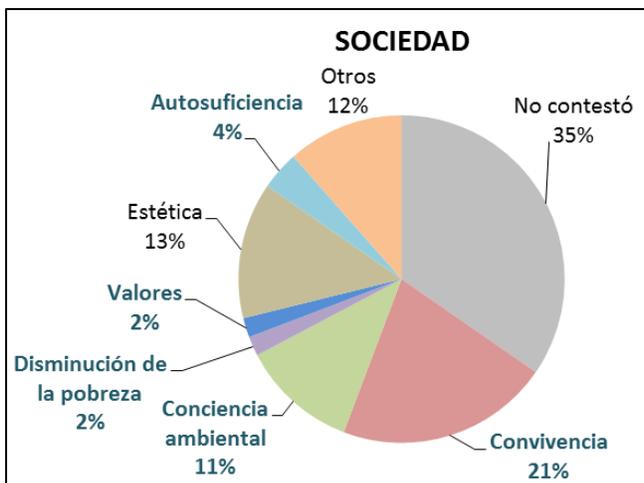
relacionadas con la difusión científica "tendría un efecto positivo, la gente podría acercarse más al conocimiento de la flora" y "difundir el conocimiento". El 13% de alumnos señalaron un avance muy generalizado de la ciencia ("Ayuda a tener avances" o "Avances científicos para desarrollar una mejor calidad de vida") pero la ambigüedad de sus respuestas, no nos permite

saber que tan positivo o negativo consideran que puede ser este avance. El 6% de las respuestas se relacionaron directamente con la botánica, por ejemplo “saber más sobre botánica”. Y en el último 10% se incluyeron respuestas demasiado diversas de las cuales sólo una podría relacionarse con la sustentabilidad: “desarrollo y experimentación de nutrientes naturales”.

Queda claro que para los estudiantes es difícil encontrar la relación de la ciencia con muchos aspectos de la vida cotidiana como son los huertos urbanos, esto derivado de la manera en que se enseña la ciencia en las escuelas que favorece una visión de ésta descontextualizada y muy apartada de la cotidianidad (Quílez Pardo, 2005; Vilches y Furió, 1999). Por tanto necesitamos mostrar a los estudiantes que la ciencia es un gran apoyo para la sustentabilidad; además es muy importante que el público general esté bien informado sobre el papel de la ciencia y sus efectos sobre el entorno natural, económico, político y social. Mientras más conocimientos posean, serán más críticos y tendrán mayor capacidad de vigilar que el desarrollo científico siga un camino verdaderamente sustentable (Sipos *et al.*, 2008; Gadotti, 2000).

Social:

El ámbito social se dividió en tres partes, la primera es la sociedad en general, pero como es posible que los encuestados no tengan muy claro qué comprende este ámbito, se separaron la educación y la salud. La educación nos permite indagar de manera más específica cómo relacionan una medida sustentable con su propia educación, y así conocer la disposición que tienen para aprender al respecto. La salud es un rubro muy importante para ellos, pero que no siempre relacionan con el concepto de sociedad, por tanto, separarla, ayudará a que plasmen mejor sus ideas al respecto.

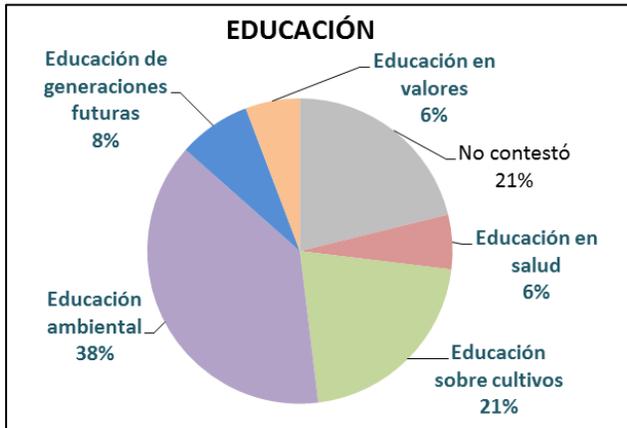


Una buena parte de los estudiantes (35%) no encontró una relación de lo social en general con los huertos urbanos. En cuanto a los que sí respondieron, sus respuestas se organizaron en siete categorías, cinco de las cuales guardan relación con la sustentabilidad. Estas son la convivencia, la conciencia ambiental, la disminución de la pobreza, la práctica de valores comunitarios y la autosuficiencia. Un 13% relacionó los huertos urbanos con una mejora de la

estética de la ciudad, que aunque puede ser parte de una mejor calidad de vida, no es una prioridad para la sustentabilidad.

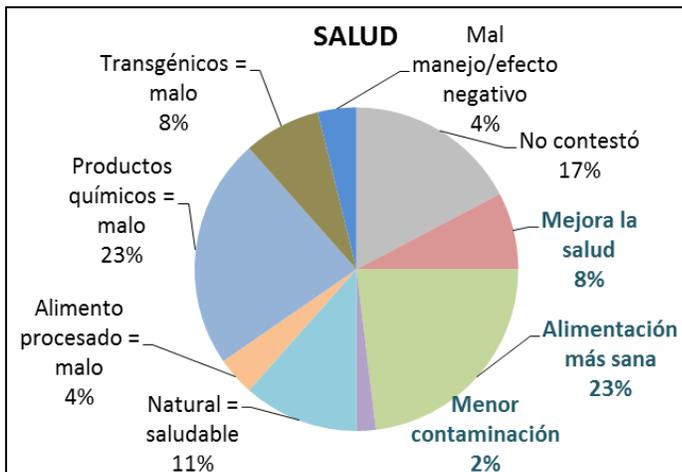
La categoría de otros abarca respuestas que no fue posible incluir en las categorías anteriores, ni pueden considerarse como relaciones de carácter sustentable por ejemplo: “contribución

educativa en cuanto a la agricultura”, “tendrían un efecto positivo, creo que serían una motivación de creatividad”, “mejor desarrollo”, “produce alimento saludable”.



Las respuestas que dieron en este rubro fueron mucho más generalizadas de lo esperado, ya que ninguno se mencionó como protagonista de este tipo de actividades educativas. Es curioso ver que la gran mayoría han escuchado sobre la sustentabilidad, y tienen alguna idea vaga de lo que significa, pero no suelen considerarse a sí mismos como participantes activos, lo que muy probablemente se debe a que desconocen el verdadero significado de la sustentabilidad y todo lo que conlleva.

El 79% ligó los huertos urbanos con algún tipo de educación. Algunos hablan de una educación relacionada directamente con la agricultura y con el desarrollo y cuidado de los cultivos urbanos. Otros mencionaron la educación en salud, aunque de forma muy abierta y general (“tener acceso a una cultura social sobre la salud”). También se incluyeron la educación ambiental, la de educación en valores y, una que llama la atención, la de educación de generaciones futuras, ya que están tomando en cuenta el futuro, aunque no podemos especificar si se trata de un mañana cercano o lejano.

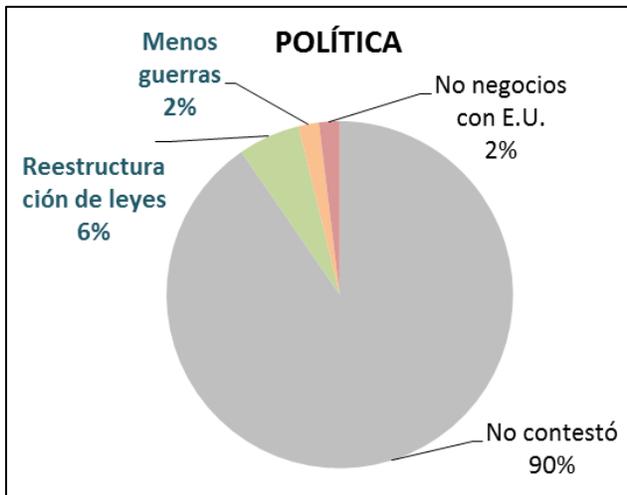


Este rubro aportó muy buena información sobre las ideas que los estudiantes tienen acerca de lo natural y lo procesado industrialmente. Fueron pocos los que no contestaron esta pregunta. Las respuestas se dividieron en ocho categorías de las que sólo tres van acordes con la propuesta de la sustentabilidad como una mejora en la salud (“Mejoraría la salud de las personas”), una alimentación más sana (“Más gente alimentándose sanamente”) y una disminución de la contaminación (“De alguna manera, la salud mejora, porque la contaminación disminuye”).

En la categoría de mal manejo/efecto negativo se incluyeron respuestas como las de dos estudiantes que indicaron que el mal manejo de los huertos urbanos puede tener efectos negativos como enfermedades o plagas.

Pero lo más destacable aquí es que más de la mitad de los que dieron respuesta al ámbito de la salud, hicieron alguna relación entre lo natural y aquello que tiene algún tipo de proceso. El 11% de los estudiantes opinó de forma general que lo natural es más saludable (“Mejor y mayor salud pues es algo natural”). Algunos otros opinaron lo mismo, pero hicieron hincapié en otros aspectos: los alimentos procesados son malos (“La comida ya no será procesada y no afectará nuestra salud”), los alimentos transgénicos dañan la salud (“Es más saludable, pues nos hacen daño los alimentos transgénicos”), o los productos químicos adicionados también son malos (“Beneficia, ya que no habría productos químicos en los alimentos”). Dentro de los productos químicos adicionados mencionaron los conservadores, fertilizantes, pesticidas, insecticidas, hormonas y mutágenos. También varios estudiantes se refirieron a los productos químicos adicionados sólo como “químicos” evidenciando que tienen la idea de que los productos naturales no contienen químicos, o sea, que hablar de químicos para ellos equivale a hablar de “artificial” (“Las frutas y verduras cosechadas son más sanas, no contienen químicos”). Estas respuestas son interesantes gracias a que exhiben concepciones alternativas que tienen los estudiantes acerca de la ciencia y la tecnología, ideas que, como ya se mencionó antes, debemos cambiar en la escuela. Al mismo tiempo nos indica lo necesario que es fomentar valores éticos dentro de aquellos estudiantes que se dedicarán en un futuro a la ciencia, valores que también busca fomentarse con la sustentabilidad.

Político:



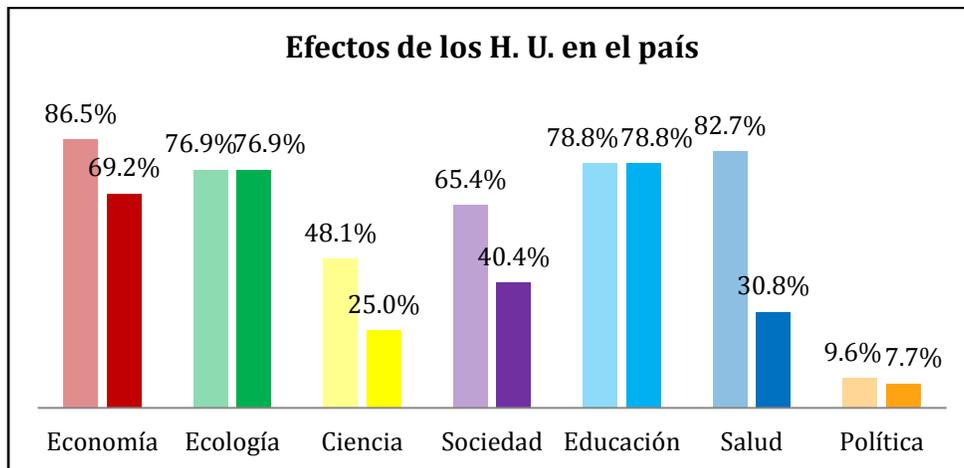
En este ámbito de la vida cotidiana, apenas un 10% mencionó alguna relación política. Sus respuestas se dividieron en tres categorías distintas. Hay una que menciona la reestructuración de las leyes (“con creación de políticas de desarrollo sustentable”), y otra que señala la relación con la disminución de guerras (“dejarían de pelearse por los recursos los países”); ambas categorías van de acuerdo con los objetivos de la sustentabilidad. La tercera categoría comprende la respuesta de un estudiante

que dijo que “México ya no tendría negocios con E.U.” lo que en realidad no concuerda con el desarrollo sustentable, pues es necesario que los países aprendan a negociar mejor sus recursos para evitar ser explotados injustamente por países más desarrollados.

Ésta fue el área con la que menos lograron relacionar los huertos urbanos. Es innegable que para los estudiantes no es tan evidente que la política también juega un papel importante para

lograr un estilo de vida sustentable, por lo tanto es necesario que se evidencie profundamente la relación entre la sustentabilidad y la política.

Por último, para cerrar esta pregunta, se presenta la gráfica 3.1 en la que se observan las áreas en que se dividieron las respuestas de los estudiantes. Cada ámbito tiene dos columnas, las de la izquierda, de color más claro, indican el porcentaje de respuestas que los alumnos dieron a esa categoría en total, y las columnas de la derecha, de color más fuerte, indican el porcentaje de respuestas que realmente se consideraron relacionadas con la sustentabilidad.



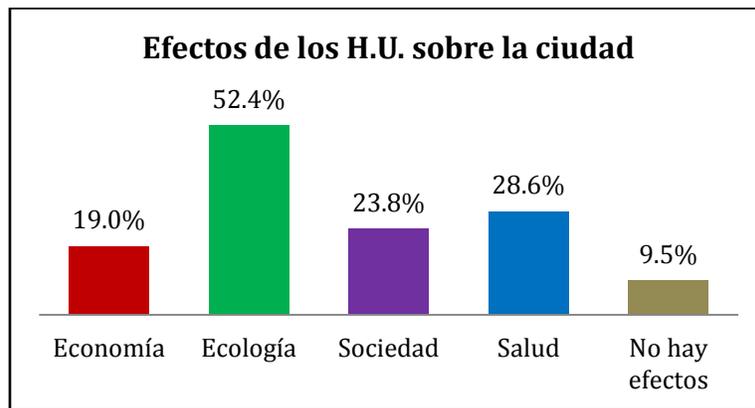
Gráfica 3.1. Se muestran las respuestas de los estudiantes por categoría y se distinguen las preguntas que sí tienen relación con la sustentabilidad en las columnas derechas.

De este modo nos es posible observar mejor que, en cinco de las siete áreas que se analizaron, los alumnos aportaron más ideas de las que, de acuerdo con la definición determinada en este proyecto, pueden considerarse acordes con la sustentabilidad, esto generalmente debido a la ambigüedad de sus respuestas, tal vez es necesario hacer un poco más específica la pregunta, pero se correría el riesgo de sesgar o condicionar sus respuestas.

Más del 50% de los estudiantes pudo encontrar una relación, acorde con la sustentabilidad, entre los huertos urbanos y el ámbito económico, el ecológico o ambiental y el educativo; pero el área con la que menos relacionan los huertos urbanos (menos de un 10%) es con la política. En el análisis de preguntas posteriores se retomará esta gráfica para comparar estas proporciones y comprobar si se mantienen o no.

PREGUNTA 2. ¿Hay huertos urbanos en la ciudad de México?

Las respuestas de la segunda pregunta nos indican que el 60% de los estudiantes desconoce si en la ciudad de México hay huertos urbanos, el otro 40% sabe que los hay. A estos últimos se les preguntó cuáles son sus efectos sobre la ciudad. Pero en esta ocasión, no se les pidió que contestaran de acuerdo con categorías establecidas, la respuesta es abierta; aun así, es posible clasificar la mayoría de sus respuestas dentro de las categorías anteriores, ya que casi todas son parecidas a las de las sub-categorías de la primera pregunta, por lo tanto, se clasificaron del mismo modo, y en la gráfica 3.2 sólo se mencionan las áreas a las que pertenecen.



Gráfica 3.2. Se presentan las categorías identificadas en las respuestas de los estudiantes y los porcentajes para cada una.

En cada columna se indica el porcentaje de estudiantes que mencionó algún efecto relacionado con esa área, aunque los porcentajes entre las barras no suman 100% ya que varios alumnos incluyeron en sus respuestas dos o más áreas.

Los efectos ecológicos son los más populares entre los alumnos, puesto que poco más de la mitad incluyó alguno en su respuesta (“Ayuda a aumentar la calidad del aire”). Los siguientes más mencionados son los relacionados con la salud y con la sociedad, los menos comunes son los económicos (“Pues ayudan con la economía de los participantes, además mejoran las condiciones del aire y ocupan un espacio el cual no tienen ningún uso”). En el ámbito social, tres alumnos indicaron que los huertos urbanos pueden ser un ejemplo a seguir por otros habitantes de la misma ciudad, un tipo de respuesta que no se había presentado con anterioridad (“La respuesta es buena, ayudan a la ecología y crean un nuevo método de alimentación, aparte de reducir sus gastos y crean un efecto en las personas para que ellos también lo hagan”). También es notable que en estas respuestas no aparecen efectos científicos, educativos, ni políticos. Al parecer, sin la influencia de la categorización, los estudiantes no toman en cuenta estos tipos de efectos.

Un par de estudiantes aseguró que estos huertos urbanos no tienen efecto alguno sobre su ciudad, uno explicó que esto se debe a que son muy pocos y el otro a que los efectos sólo son

para los propietarios de estos huertos. También un estudiante mencionó un efecto negativo, el de la proliferación de plagas. Por lo tanto, la mayor parte de los alumnos que conocen la existencia de los huertos urbanos en la ciudad de México, están conscientes de que éstos tienen efectos positivos sobre su ciudad.

Por otro lado, a aquellos que contestaron negativamente la segunda pregunta del cuestionario, se les pidió que dieran alguna razón por la que creen que no los hay. Varios alegaron no saber si los hay o no, pero complementaron con algunas razones. La más común fue la desinformación, seguida del desinterés por parte de las personas y que en este país no hay una cultura de los huertos urbanos. Algunos mencionaron que no se han implementado en el país dado que es una desventaja para los grandes comercios e incluso, para el gobierno. Unos cuantos mencionaron que a los habitantes de esta ciudad les hace falta dinero, educación, tiempo y recursos, y un estudiante mencionó que los ciudadanos, por comodidad, prefieren comprar sus alimentos, antes que cultivarlos ellos mismos (“Ya sea por falta de espacio, falta de educación e interés por parte de las personas”). Todas las razones que dieron los estudiantes en este punto, efectivamente, son obstáculos que la sustentabilidad tiene que sortear para formar parte de nuestro estilo de vida, lo que nos indica que ya tienen una cierta conciencia sobre ellos. Pero aún queda mucho trabajo por hacer en cuanto a la motivación, el cambio de actitud, la educación y sobre todo la conciencia de que es necesario comenzar a actuar ya mismo para lograr disminuir los nocivos efectos de la actividad humana, y darle oportunidad a generaciones futuras de tener un estilo de vida saludable y de buena calidad.

Entonces, esta pregunta nos ha permitido saber que menos de la mitad (40%) de los estudiantes están informados sobre la existencia de los huertos urbanos en su propia ciudad. La mayoría desconoce su existencia, ya sea porque no son partícipes de dicha medida sustentable o porque tienen la idea equivocada de que todos los huertos urbanos están a la vista y no consideran o no saben que pueden cultivarse también dentro de las casas o los departamentos, lo que nos habla de la desinformación que hay, además del poco interés por parte de los mismos estudiantes.

PREGUNTA 3. ¿Qué ventajas y desventajas podrían tener los huertos urbanos para las generaciones del futuro?

Así como la intención de la primera pregunta era observar las proyecciones de los estudiantes hacia lugares lejanos, o al menos fuera de su propio país; la intención de esta tercera pregunta, es indagar estas mismas proyecciones pero, hacia el futuro. Es una pregunta muy directa pues les interroga explícitamente sobre las generaciones futuras, sin embargo, no todos fueron tan explícitos en sus respuestas. Menos de la mitad de los estudiantes, aproximadamente el 45%, se refirió claramente al futuro, la mayoría de ellos lo hacen conjugando los verbos en tiempo

indicativo condicional, que es una forma muy usada en México para referirnos a las probabilidades del futuro (“Las ventajas son, que no se **quedarían** sin recursos y **tendrían** una alimentación más sana y vasta”), aunque algunos lo hacen evidente utilizando sustantivos o adjetivos que dan cuenta del tiempo futuro, por ejemplo: “Los huertos urbanos pueden ayudar a disminuir problemas **futuros** de la contaminación”.

Alrededor del 35% de los encuestados redactó su respuesta de modo que no es tan claro si están pensando en tiempo presente o futuro, ya que muchos escribieron los verbos en infinitivo (“Ventajas en **tener** comida natural y saludable y no **gastar** dinero y **crear** un jardín para jugar”) y algunos dieron razones demasiado generalizadas (“Mejor ambiente, mejor alimentación hasta cierto punto, mejor economía, educación en el ámbito”). Finalmente un 20% de los alumnos contestó conjugando los verbos en tiempo presente (“**Ayudan** a la economía, además **consumes** tus propias verduras”), lo que nos sugiere que estos alumnos no están proyectando los efectos de los huertos urbanos hacia las generaciones del futuro.

En cuanto al tipo de respuestas, que se dividen en ventajas y desventajas, el 96% de los encuestados describen algún beneficio, en cambio sólo el 52% mencionaron algún perjuicio. Dentro de las ventajas que proporcionaron los estudiantes, la mayoría de sus respuestas se relaciona con la salud, la economía y la ecología, pero en general son muy parecidas a las de las preguntas anteriores, es decir, no hacen una verdadera distinción entre los efectos que los huertos urbanos pueden tener en el presente y los que pueden tener en el futuro, por lo tanto, no es posible asegurar que realmente están pensando en generaciones futuras, o al menos no en las lejanas; o pareciera que tienen la idea de que el futuro no será muy distinto del presente, y que los humanos del futuro, se enfrentarán a problemas muy similares a los de los humanos actuales, independientemente de su estilo de vida.

La mayoría de las desventajas que se presentaron se relacionan con la disminución, e incluso, desaparición de la agricultura tradicional y sus implicaciones económicas sobre los agricultores, comerciantes, y el país en general. Pero de nuevo se nota que su pensamiento no va más allá de las generaciones actuales, o de las muy próximas. Por esta razón, la secuencia didáctica toma en cuenta la parte histórica de su propia comunidad; al hablarles sobre las culturas prehispánicas, ellos pueden comparar las condiciones en ese entonces con las de hoy en día, y comprender que las generaciones humanas no siempre se enfrentan a los mismos problemas. También se les plantea la problemática sobre una civilización que se auto-extermió, para que sepan que ése es un escenario posible para la humanidad, si no hay un cambio inmediato en el estilo de vida actual. Esto les ayudará a ampliar su perspectiva a través del tiempo, ya que de acuerdo con Hicks (citado en Walshe, 2008) es necesario desarrollar en los estudiantes perspectivas futuras para que sean capaces de identificar y visualizar futuros alternativos más justos y sustentables.

PREGUNTA 4. Piensa en algunas ventajas y desventajas tanto de los huertos urbanos como de la agricultura tradicional y anótalos.

Las primeras dos preguntas pedían a los estudiantes mencionar efectos de los huertos urbanos, independientemente de ser benéficos o perjudiciales. Como ya vimos, en estas dos preguntas, la gran mayoría sólo encontró efectos benéficos. En las preguntas 3 y 4, sí se les pidió que hicieran una distinción entre las ventajas y las desventajas, esto los obligó a pensar en algún efecto perjudicial. En la pregunta anterior, sólo el 52% les encontró alguna desventaja; y en esta pregunta, la número 4, fueron más cooperativos, tal vez porque se les facilitó más hallar desventajas al comparar con otro tipo de método de cultivo, que en este caso fue la agricultura tradicional. Prácticamente el 100% mencionó ventajas tanto para los huertos urbanos como para la agricultura tradicional, en cambio, los que señalaron desventajas fueron un 88% para los huertos urbanos y un 90% para la agricultura tradicional. Dado que las ventajas de los huertos urbanos son las mismas que se han mencionado desde la primera pregunta, en esta ocasión me enfocaré en las ventajas de la agricultura tradicional y las desventajas en ambos casos. Cerca de un tercio de los estudiantes opina que una ventaja es la producción en grandes cantidades; varios señalaron que los campesinos saben manejar de forma adecuada y cuidar bien de los cultivos gracias a su tradición, y por esta razón, otros estudiantes afirmaron que los productos del campo tienen mejor calidad. Unos cuantos tomaron en cuenta que este tipo de agricultura provee más empleos y beneficia la economía de los campesinos, incluso, algunos también mencionaron un beneficio para la economía del país.

Con respecto a las desventajas de los huertos urbanos, las más populares son: la economía de campesinos y comerciantes se vería perjudicada, así como la del país; la producción es muy baja; y se requiere una alta inversión de tiempo por parte de los dueños de los huertos, y en algunos casos, también de dinero. En cuanto a las desventajas de la agricultura tradicional, lo más mencionado fue: la ignorancia que los consumidores tienen sobre la higiene y el cuidado con que se cultiva, el uso de productos químicos para aumentar las cosechas, la tala de bosques enteros, e incluso hubo quienes mencionaron la sobreexplotación del suelo, la lejanía y por tanto el largo transporte de los productos del campo a la ciudad y la proliferación de plagas.

Al echar un vistazo general sobre estas respuestas, podemos observar claramente que los estudiantes tienen la idea de que los huertos urbanos desplazarán totalmente a la agricultura tradicional. Que todo lo que se cosecha en el campo también es cosechable en la ciudad, y que sólo toma en cuenta a las personas que viven en las ciudades, pero, no consideran a los que viven en pueblos o rancherías, ni en la enorme cantidad de animales de granja que también consumen alimentos cultivados en el campo. Es necesario, por lo tanto abrirles esta visión, y mostrarles que lo ideal para lograr un estilo de vida sustentable es diversificar los métodos utilizados. Todos los métodos son necesarios, todos tienen ventajas, y utilizados en conjunto pueden disminuir sus desventajas.

PREGUNTA 5. En tu opinión, ¿existe alguna relación entre el desarrollo de huertos urbanos y la sustentabilidad?

Este reactivo, inicialmente pregunta la relación entre los huertos urbanos y la sociedad, el ambiente, la ciencia, la política, la economía y la sustentabilidad. Pero como las respuestas de las cinco primeras son repetitivas, y no nos aportan más información de la que ya analizamos antes, aunque sí la corroboran; sólo se ha tomado en cuenta la sexta opción, la relación de los huertos urbanos con la sustentabilidad, y se ha relacionado con la siguiente pregunta que es sobre la definición de sustentabilidad, para analizarla.

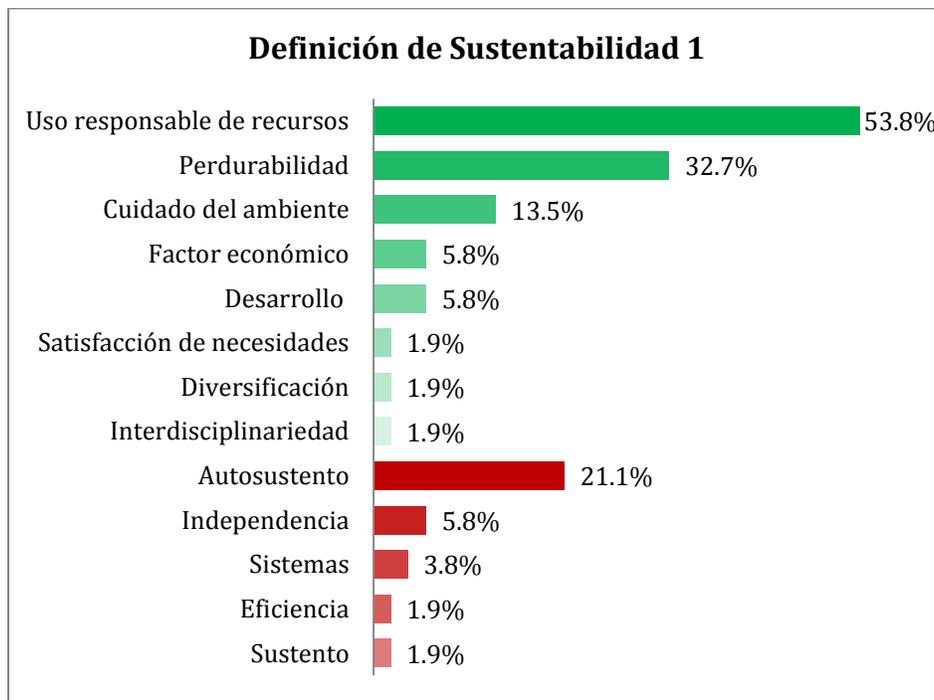
Dos estudiantes no contestaron esta pregunta, uno de ellos tampoco contestó la siguiente y el otro al parecer sólo estaba indeciso pues su definición es: “un balance de los recursos naturales con la economía”. Cuatro respondieron afirmativamente, pero sin dar razón, dos de los cuales definieron la sustentabilidad de forma confusa. Y sólo un estudiante mencionó que no existe relación entre estos huertos y la sustentabilidad; sin embargo, no dio razón alguna. Esto podría deberse a que desconoce lo que es la sustentabilidad, aunque la definición que él mismo proporcionó en la siguiente pregunta: “sacarle provecho a algo sin atender contra la naturaleza”, está escrita con sus propias palabras, por lo que pareciera ser que al menos entiende lo que escribió y no sólo repitió algo que ha escuchado en algún lugar; por lo tanto, la razón más probable de que haya contestado negativamente puede ser que no sabe bien lo que son los huertos urbanos, razón que puede ser apoyada por sus respuestas a las preguntas anteriores que en general son ambiguas.

Por otra parte, del 86.5% de los estudiantes que aseguraron que sí hay relación y explicaron por qué, la mayoría mantienen la coherencia entre esta pregunta y la siguiente, es decir, para ellos los huertos urbanos son una excelente forma de aplicar la sustentabilidad, de acuerdo con sus propias definiciones, que probablemente no sean completas o las más acertadas, pero al menos la idea que tienen, para ellos, es clara. Al parecer, cinco estudiantes sólo repitieron lo que han escuchado pues sus definiciones son muy parecidas a lo que se escucha o lee comúnmente sobre la sustentabilidad, por ejemplo: “el poder aprovechar un recurso para un bien y pensando en las futuras generaciones”, “aprovechamiento de los recursos naturales pero teniendo en cuenta las futuras generaciones”; pero la relación que hacen entre los huertos urbanos y la sustentabilidad es redundante (“mayor sustentabilidad en nuestras vidas”, “mediante la agricultura sustentable”), como si no tuvieran bien claro qué contestar porque no tienen una idea propia, bien definida de sustentabilidad. Además, seis alumnos no mostraron coherencia entre las respuestas de ambas preguntas o son confusas. Por ejemplo: en un caso, la respuesta a la pregunta 5 es: “Porque podrías perderlo todo y aun así podrías comer” y su respuesta a la pregunta 6 es: “Es bueno para el medio ambiente y nos beneficia”. Esta incoherencia o confusión nos sugiere que estos seis alumnos tampoco tienen muy clara la idea de sustentabilidad y que tal vez sólo repiten lo que han escuchado, de este modo podemos saber

que al menos un 21.1% de estudiantes no tienen una idea propia y clara de lo que es la sustentabilidad. Es muy probable que sólo hayan escrito lo que han escuchado sin reflexionarlo y hacerlo propio.

PREGUNTA 6. Escribe brevemente lo que entiendes por sustentabilidad.

La sexta pregunta del cuestionario diagnóstico, pide a los estudiantes que escriban lo que ellos entienden por sustentabilidad. Las respuestas de esta pregunta se dividieron en dos categorías, aquellas que sí son elementos acordes con la definición o los propósitos de la sustentabilidad y las que no, para saber qué tan cercanos o lejanos están de la definición que se maneja en la secuencia didáctica propuesta en este trabajo. Cada categoría, a su vez, se subdividió en otras tantas sub-categorías procurando desmenuzar elemento por elemento, para ver qué tan completas o incompletas están sus definiciones, así como saber si mezclan elementos sustentables con no sustentables. De este modo se obtuvo la gráfica 3.3:



Gráfica 3.3. Las barras en color verde indican aquellos elementos que se consideran congruentes con la definición de sustentabilidad, las de color rojo indican los elementos que no pertenecen a la definición propuesta.

Es importante recalcar que los porcentajes de las barras no suman el 100% pues muchos estudiantes incluyeron dos o más elementos en sus respuestas. Por lo tanto, cada barra indica el porcentaje de estudiantes que mencionó ese elemento independientemente de los demás.

Dentro de los elementos sustentables, más de la mitad de los estudiantes asociaron la sustentabilidad con el uso responsable de los recursos naturales. Casi un tercio de los estudiantes la asocia con la perdurabilidad, es decir, algunos indican que los recursos deben durar para siempre o por un tiempo muy prolongado, y algunos consideran a las generaciones futuras dentro de su definición. También la relacionan con el cuidado del ambiente y algunos incluyeron algún otro factor económico o la palabra desarrollo dentro de sus definiciones, e incluso se mencionó la satisfacción de necesidades, la diversificación y la interdisciplinariedad.

Fueron pocos los estudiantes que incluyeron algún elemento no sustentable dentro de su definición. El autosustento fue el más común, y se tomó como elemento no sustentable ya que en general los alumnos lo definen como mantenerse a sí mismo, pero no indican si toman en cuenta al entorno social y natural, ni a las generaciones futuras (p.e. “que se renueva y es capaz de subsistir”, “cada quién se sostiene o bien se sustenta con lo que tiene”). También la independencia se tomó como elemento no sustentable dado que los alumnos se refieren a una independencia del gobierno o de la industria (p.e. “poder vivir sin la dependencia del gobierno”, “generar nuestros propios recursos para uso personal sin necesidad de dependencia a fábricas de alimentos, etc”). En el caso de sistema, las respuestas proporcionadas no evidencian sustentabilidad: “Hacer eficiente un sistema o mercado usando pocos recursos”, “la capacidad de un sistema para ser usado sin tener efectos negativos en sus materias primas”.

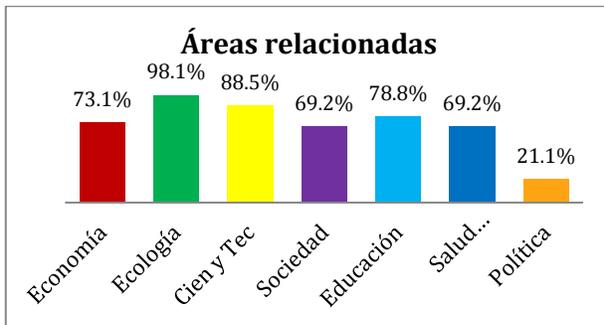
Del total de estudiantes casi la mitad (46.1%) mencionó sólo un elemento, y de estos, la mayoría se refirió a un elemento sustentable. Del total de respuestas, el 44.2% incluyó dos elementos, de estos algunos mezclaron un elemento sustentable con uno no sustentable, pero en la mayoría ambos elementos son sustentables. Sólo un 3.8% de estudiantes incluyó cuatro elementos distintos en sus definiciones, mezclando elementos no sustentables con elementos sustentables. Finalmente, otro 3.8% dio respuestas confusas que no pudieron clasificarse y un 1.9% no contestó la pregunta.

Lo que estos resultados nos indican, es que la mayor concepción alternativa que los estudiantes tienen sobre la sustentabilidad es la de auto-sustento, es decir, mantenerse a sí mismo. Aun así, la mayoría de las definiciones de los estudiantes no son incorrectas, pero sí están muy incompletas. Por esta razón, la secuencia se enfoca en transformar esta concepción alternativa, y complementar sus definiciones.

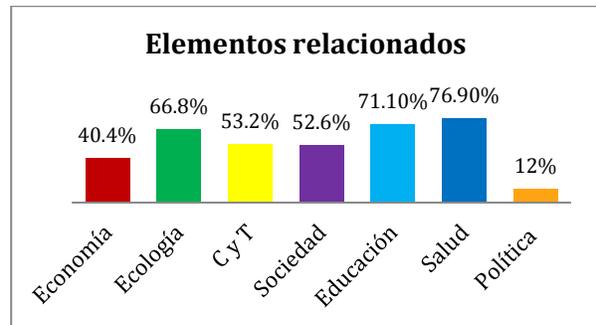
Pregunta 7. ¿Qué áreas o disciplinas crees que podrían relacionarse con la sustentabilidad?, y

Pregunta 8. De la siguiente lista, señala los elementos que piensas que tienen relación con la sustentabilidad.

Las preguntas 7 y 8 del cuestionario complementan la definición anterior. En la séptima pregunta se les indican siete áreas o disciplinas directamente relacionadas con la sustentabilidad, y se les pide que de ellas escojan una o más opciones que ellos creen que se relacionan. En la octava pregunta, se les proporcionó un listado de palabras que también tienen relación con alguna de las disciplinas anteriores, de nuevo tuvieron la oportunidad de elegir una o más opciones. Todos los estudiantes escogieron dos o más opciones en ambas preguntas. De estos resultados derivan las siguientes dos gráficas:

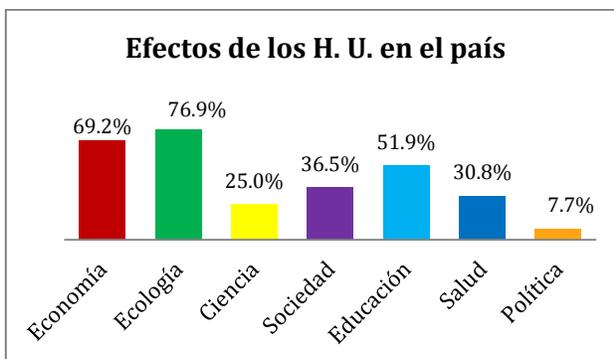


Gráfica 3.4. Resultados correspondientes a la pregunta 7.

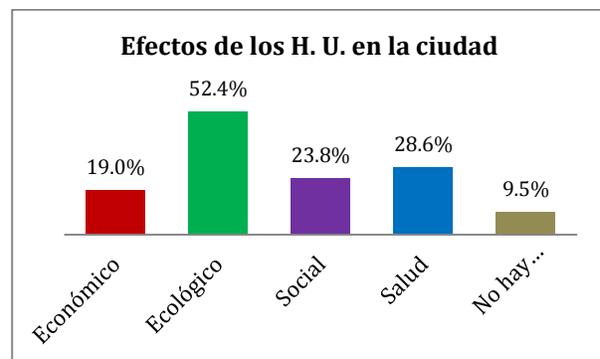


Gráfica 3.5. Resultados de la pregunta 8, categorizados en las mismas áreas que la pregunta anterior.

En la segunda gráfica, los elementos fueron clasificados por área para poder comparar los resultados. Los porcentajes varían bastante entre una gráfica y la otra, pero las proporciones tienden a guardar cierta relación. Y si comparamos estas gráficas con las de las preguntas 1 y 2 podemos hacer un mejor análisis de estos resultados:



Gráfica 3.6. Respuestas de la pregunta 1.



Gráfica 3.7. Respuestas de la pregunta 2.

Observando las cuatro gráficas en conjunto, resalta la ecología como el área que más relacionan los estudiantes con la sustentabilidad, lo cual no es de sorprender dado que el concepto es resultado de la evolución del movimiento del cuidado del ambiente que inició con la preservación de la naturaleza desde los últimos años del siglo XIX (Sandell, *et al.*, 2003). Otras áreas muy relacionadas por los estudiantes con el desarrollo sustentable, son la educación y la salud. En el caso de la educación, la toman en cuenta, cuando se hace evidente, pero cuando tienen mayor libertad de responder, como en la pregunta dos, no la toman en cuenta. En cambio la salud sí les parece un ámbito muy relacionado con la sustentabilidad. El área que menos relacionan con la sustentabilidad es la política y en segundo lugar pareciera estar la ciencia. El aspecto económico, aunque varía dependiendo del tipo de pregunta, se muestra persistente en las respuestas de los alumnos. Estos resultados concuerdan con lo que Walshe (2008), encontró en estudiantes ingleses de 12 a 13 años.

Para cerrar esta sección, a continuación se presenta un resumen de las concepciones alternativas encontradas en esta muestra de estudiantes, en los siguientes cuadros:

Cuadro 3.2. Concepciones alternativas con respecto a los huertos urbanos como medida sustentable

1	En su ciudad no se han implementado huertos urbanos.
2	Sólo los dueños se benefician de sus huertos urbanos.
3	Los huertos urbanos representan una amenaza para el gran comercio o para el gobierno.
4	Los huertos urbanos no tienen ningún efecto.
5	La agricultura tradicional, usada en la actualidad, tendría que ser reemplazada por los huertos urbanos.
6	Los huertos urbanos tienen implicaciones económicas, ecológicas y sociales.
7	No hay relación entre los huertos urbanos y la sustentabilidad.

Cuadro 3.3. Concepciones alternativas con respecto a la Sustentabilidad

1	Los sucesos o acciones en cualquier parte del mundo sólo tienen efectos a nivel local.	
2	Los sucesos o acciones sólo tienen efectos en el presente o en el futuro próximo.	
3	La sustentabilidad se relaciona sólo con la Ecología, la Sociedad y la Economía.	
4	La sustentabilidad significa:	
	Sustento	<p>“Que se puede sostener por sí mismo.”</p> <p>“Se refiere a algo que por sí mismo puede mantenerse ‘a flote’.”</p> <p>“Cada quién se sostiene o bien se sustenta con lo que tiene.”</p>
	Independencia	<p>“Poder vivir sin la dependencia del gobierno.”</p> <p>“Generar nuestros propios recursos para uso personal sin necesidad de dependencia a fábricas de alimentos, etc.”</p>
	Eficiencia	<p>“La capacidad de un sistema para ser usado sin tener efectos negativos en sus materias primas.”</p> <p>“Hacer eficiente un sistema o mercado usando pocos recursos.”</p>

III.2. ACTIVIDADES DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA Y MONITOREO.

Durante la aplicación de la secuencia didáctica se realizaron varias actividades de las que derivaron diversos productos, en los que los estudiantes plasmaron algunas ideas y conocimientos previos, así como conocimientos que adquirieron durante el desarrollo de las actividades. De estos productos, se analizaron aquellos que nos permiten evaluar las vías de aprendizaje de los estudiantes, y hacer los cambios pertinentes durante el proceso. En el cuadro 3.4 se enlistan los productos obtenidos que se analizarán, con sus respectivos objetivos.

Cuadro 3.4. Productos de las actividades de la Secuencia Didáctica y sus objetivos.

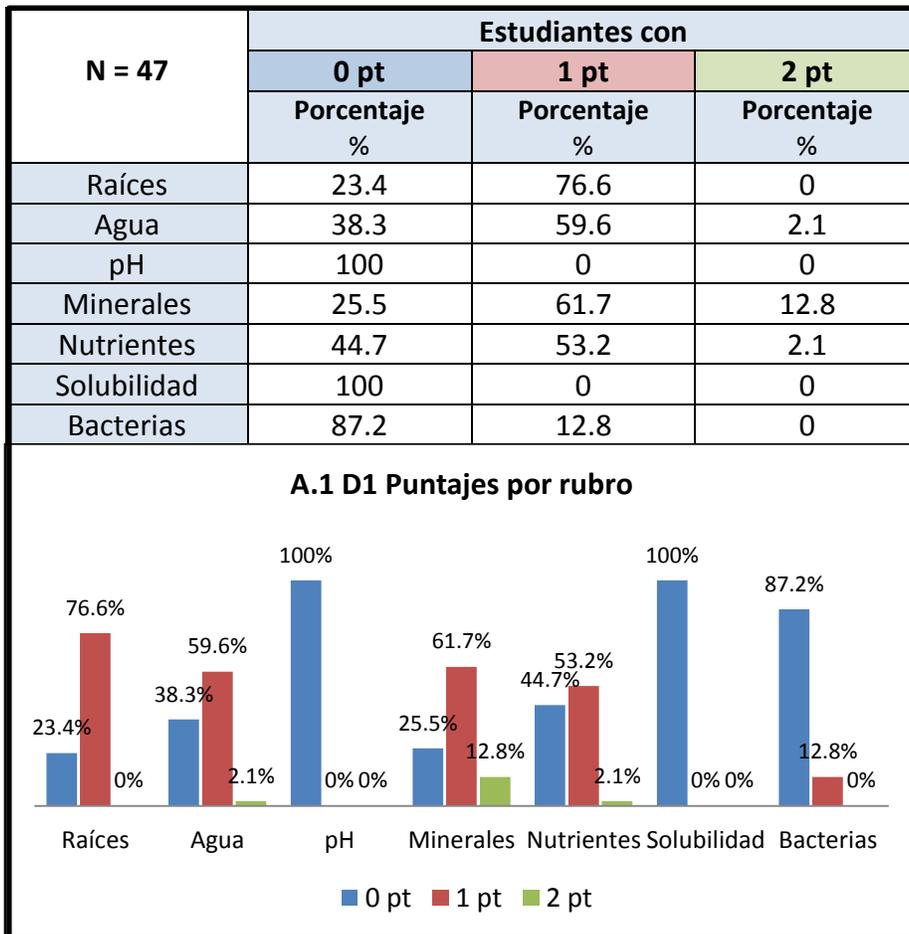
CLAVE*	PRODUCTO	OBJETIVO(S)
A.1.2 D1	Dibujo sobre lo que hay en el suelo que afecta el crecimiento de las plantas.	<ul style="list-style-type: none"> Indagar si los estudiantes observan al suelo desde una perspectiva química, cuando se trata del crecimiento de las plantas.
A.2.3 C1	Cuestionario sobre el papel de la Química en la producción agrícola.	<ul style="list-style-type: none"> Que los estudiantes se cuestionen sobre la importancia del papel de la Química en la eficiencia de la producción agrícola, para cubrir la creciente demanda alimenticia.
A.4.1 C3	Cuestionario sobre la diversidad de los fertilizantes.	<ul style="list-style-type: none"> Que los estudiantes comprendan, a través de una comparación, que la diversificación en el uso de fertilizantes es una alternativa más sustentable.
A.5 P1	Propuesta de solución a un problema sobre una civilización extinta.	<p>Indagar si...</p> <ul style="list-style-type: none"> Proponen una diversidad de métodos para resolver el problema. Qué tipo de métodos proponen, los más agresivos con el entorno o los más sustentables. Qué tipo de ámbitos de su vida cotidiana relacionan con el problema (económico, ecológico, científico, social y político).
A.6.1 P2	Propuesta de solución al problema de la disminución en la producción y el aumento en la importación de alimentos en México.	<ul style="list-style-type: none"> Que incluyan el ámbito político. Cuántos factores y ámbitos son capaces de relacionar en la solución de una problemática actual y de su propio país. Qué tipo de factores toman en cuenta para solucionar el problema.

* Para determinar la clave se tomaron en cuenta dos aspectos: el orden de las actividades dentro de la secuencia didáctica, y del tipo de producto obtenido.

A.1.2 D1. Dibujo sobre lo que hay en el suelo que afecta el crecimiento de las plantas.

Esta actividad se desempeñó al inicio de la secuencia, por lo tanto se esperaba que los estudiantes plasmaran sus concepciones alternativas, para saber si tienen algún conocimiento de la química del suelo. Al final de la secuencia se les pidió que hicieran de nuevo el dibujo para poder comparar los resultados, por lo que, la actividad se hizo de manera individual. En esta primera ocasión se recopilieron 47 dibujos. Para evaluarlos, se utilizó la rúbrica que puede consultarse en el anexo C, así como algunos ejemplos de dibujos hechos por los estudiantes. Los datos más importantes sobre los puntajes obtenidos por alumno se presentan en la tabla 3.1, que además se graficó para visualizar mejor la información.

Tabla 3.1. Relación entre el porcentaje de estudiantes y el puntaje que obtuvieron en cada rubro.



Gráfica 3.8. Se presenta el porcentaje de estudiantes para cada uno de los tres puntajes, por rubro evaluado. El máximo puntaje en cada rubro es de 2 puntos.

En la gráfica 3.8 la serie azul representa el porcentaje de estudiantes que no mencionan el rubro en su dibujo; es decir, obtuvieron 0 puntos. Por tanto, podemos observar que ningún estudiante

toma en cuenta el pH, ni la solubilidad de los minerales en el agua; y la gran mayoría (87.2%) omite a las bacterias. La serie roja nos indica el porcentaje de estudiantes que mencionan el rubro, pero de forma general. Así pues, en la gráfica observamos que más de la mitad de los estudiantes: les dibujan raíces a las plantas; ilustran el agua pero, acumulada sólo en algún punto del suelo; y aluden a los minerales, así como a los nutrientes de forma muy general. En la serie verde encontramos a aquellos estudiantes que, además de aludir al rubro, dan información más detallada y científicamente aceptada; por ejemplo, apenas un 12.8% de estudiantes menciona los minerales y escribe algunos ejemplos de ellos (al menos como elementos químicos). Sólo un 2.1% representa el agua bien distribuida por todo el suelo, y otro 2.1% menciona que parte de los nutrientes son los minerales.

En particular, esta actividad nos permite observar que poco más de la mitad de los estudiantes tiene una idea muy vaga de la forma en que las plantas se alimentan para crecer. Sí mencionan algunos términos químicos, como minerales o nutrientes, pero de manera general, sin definir con detalle a qué se refieren. Otros conceptos químicos importantes en el suelo y la nutrición de las plantas, como el pH o la solubilidad de los minerales en el agua, al parecer no los relacionan con este tema. Por lo tanto podemos afirmar que la mayor parte de los estudiantes no están relacionando la química con el suelo y el crecimiento de las plantas. Es por esta razón que en la secuencia se incluyó una actividad experimental en la que se determinan los iones presentes y se mide el pH del suelo; de este modo los estudiantes podrán relacionar al suelo con la Química, a través del análisis químico de sus componentes.

A.2.3 C1 Cuestionario sobre el papel de la Química en la producción agrícola.

El cuestionario A.2.3 C1, que versa sobre el papel de la Química en la producción agrícola, fue entregado a los estudiantes de forma individual, y acompañado de una lectura en la que se plantea el aumento de la población mundial y su relación con la demanda de alimentos. Se menciona brevemente a la Química como una solución al problema. Esta lectura se complementa con las dos preguntas que conforman al cuestionario, con la intención de que los estudiantes se cuestionen sobre el papel de la Química en la eficiencia de la producción agrícola, para cubrir la creciente demanda alimenticia. En seguida se presenta el cuadro 3.5 en la que se muestran las preguntas del cuestionario y sus objetivos.

Cuadro 3.5. Preguntas y objetivos del cuestionario A.2.3 C1.

No.	PREGUNTA	OBJETIVO
1	Imagina un mundo en el que las ciudades se extienden indefinidamente, las tierras fértiles son sobreexplotadas hasta degradarse, y se derriban sin control bosques y selvas enteros para utilizar las tierras para cultivo. ¿Qué problemas crees que enfrenten los habitantes de ese mundo?	Indagar qué tipo de problemas observan los alumnos en una situación de sobrepoblación y sobreexplotación, cuál es la gravedad de dichos problemas, y si los relacionan con otras formas de vida, o con los problemas actuales.
2	Por fortuna, la actividad humana también incluye al desarrollo de la ciencia y la tecnología, y a través de éstas, el humano se ha ocupado también de cuidar el suelo. ¿Qué se ha hecho en la Química para cuidar y mejorar el suelo?	Que amplifiquen su perspectiva con respecto al papel de la Química en la producción de alimentos y el cuidado del suelo.

En esta ocasión, por cuestiones ajenas a la secuencia y a la sustentante, como los exámenes de reposición, sólo fue posible obtener 29 cuestionarios resueltos. Aun así, estos fueron analizados, y sus resultados se exponen a continuación.

Pregunta 1. ¿Qué problemas crees que enfrenten los habitantes de ese mundo?

Las respuestas a la primera pregunta, proporcionadas por los estudiantes, se categorizaron procurando mantener los ámbitos que se analizaron previamente en el cuestionario diagnóstico (económico, ecológico, científico, social y político). En algunos casos fue necesario agregar subcategorías para mantener la especificidad que los estudiantes expresaron en sus respuestas.

De esta organización deriva la tabla 3.2 en la que podemos observar que los problemas que los alumnos plantean como a futuro, son problemas que ya estamos sufriendo actualmente. De acuerdo con Gil y Vilches (2006), nos encontramos ya en una emergencia planetaria, caracterizada por: contaminación ambiental sin fronteras; agotamiento y destrucción de recursos naturales; organización creciente, desordenada y especulativa; degradación de los ecosistemas y destrucción de la biodiversidad y de la diversidad cultural; crecimiento económico acelerado; hiperconsumo; explosión demográfica; y desequilibrios insostenibles entre distintos grupos humanos. Sin embargo, por la forma en que responden los estudiantes, pareciera que, aunque conocen estos problemas, los consideran aún lejanos en el tiempo y en el espacio. Dos alumnos los relacionan con el panorama actual de forma explícita y evidente, pero en el resto no queda muy claro si son conscientes de que “estamos alcanzando un punto de no retorno en el que el proceso de degradación sería irreversible, con la sexta gran extinción como inevitable

resultado” (Gil y Vilches, 2006, pág. 510). Sólo nueve estudiantes consideran un panorama más catastrófico: la mayoría de ellos aluden al fin de la humanidad, otros toman en cuenta el fin de la vida en el planeta y al menos uno menciona una disminución importante en la población, como posibles consecuencias. Al parecer, sería conveniente cambiar esta pregunta por una en la que se planteen problemas más actuales como el uso del suelo para construir grandes ciudades y la necesidad de deforestar bosques y selvas para generar nuevas zonas de cultivo que alimenten a tantas personas en las grandes ciudades, de este modo, sabremos mejor si los estudiantes identifican las consecuencias actuales de la sobrepoblación y la sobreexplotación.

Tabla 3.2. Tipos de problemas que, según los estudiantes, se presentarían en una situación de sobrepoblación y sobreexplotación de recursos naturales extremas.

N = 29		¿Qué problemas crees que enfrenten los habitantes de ese mundo?	
Ámbito	Categoría	Subcategoría	Frecuencia
Económico	Impacto económico		6
	Escasez de recursos naturales	Alimentos	14
		Recursos naturales en general	12
		Agua	6
		Degradación del suelo	10
Ecológico	Aumento de contaminación		13
	Aumento de CO ₂		3
	Disminución de O ₂		7
	Disminución de la capa de O ₃		1
	Clima	Calentamiento global	7
		Cambio climático	6
		Desastres naturales	3
	Biodiversidad	Disminución de vegetación	13
		Animales afectados	2
		Disminución de la biodiversidad	8
	Impacto sobre ecosistemas		3
Fin de la vida en general		3	
Científico	Nuevas fuentes de alimentos		1
Social	Impacto social		2
	Aumento de enfermedades		16
	Disminución o falta de empleo		2
	Impacto a los agricultores		1
	Impacto a los ganaderos		1
	Luchas o guerras		2
	Disminución de la población		1
	Fin de la humanidad		5

Por otra parte, a los estudiantes les resulta muy fácil relacionar la sobreexplotación de recursos y la sobrepoblación con problemas de carácter ecológico; también encuentran una buena cantidad de problemas de índole económico y social, pero sólo un estudiante hace mención del ámbito científico al hablar de la necesidad de investigar y crear nuevas fuentes de alimentos. No hay uno sólo que mencione algún aspecto político. Entonces, se puede ver que una buena parte de los estudiantes relacionan problemas ecológicos con otros económicos y sociales, sin embargo, les falta ampliar su panorama, para poder contemplar que la sobrepoblación y la sobreexplotación de recursos tienen repercusiones en todos los aspectos de la vida, incluida la política y la ciencia.

Es posible observar también, que los problemas relacionados con la ecología son los más mencionados, sobre todo el aumento de la contaminación y la disminución de la vegetación. La categoría de biodiversidad nos muestra que hay algunos estudiantes que sí consideran otras formas de vida, además de los humanos; pero la mayoría hablan básicamente del reino plantae, muy pocos consideran al animalia y ninguno tomó en cuenta a los otros reinos. Esta información es importante porque, como ya vimos en el cuestionario diagnóstico, muchos pupilos relacionan las plantas con la disminución de CO₂ en el aire, y por tanto una mejor calidad de vida y mayor salud; sin embargo, cualquier medida sustentable debe considerar a todas las formas de vida posibles, ya que todas coexisten y son parte del equilibrio natural.

Pregunta 2. ¿Qué se ha hecho en la Química para cuidar y mejorar el suelo?

Para resolver esta pregunta, se les dio a los estudiantes la oportunidad de buscar información en la bibliografía o en internet. El propósito es que complementen la información que ya tienen. Por lo tanto se analizará qué tanto lograron esta complementación. Sus respuestas también se categorizaron, pero esta vez de acuerdo con lo que contestaron, por tanto aquí se presentan 5 grandes categorías relacionadas con el papel de la Química en la conservación del suelo y la producción de alimentos. En el caso de las subcategorías, podemos distinguir diecisiete diferentes y son más específicas para las respuestas proporcionadas (tabla 3.3).

La mayor parte de los estudiantes relaciona la Química con el suelo a través de la producción de fertilizantes y plaguicidas. Muchos estudiantes ya saben que la industria de los fertilizantes es una rama prolífica de la industria Química; por lo tanto, es lógico que lo primero que venga a su mente sean los fertilizantes, cuando se les pide relacionar a esta ciencia con el suelo. Poco menos de la mitad del total de alumnos (17 estudiantes) también hace la relación a través de la conservación y el análisis del suelo, aunque de forma muy general. Hasta este punto de la secuencia los estudiantes ya conocen la actividad práctica, por lo tanto ya cuentan con este antecedente. El resto de las subcategorías, como se puede observar en la columna de frecuencia, se mencionan pocas veces, la mayoría sólo una. Esto nos indica que muy pocos

alumnos complementaron su información con la bibliografía. Por consiguiente, se sugiere cambiar esta pregunta por una más específica, por ejemplo: ¿Cómo se relaciona la Química con la conservación del suelo y la producción de alimentos?, así como complementar la pregunta con otras que guíen y faciliten la búsqueda de información de los estudiantes, incluyendo su papel dentro de los procesos de investigación e industriales y sus efectos sobre la sociedad y el ambiente, que no incluyeron en sus respuestas. Al final puede pedírseles hacer un mapa mental sobre la Química y su relación con la conservación del suelo y la producción de alimentos, que serviría como producto para la evaluación de esta actividad.

Tabla 3.3. El papel de la Química en el cuidado y la mejora del suelo.

N = 29		
Categoría	Subcategoría	Frecuencia
Productos químicos	Fertilizantes	15
	Fertilizantes orgánicos	5
	Plaguicidas	6
	Productos biodegradables	1
	Reguladores del pH	1
Diseño y desarrollo tecnológico	Nuevos productos alimenticios	1
	Procesos productivos químicos	2
Análisis y conservación del suelo	Conservación del suelo	12
	Análisis de suelo	5
	Química Edáfica	1
	Determinación de pH	2
Cuidado del entorno natural	Química Ambiental	3
	Biorremediación	1
Investigación	Utilidad de los nutrientes en las plantas	1
	Reacciones químicas en la naturaleza	1
	Exploración de sinergias	1
	Geoquímica	1

A.4.1 C3 Cuestionario sobre la diversidad de los fertilizantes.

Este cuestionario se relaciona con los diferentes tipos de fertilizantes. Tiene como objetivo que los estudiantes comprendan que la diversificación en el uso de los fertilizantes es una alternativa más sustentable. Se les entregó antes de lo previsto en la secuencia por cuestiones de tiempo. Fue resuelto por 33 estudiantes agrupados en 6 equipos distintos. Para su análisis, es preciso aclarar que está compuesto por 2 preguntas. Sus respuestas evidencian las concepciones alternativas y el criterio de los estudiantes. También incluye un cuadro

comparativo con 5 preguntas guía que deben contestar de acuerdo con lo observado en el video sobre fertilizantes (algunos ejemplos en el anexo C).

Cuadro 3.6. Preguntas y objetivos del cuestionario A.4.1 C3.

No.	PREGUNTA	OBJETIVO
1	¿Qué ventajas tiene saber qué nutrientes específicos necesitan las plantas?	Indagar si logran identificar las diversas ventajas, y cuántas.
s/n	Cuadro comparativo ¿Qué tipo de nutriente aporta cada tipo de fertilizante? ¿De dónde provienen sus materias primas? ¿Sus fuentes son limitadas o ilimitadas? ¿Cuál de los dos podría formar parte de un ciclo? ¿Qué proceso de producción es más complejo? ¿Podrías participar en la producción de alguno de ellos? ¿Cómo lo harías?	Que los estudiantes comparen las características y los beneficios de los fertilizantes sintéticos y de los orgánicos.
2	¿Creen que sea benéfico utilizar ambos tipos de fertilizantes en un mismo cultivo? ¿Por qué?	Conocer su postura acerca de la diversificación en el uso de fertilizantes.

Pregunta 1. ¿Qué ventajas tiene saber qué nutrientes específicos necesitan las plantas?

Para responder esta pregunta, se consideraron cuatro posibles ventajas, que los estudiantes podrían considerar, de acuerdo con lo visto hasta este punto de la secuencia. La pregunta es abierta, pero sus respuestas fueron clasificadas dentro de las cuatro ventajas propuestas. Para su análisis, se consideró la frecuencia con la que, los distintos equipos, las mencionaron. Los resultados se muestran en la tabla 3.4.

Para la mitad de los equipos, la ventaja que tiene conocer los nutrientes específicos que necesitan las plantas, es que éstas se desarrollan mejor. Tres equipos mencionan además, que se pueden agregar sólo los necesarios, sin desperdiciar otros. Un equipo indica que se pueden generar métodos de cultivo más eficientes, pero ninguno habla sobre una disminución en la saturación de nutrientes en el suelo que podría generar una salinización. Por lo tanto, aunque esto se les mencionó en una lectura previa, es necesario repetir y enfatizar este punto con ellos.

Tabla 3.4. Ventajas que tiene saber qué nutrientes específicos necesitan las plantas.

N = 33 6 equipos	
Ventaja	Frecuencia por equipo
Un mejor desarrollo, en general, de las plantas.	4
Mayor especificidad en los nutrientes agregados.	3
Menor acumulación, en el suelo, de nutrientes poco absorbidos por las plantas.	0
Desarrollo de nuevos métodos de cultivo (como la hidroponia).	1

Un aspecto que resalta en el análisis de esta pregunta es que sólo dos equipos mencionan dos ventajas a la vez, los demás se limitan a una. Por tanto, no están logrando identificar todas las ventajas, pero no es de extrañar, dado que tuvieron que resolver este cuestionario antes de lo planeado, quedando un poco descontextualizado y muy al principio de la secuencia. Habría que ver si aplicando el cuestionario en el momento oportuno, los alumnos ya son capaces de identificar más ventajas.

Cuadro comparativo.

Este cuadro, que se encuentra en el anexo B, está conformado por 5 preguntas que guían a los estudiantes para que al contestarlas puedan comparar características y ventajas de los fertilizantes orgánicos y los sintéticos. Dado que sus respuestas deben sustraerse del video sobre fertilizantes, se asignó un puntaje máximo a cada pregunta y las respuestas se evaluaron de acuerdo con este puntaje. En la tabla 3.5 se indica el puntaje total (la suma de las 5 preguntas), que obtuvo cada equipo.

Todos los equipos obtuvieron un puntaje alto. Esto era de esperarse, ya que los estudiantes tienen la fuente de información a su disposición, pueden repetirla cuantas veces les sea necesario, además de que la actividad fue realizada en equipo. Este cuadro, está enfocado a resaltar las ventajas de los fertilizantes orgánicos, ya que, como afirma Daly (citado en Vilches, Gil, Toscano y Macías, 2014), es preciso que se dé prioridad a las tecnologías que incrementen la productividad de los recursos, en lugar de las que incrementan la extracción de recursos. Sin embargo, los fertilizantes sintéticos también tienen sus ventajas, por lo que se sugiere agregar alguna pregunta que exalte los beneficios de estos últimos, sobre todo para disminuir (al menos) la idea que muchos alumnos tienen de que lo sintético o artificial es malo y lo natural u orgánico es bueno. Aun así, podría decirse que con este cuadro hicieron una buena comparación entre los fertilizantes orgánicos y los sintéticos.

Tabla 3.5. Puntaje total por equipo en el cuadro comparativo.

N = 33		6 equipos
Equipo	No. de integrantes	Puntaje total
1	5	9
2	6	9
3	7	10
4	5	8
5	4	8
6	6	9
Puntaje máximo		12

Pregunta 2. ¿Creen que sea benéfico utilizar ambos tipos de fertilizantes en un mismo cultivo? ¿Por qué?

Una vez conociendo las características y las ventajas de diversos tipos de fertilizantes, esta pregunta busca indagar si los estudiantes consideran benéfico usar tanto los orgánicos como los sintéticos en un mismo cultivo, para llevarlos a reflexionar sobre esto.

Tabla 3.6. Concordancia con el beneficio de usar varios tipos de fertilizantes en un mismo cultivo.

N = 33 6 equipos	¿Creen que sea benéfico utilizar ambos tipos de fertilizantes en un mismo cultivo?		
	Sí	No	Depende
Frecuencia por equipo	0	5	1 – si se utilizan en cantidades moderadas puede ser benéfico

Como se puede apreciar, casi todos los equipos consideran que no es buena idea mezclarlos, sin embargo, es posible que la pregunta los llevara a pensar en mezclarlos al mismo tiempo, por lo que tal vez sea necesario replantear la pregunta, para dejar claro que se refiere a usarlos en momentos distintos, pero en un mismo cultivo. Un equipo mencionó que no es benéfico, a menos de que se usen en cantidades moderadas, para evitar el exceso de nutrientes y por tanto la intoxicación de las plantas. Esta respuesta refuerza la idea de replantear la pregunta para aclararla. Pero además de esta medida, es muy probable que sea indispensable comentar con los alumnos la importancia de diversificar los métodos agrícolas, con lo que se disminuye la dependencia hacia un solo recurso natural, y por ende su sobreexplotación. De este modo sería posible mantener las tasas de recolección de recursos renovables por debajo de las de su

regeneración o en el caso de los no renovables, por debajo de la creación de sustitutos renovables; un principio que Daly incluye dentro de sus “principios obvios para el Desarrollo Sostenible” (como se citó en Vilches, Gil, Toscano y Macías, 2014).

Para que a los estudiantes les quede más claro que lo mejor es usar varios recursos en lugar de uno solo, este cuestionario podría complementarse con preguntas como ¿por qué los campesinos prefieren usar fertilizantes sintéticos?, ¿qué pasa si se abusa de ellos?, ¿qué proceso de producción (de fertilizantes) tiene menos efectos sobre el entorno natural?, ¿por qué los “alimentos orgánicos” suelen tener precios más elevados?, etcétera.

A.5 P1 Propuesta de solución a un problema sobre una civilización extinta.

En esta actividad, los estudiantes tuvieron a su disposición la lectura sobre la cultura de los Rapa Nui, de la isla de Pascua, Chile. Al finalizarla, se les pide hacer una propuesta sobre las medidas que esta civilización debe tomar para evitar la devastación de la isla y perpetuar su vida por muchas generaciones más. También se les solicita que indiquen el impacto económico que pueden tener estas medidas sobre dicha sociedad, las medidas o legislaciones políticas que deberían tomar en cuenta, y la forma en que debe participar la sociedad para lograrlo. Para complementar sus respuestas se les proporcionó una lista de diversos métodos y técnicas de cultivo con una breve descripción, algunos de estos métodos son más sustentables que otros.

La intención de esta tarea es indagar si proponen una diversidad de métodos para resolver el problema; qué tipo de métodos proponen (los más agresivos con el entorno o los más sustentables); y qué tipo de ámbitos de su vida cotidiana relacionan con el problema (económico, ecológico, científico, social y político). Para esta actividad también se organizaron en equipos, por tanto se analizan las respuestas de 40 estudiantes dispuestos en 8 equipos.

En la tabla 3.7 se puede apreciar el (los) tipo(s) de método(s) agrícola(s) que cada equipo elige y la cantidad de ellos. Sólo dos equipos se limitan a un solo método, tres eligen recomendar dos métodos a los Rapa Nui, y los otros tres aconsejan tres o más métodos. Estos últimos ya dan una clara muestra de que contar con varias opciones es mejor. Aunque uno de los equipos que sólo mencionó dos métodos, sí reconoció claramente que un solo tipo de método no es suficiente. Aun así, en este momento de la secuencia, los estudiantes ya deberían tener más claro que la diversificación es una solución más sustentable, sin embargo, la mayoría todavía se muestra muy mesurada en sus propuestas. Probablemente sea necesario hacer más hincapié en este aspecto, así como pedirles de forma explícita y clara que también incluyan lo que ya vieron sobre fertilizantes.

Tabla 3.7. Diversificación de métodos propuestos y relación entre los diversos ámbitos que proponen los estudiantes.

N = 40		8 equipos	
Equipo	No. de métodos	Tipos de método	Ámbitos relacionados
1	3	Roza-tumba-quema, policultivo y agroforestería	Estudio previo (factores climáticos, humedad, suelo, etc.) (Ciencia)
2	3	Monocultivo, policultivo y huertos domésticos	
3	4	Agroforestería, policultivos, cultivos hidropónicos y chinampas	Respeto a la biodiversidad. Uso responsable de recursos. (Ecología) Estudio profundo del suelo. (Ciencia)
4	2	Terrazas de cultivo y policultivo	Devastación de suelos y recursos. (Ecología) Sobrepoblación. (Sociedad)
5	2	Terrazas de cultivo y cultivos hidropónicos	No usar especies ajenas. (Ecología) Mayor control de natalidad. (Sociedad)
6	1	Agroforestería	
7	1	Agroforestería	Impacto económico muy favorable. (Economía) Cuidado de las zonas de cultivo, designar ciertos metros para viviendas. (Ecología) Permitir cierto número de hijos e involucrar a la gente. (Sociedad)
8	2	Policultivos y cultivos hidropónicos	Cualquier persona sin conocimientos de agricultura puede llevarlo a cabo. (Sociedad)

Por otra parte, los métodos que la mayoría escoge, son altamente compatibles con la sustentabilidad. Los menos sustentables son la roza-tumba-quema y el monocultivo, que sí eligieron 2 equipos distintos, sin embargo, en ocasiones, es posible que estos métodos sean la única opción de los agricultores, por tanto, habría que resaltar aquí que no está mal usarlos, siempre que se usen con moderación y sólo en aquellos casos en los que sean imprescindibles.

Otro aspecto que con esta propuesta se analizó, es qué tipo de ámbitos de su vida cotidiana relacionan con este problema. En la cuarta columna de la tabla 3.7 podemos leer de forma resumida las respuestas de cada equipo, y entre paréntesis el ámbito en el que se clasifican (de acuerdo con el criterio de la sustentante). De aquí se deriva la siguiente tabla:

Tabla 3.8. Número de equipos que mencionaron cada ámbito.

N = 40 8 equipos	
Ámbito	Frecuencia
Economía	1
Ecología	4
Ciencia	2
Sociedad	4
Política	0

Así podemos ver mejor que la ecología y la sociedad son los aspectos que con mayor facilidad relacionan los estudiantes a la problemática, en esta ocasión, la ciencia fue mencionada por dos equipos, y sólo uno tomó en cuenta algún aspecto de tipo económico, por tanto, se considera que aún hace falta recalcar más en el impacto de la actividad científica. Ninguno menciona algún aspecto del ámbito político. Por lo que es necesario reforzar este ámbito más adelante. Es importante que los estudiantes expandan su panorama para que tengan una perspectiva más holística ya que la Sustentabilidad no se restringe al aspecto ecológico y el social, sino que también deben incluirse el político y el económico (Tommasino, Foladori y Taks, 2005) y, como se defiende en esta tesis, también el científico.

Otro aspecto que es importante reconocer aquí es que esta actividad, aunque retoma la parte social y busca que los estudiantes sean propositivos, poco puede relacionarse con el enfoque químico. Por lo tanto, se sugiere hacer una actividad en la que los estudiantes descubran por qué las técnicas de cultivo prehispánicas eran más sustentables, desde el punto de vista de la conservación de los nutrientes en el suelo y su impacto sobre el ambiente, haciendo una comparación entre las técnicas actuales y el uso de fertilizantes sintéticos. Después con esta información podrían resolver el problema planteado en la actividad A.5 P1, pero con mayor relación con la química del suelo.

A.6.1 P2 Propuesta de solución al problema de la disminución en la producción y el aumento en la importación de alimentos en México.

En esta actividad, se pidió a los estudiantes que escriban una carta dirigida al gobierno mexicano, esto con la intención de que se vean obligados a incluir el ámbito político. En esta carta deben proponer soluciones para disminuir la importación de alimentos y aumentar la producción nacional. También se les pide de forma explícita que tomen en cuenta el ámbito económico, político, social, ambiental, de salud y científico (básicamente el químico). Por lo tanto, en su propuesta se analizará cuántos ámbitos son capaces de relacionar con el problema, de acuerdo con los factores que incluyen. En esta actividad participaron 51 estudiantes que se organizaron en 13 equipos distintos. A continuación los resultados.

Tabla 3.9. Número de factores relacionados con cada ámbito, mencionados por equipo.

N = 51		13 equipos					
Equipo	Economía	Ecología	Ciencia y tecnología	Sociedad	Política	Total de ámbitos mencionados por equipo	
1	3	1	1			3	
2	3			1		2	
3	3				2	2	
4	1		1	2		3	
5	2	1	1			3	
6	2	2		2	1	4	
7	1		1			2	
8	2	1	3	5		4	
9	2				1	2	
10	2	1				2	
11	1					1	
12	1	1			1	3	
13	2	1				2	
Total de factores por ámbito	25	8	7	10	5		
Total de equipos que mencionaron el ámbito	13	7	5	4	4		

Para constituir esta tabla, se tomaron en cuenta los elementos o factores, externados por los estudiantes, que son compatibles con la sustentabilidad. Así pues, en cada columna, de la segunda a la quinta, se enumera la cantidad de factores que el equipo mencionó, en cada ámbito. Las dos últimas filas de la tabla nos indican con qué frecuencia se menciona cada área. El económico está presente en las propuestas de los 13 equipos, con un total de 25 factores o elementos relacionados con este ámbito. A continuación se exponen algunos ejemplos de los factores económicos que exponen:

- "...que México fuera autosuficiente e incluso...exportador de primera."
- "...los campesinos necesitan incentivos para continuar trabajando..."
- "...impulsar las microempresas mexicanas, así como la industria agropecuaria...y apoyo económico para su mantenimiento."

Poco más de la mitad de los equipos incluye el ámbito ecológico, aunque los factores mencionados son sólo 8 distintos, por ejemplo:

- "...México cuenta con los recursos necesarios... para evitar el uso de combustibles fósiles... y por consiguiente, reducir la cantidad de CO2..."
- "...que se implementaran áreas verdes únicamente de cultivo y áreas de preservación para no agotar nuestros recursos naturales..."

Cinco equipos hacen alusión a factores científicos y tecnológicos con repuestas como:

- "...mejorar la calidad de la tierra utilizando fertilizantes."
- "...nuevos sistemas de riego y agricultura..."

En cuanto al ámbito social, fue mencionado por 4 equipos a través de 10 factores relacionados con este ámbito, algunos de estos factores son:

- "...educar a la población acerca de la rotación de cultivos y la forma correcta de cuidar el suelo..."
- "...debemos enseñar a cuidar, preservar y cultivar como actividades de uso frecuente..."

Finalmente, el ámbito político también se hace presente, aunque no tanto como se esperaba, pues únicamente 4 equipos lo mencionaron, aludiendo a sólo 5 factores como:

- "Volver obligatorios formas de cultivo que no afecte ni dañe las tierras."
- "...necesario implementar nuevas medidas y leyes que controlen todos estos cambios políticos, económicos pero sobre todo ecológicos."

Por tanto, esta actividad ya refleja una mayor integración de los diversos ámbitos de la vida cotidiana de los estudiantes. La última columna de la tabla indica el número de ámbitos distintos que menciona cada equipo. Sólo uno se limita a mencionar un ámbito nada más. Los demás oscilan entre 2 y 4 ámbitos, ninguno incluye los cinco a la vez. Sin embargo, el hecho de que algunos equipos ya comiencen a considerar el aspecto político y el científico dentro de sus

propuestas, es bastante alentador. Aun así, en esta actividad, se podría relacionar mejor con la química pidiendo a los alumnos que además propongan medidas o reglas para el uso de productos químicos así como para sus procesos de producción e investigación. De cualquier forma, no es de sobra recalcar en los estudiantes, que para resolver este tipo de problemáticas, es necesario tomar en cuenta e integrar los cinco ámbitos que aquí se ha expuesto, pues todos deben participar desde su particular enfoque y con sus propias herramientas en la implementación de la sustentabilidad como un estilo de vida y una solución a la emergencia planetaria en la que nos encontramos hoy en día.

Para cerrar este segundo bloque de la descripción y el análisis de resultados, es preciso comentar que una limitante muy marcada durante toda la aplicación de la secuencia, fue el tiempo. Las sesiones en el sistema de la ENP, son muy cortas, lo que perjudica el desarrollo de la secuencia en el aula, pues en varias actividades, sería muy provechoso discutir de forma grupal las respuestas o las soluciones que los alumnos proponen, con la finalidad de intercambiar ideas y sobre todo integrar los conocimientos que van adquiriendo. Otra limitante, es que este mismo sistema aún es muy tradicional, lo que contrasta con el enfoque de la secuencia que es constructivista. Por lo tanto, es muy necesario para los estudiantes ayudarles a relacionar unos conceptos con otros y aterrizarlos con ellos de manera muy clara. Esto se traduce en la necesidad de utilizar un mayor número de sesiones para abarcar el tema, sin embargo, el programa de química, así como casi todos los programas del bachillerato, está muy cargado de temas, por tanto, la mejor forma de abordar el tema de sustentabilidad es tomándolo como eje transversal dentro del programa, así podría discutirse desde varias perspectivas a lo largo de todo el curso.

Otro obstáculo que fue necesario sortear durante la aplicación de la secuencia y que es importante tomar en cuenta es la variación en la población que desarrolló cada actividad. Por diversas razones, la cantidad de alumnos presente en cada sesión fue distinta, por lo que no todos participaron en todas las actividades, y esto afecta los resultados finales disminuyendo su confiabilidad.

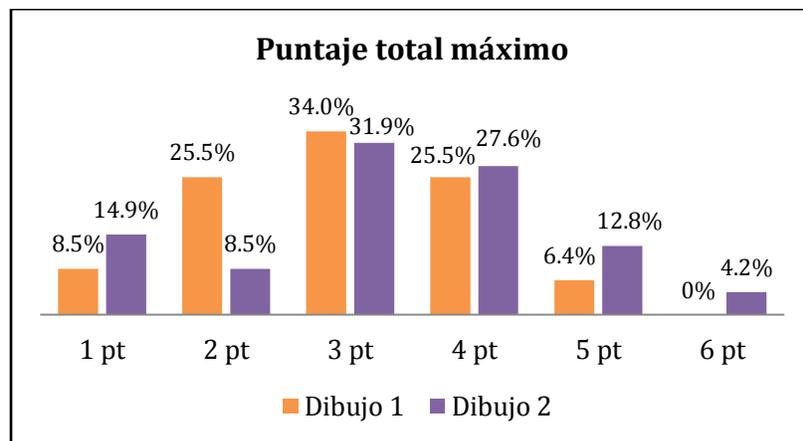
El análisis de los resultados de las actividades de la secuencia permitió generar diversos cambios durante la aplicación de la secuencia, pero también nos marca aquellos puntos que aún es necesario cambiar y reforzar, de aquí surgen varias sugerencias que se han mencionado durante el análisis y que se resumen en el anexo D.

III.3. CUESTIONARIO FINAL Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.

Una vez concluida la aplicación de la secuencia didáctica, se llevó a cabo la evaluación final para probar la efectividad de la secuencia. Este cuestionario se aplicó en la siguiente sesión después de terminada la secuencia didáctica. Cabe mencionar que se consideró que los alumnos repitieran el dibujo de la actividad A.1 dentro de la secuencia, después de la tercera sesión. Sin embargo, por cuestiones de tiempo y algunos imprevistos durante la aplicación, fue necesario dejarlo hasta el término, e incluirlo en el cuestionario final.

1. Elabora un dibujo en el que representes cómo obtienen sus nutrientes las plantas.

Este dibujo del cuestionario final (dibujo 2), se evaluó utilizando la misma rúbrica que se aplicó al dibujo 1 (Anexo C). Se contabilizó el puntaje total máximo alcanzado por alumno en ambos casos. Pero, como el número de estudiantes que hizo el dibujo en cada actividad es distinto (A.1.2 D1 = 47; cuestionario final = 51), se tomaron en cuenta sólo aquellos que hicieron ambos, para poder compararlos (N = 47). En la gráfica 3.9 pueden observarse estos resultados:

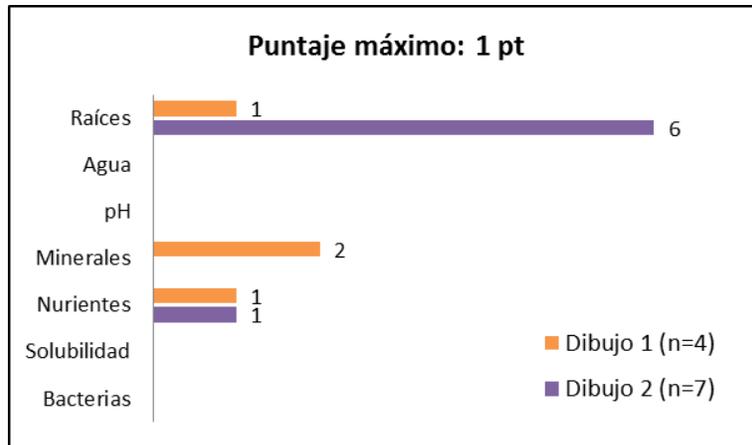


Gráfica 3.9. Se compara el porcentaje de estudiantes que obtuvo cada puntaje total máximo, tanto en el dibujo 1 (naranja) como en el dibujo 2 (morado).

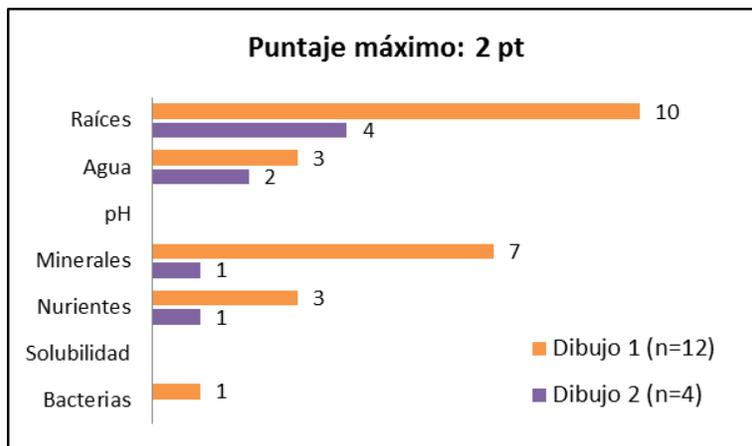
El puntaje máximo para este dibujo, de acuerdo con los criterios de la rúbrica, es de 14 puntos. Sin embargo, como puede observarse en la gráfica de arriba, en el primer dibujo, los estudiantes obtuvieron como máximo 5 puntos, y en el segundo el máximo alcanzado fue de 6 puntos. Los cambios más evidentes se presentan entre los puntajes máximos de 1, 2, 5 y 6 puntos, por lo tanto, estos son los que se revisarán a continuación.

A simple vista es posible apreciar que en el dibujo 2, los estudiantes con 1 punto aumentaron poco menos del doble; en cambio, el porcentaje de pupilos con 2 puntos disminuyó prácticamente dos tercios; esto no parece muy alentador. Al analizar los puntajes por elemento

y por alumno, es de notar que en el primer dibujo los elementos que los estudiantes incluyen, para obtener 1 punto, son diversos (raíces, minerales o nutrientes). En cambio, el elemento que predomina en los del dibujo 2, que también alcanzaron 1 punto, es el de las raíces (véase gráfica 3.10 más adelante). En cuanto a aquellos que obtuvieron 2 puntos máximo, todos los del dibujo 2 incluyen dicho elemento, pero los del dibujo 1 no son el 100% (aunque sí son mayoría), de hecho, sus resultados están un poco más distribuidos entre los diversos elementos que en el dibujo 2 (gráfica 3.11).



Gráfica 3.10. Cantidad de estudiantes que mencionaron cada rubro, para aquellos que obtuvieron como máximo 1 punto.



Gráfica 3.11. Cantidad de estudiantes que mencionaron cada rubro, para aquellos que obtuvieron como máximo 2 puntos.

El aumento en el puntaje máximo de 1 pt, puede deberse a la forma en que se plantearon las indicaciones. En el dibujo 1 la indicación es más específica, pues se pide a los alumnos que dibujen cómo creen que el suelo afecta el crecimiento de las plantas, lo cual incluye la parte química del suelo; pero, en el dibujo 2 la indicación pide que representen cómo obtienen sus nutrientes las plantas. Para esta segunda indicación, es obvio pensar que para los estudiantes la respuesta sea, simplemente, a través de sus raíces. El hecho de que todos los estudiantes que

obtuvieron 2 puntos mencionen las raíces, parece apoyar esta sospecha, así como el hecho de que 46 alumnos, de los 47 que hicieron el dibujo 2, sí las incluyeron. Por lo tanto, se hace indispensable replantear la pregunta en el cuestionario final, para que a los estudiantes les quede más claro que deben enfocarse en la parte química del suelo que se revisó en la secuencia.

Regresando a la gráfica 3.9, de manera general y a simple vista pareciera observarse un retroceso en el aprendizaje de los alumnos al compararse los porcentajes de los puntajes máximos correspondientes a 1 y 2 puntos. No obstante, el panorama cambia cuando se suman los porcentajes de estos puntajes en cada dibujo y se comparan entre ellos. De este modo para el dibujo 1 se obtiene un total de 34% entre los resultados de 1 pt y 2 pt, y para el dibujo 2 el total es de 23.4%. Es decir que entre el dibujo 1 y el dibujo 2 disminuyó el 10.6% de los estudiantes que obtuvieron 1 o 2 puntos. Por lo tanto, en conjunto (1 pt + 2 pt), varios estudiantes aumentaron su puntaje a 3 o más puntos. Esto puede corroborarse, al analizar con más detalle, los movimientos que efectuaron los puntajes de cada estudiante. Para comprender mejor este vaivén de puntos, en seguida se presenta la tabla 3.10, en la que se resume, se simboliza y se organiza esta información.

Tabla 3.10. Movimiento de puntajes entre los dibujos 1 y 2, de los estudiantes que obtuvieron 1 y 2 puntos.

		1 pt	2 pt	1 pt + 2 pt
Movimiento		Frecuencia (alumnos)	Frecuencia (alumnos)	Total
Igual	1 = 1	2	--	4
	2 = 2	--	2	
Intercambio entre 1 pt y 2 pt	1 → 2	0	--	2
	2 → 1	--	2	
Aumento	1 → >2	2	--	10
	2 → >2	--	8	
Disminución	>2 → 1	3	--	5
	>2 → 2	--	2	
			Total	21

Como ya se mencionó, en esta tabla se organiza el movimiento de puntajes de los estudiantes que obtuvieron 1 o 2 puntos en ambos dibujos, de este modo se formó el conjunto 1 pt + 2 pt, constituido por 21 estudiantes. De estos, sólo 4 no presentaron cambio alguno en su puntaje antes y después de la aplicación de la secuencia. También dos estudiantes disminuyeron su puntaje en 1 punto ($2 \rightarrow 1$) pero se considera sólo como un intercambio de puntajes puesto que este cambio se mantuvo dentro del conjunto 1 pt + 2 pt. Lo más notable dentro de esta tabla es que 5 alumnos disminuyeron su puntaje 1, 2 o 3 puntos, pero otros 10 lo aumentaron 1, 2, 3 y hasta 4 puntos. Por lo tanto, el movimiento final total es de 5 alumnos que aumentaron su puntaje, lo que equivale al 10.6% de pupilos que de 1 o 2 puntos en el dibujo 1 ascendieron a 3 o más en el dibujo 2. Nótese que este porcentaje concuerda con el mencionado anteriormente.

Ahora pasemos nuestra atención de las barras del extremo izquierdo, a las del extremo derecho de la gráfica 3.9. Es evidente el aumento del porcentaje de estudiantes que lograron 5 ó 6 puntos en el dibujo 2. Siguiendo la misma lógica que en los puntajes anteriores, al sumar los porcentajes de los puntajes máximos 5 y 6, obtenemos que para el dibujo 1 el total es de 6.4% y para el dibujo 2 es de 17%. La diferencia entre ambos es de 10.6% que equivale a 5 estudiantes que mejoraron su puntaje. Para corroborar este incremento, se presenta la tabla 3.11 con los puntajes máximos de 5 y 6, en la que observaremos el movimiento del puntaje de 9 alumnos.

Tabla 3.11. Movimiento de puntajes entre los dibujos 1 y 2, de los estudiantes que obtuvieron 5 y 6 puntos.

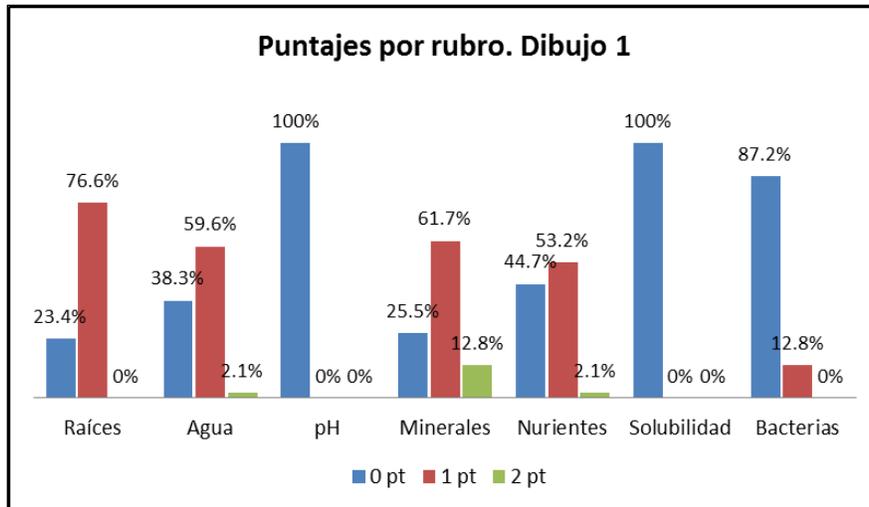
		5 pt	6 pt	5 pt + 6 pt
Movimiento		Frecuencia (alumnos)	Frecuencia (alumnos)	Total
Igual	5 = 5	2	--	2
	6 = 6	--	0	
Intercambio entre 5 pt y 6 pt	5 \rightarrow 6	0	--	0
	6 \rightarrow 5	--	0	
Aumento	<5 \rightarrow 5	4	--	6
	<5 \rightarrow 6	--	2	
Disminución	5 \rightarrow <5	1	--	1
	6 \rightarrow <5	--	0	
			Total	9

En la tabla 3.11 podemos ver que 2 estudiantes mantuvieron su puntaje en 5 y ninguno hizo intercambio entre los 5 y los 6 puntos. De nuevo, lo más importante se encuentra en el aumento y la disminución. Esta vez, 4 estudiantes subieron desde 4 o menos puntos hasta 5 (3 de ellos aumentaron 1 punto, uno aumentó 4), y 2 pupilos aumentaron hasta 6 (1 saltó 2 puntos, el otro saltó 4). Sólo un alumno disminuyó su puntaje de 5 a 4 puntos. Entonces, de nuevo vemos que el cambio total fue de 5 estudiantes que de tener 4 o menos puntos en el dibujo 1, alcanzaron 5 y hasta 6 puntos en el segundo, lo que coincide con la cantidad calculada anteriormente para estos puntajes.

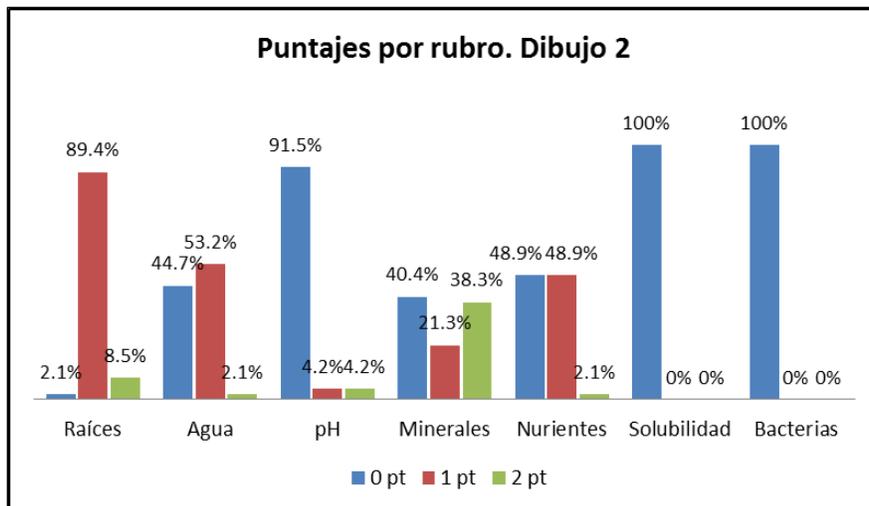
Por lo tanto, con estos resultados se puede concluir que, en general, los puntajes máximos aumentaron en el dibujo 2. Pero como se mencionó casi al principio del análisis de estos dibujos, la rúbrica contempla un máximo de 14 puntos. Lo que indica que los puntajes en realidad están bastante bajos. Esto puede deberse a dos razones: La primera puede ser que los criterios de la rúbrica sobrevaloran de lo que puede lograrse con la secuencia o, la segunda, que durante la secuencia no se enfatizó lo suficiente en los elementos que se evalúan en la rúbrica, por consiguiente, sería necesario agregar alguna actividad que les permita a los estudiantes recalcar e integrar mejor estos conocimientos.

En las gráficas 3.12 y 3.13 se presentan los elementos evaluados en la rúbrica que los estudiantes incluyeron, o no, en sus dibujos. Se exponen las gráficas obtenidas de los dos dibujos para poder comparar los cambios entre uno y otro.

La serie azul corresponde a los estudiantes que obtuvieron 0 puntos en cada rubro, y nos señala los elementos que no fueron incluidos en los dibujos. Entonces, aquellos que tienen un 100% indican que ningún alumno incluyó ese elemento en su dibujo. En la serie roja se muestran los estudiantes que sólo mencionaron el rubro, pero sin dar detalle. Finalmente la serie verde refleja a aquellos alumnos que fueron más específicos al mencionar el elemento evaluado. Así pues, en el dibujo 1 los elementos totalmente ausentes en todos los dibujos son el pH y la solubilidad, lo cual se esperaba, pues aunque los estudiantes conocen dichos conceptos, no siempre logran relacionarlos con el suelo y la nutrición de las plantas. En este mismo dibujo observamos que más de la mitad de los estudiantes incluyó las raíces, el agua, los minerales y los nutrientes de manera general. Y un 13% de los alumnos también recordó a las bacterias que se encuentran en el suelo, tal vez porque lo revisaron en alguna otra materia. Otro 13% de estudiantes fue más específico con los minerales, obteniendo 2 puntos. También hubo un pequeño porcentaje (2.1%) de pupilos que fueron más detallados con los nutrientes y con el agua. Siempre hay estudiantes sobresalientes, lo importante es que si no incrementan sus conocimientos, por lo menos, no olviden los que ya tienen.



Gráfica 3.12. Dibujo 1 (A.1 D1). Se presenta el porcentaje de estudiantes para cada uno de los tres puntajes, por rubro evaluado, en el dibujo 1. El máximo puntaje en cada rubro es de 2 puntos.



Gráfica 3.13. Dibujo 2 (C.F.). Se presenta el porcentaje de estudiantes para cada uno de los tres puntajes, por rubro evaluado, en el dibujo 2. El máximo puntaje en cada rubro es de 2 puntos.

En el dibujo 2 los rubros totalmente ausentes fueron la solubilidad y las bacterias. En el caso de la solubilidad, al parecer no se hizo suficiente énfasis, o no quedó claro a los estudiantes lo importante que es que los minerales sean solubles, hasta cierto punto, para que las plantas puedan absorberlos sin intoxicarse. En cuanto a las bacterias, al parecer hizo falta destacar su importancia para la nutrición de las plantas, y aquellos estudiantes que las mencionaron en el dibujo 1, se enfocaron más en la parte química en el dibujo 2, dejando fuera este elemento más biológico que también es muy importante. El rubro del pH, aunque mantiene un porcentaje alto (91.5%) de estudiantes que no lo incluyen en su dibujo, al menos esta vez sí fue mencionado por

un 4.2% e incluso, otro 4.2% especificó el rango óptimo de pH en el suelo para el crecimiento de las plantas.

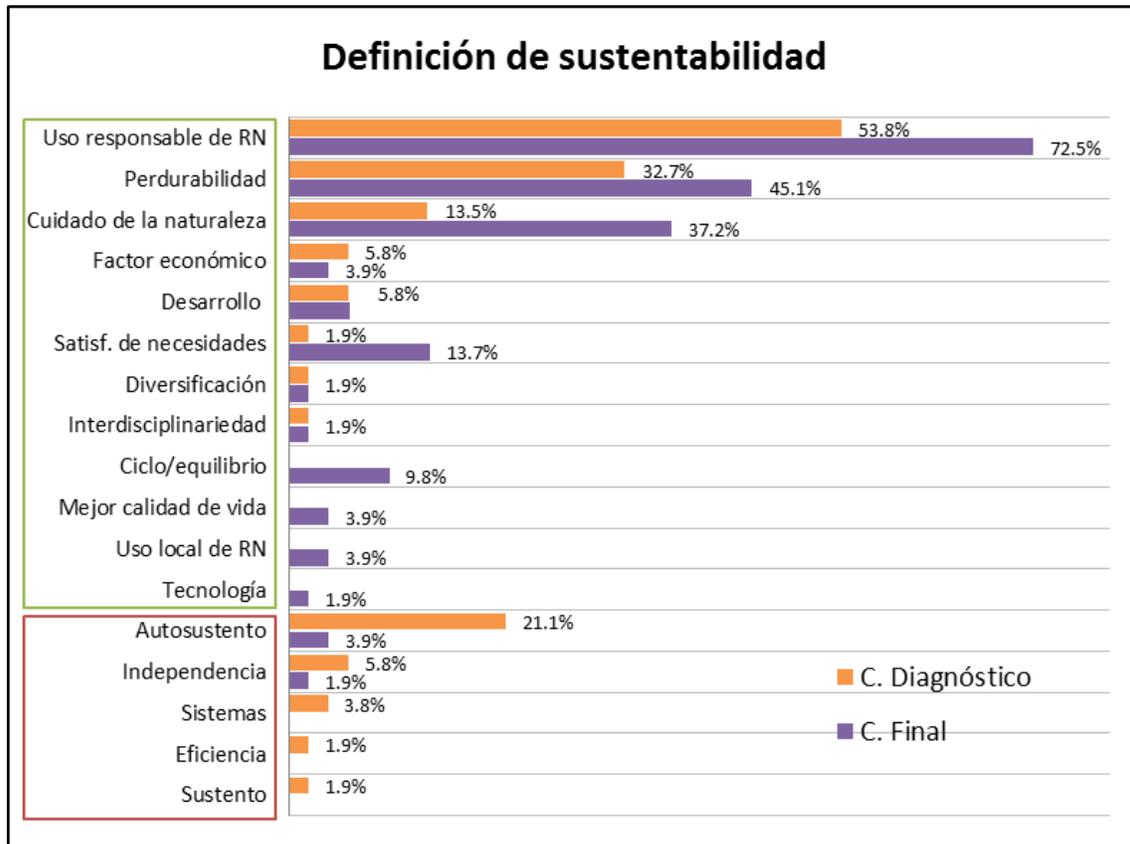
Las raíces, como ya se había mencionado, aparecieron en todos los dibujos, excepto uno; incluso, algunos indicaron explícitamente que las plantas absorben sus nutrientes a través de ellas. Esto, como ya se discutió antes, posiblemente se debe a la forma en que se planteó la pregunta. Los minerales es otro rubro que también varió mucho, pues aumentaron los estudiantes que no los dibujan, lo cual no se esperaba, pero también aumentaron los que incluso dan ejemplos de estos minerales (como elementos y como iones). Al parecer, la actividad práctica influyó positivamente en este aprendizaje, aunque algunos la olvidaron en el momento de hacer el dibujo. Por último, los rubros del agua y de los nutrientes no tuvieron cambios muy significativos entre un dibujo y el otro. Lo que más llama la atención aquí es que el estudiante que obtuvo 2 puntos en el rubro del agua en el dibujo 1, también obtuvo 2 puntos en el mismo rubro en el dibujo 2, al menos, mostró consistencia. Pero el alumno que obtuvo dos puntos en el rubro de los nutrientes en el dibujo 1, no es el mismo que obtuvo 2 puntos en el mismo rubro del dibujo 2. Es decir, un alumno disminuyó su puntaje y otro diferente lo aumentó.

Varios párrafos más arriba se sugirió que una de las razones por las que el puntaje máximo del dibujo 2 fue muy bajo, es que la rúbrica puede estar exigiendo más de lo que la secuencia ofrece, sin embargo, al observar que hubo más estudiantes que alcanzaron 2 puntos en el dibujo 2 que en el dibujo 1, y en casi todos los rubros evaluados, hace pensar que la rúbrica sí es adecuada para lo que se pretende evaluar, entonces la razón más probable de los bajos puntajes es que durante el desarrollo de la secuencia faltó enfatizar más sobre estos conceptos y promover su integración en los pupilos. Así pues, para mejorar este puntaje, lo que se sugiere es que al finalizar la actividad práctica, se pida a los estudiantes hacer un mapa conceptual que les ayudará a relacionar mejor los conceptos químicos con la nutrición de las plantas y que después puede complementarse con la producción de fertilizantes.

2. Escribe tu propia definición de SUSTENTABILIDAD.

Tanto en el cuestionario diagnóstico, como en el cuestionario final se hizo esta misma pregunta, ya que es el elemento principal del objetivo de este trabajo de tesis. Por lo tanto, para analizarla se compararán las respuestas de ambos cuestionarios. Esta vez el número de estudiantes que contestaron ambos cuestionarios es prácticamente el mismo (cuestionario diagnóstico: 52, cuestionario final: 51), por lo tanto se mantuvieron las respuestas de todos para este análisis, aunque las frecuencias se transformaron en porcentajes para una mejor comparación. En la gráfica 3.14 se han organizado las respuestas de los alumnos en dos tipos de categorías: aquellas que se relacionan con la definición de sustentabilidad en la que se basó esta secuencia

didáctica (componentes sustentables dentro del recuadro verde); y aquellas que no corresponden a dicha definición (componentes NO sustentables dentro del recuadro rojo).



Gráfica 3.14. Comparación entre porcentajes de estudiantes que mencionaron cada componente en sus definiciones de sustentabilidad. (RN = recursos naturales).

En esta gráfica salta inmediatamente a la vista que en el cuestionario diagnóstico, los estudiantes incluyeron en sus definiciones, una menor variedad de componentes sustentables que en el cuestionario final. Y que lo contrario ocurrió con los componentes NO sustentables. Hecho que nos indica una notable mejoría en su definición de Sustentabilidad.

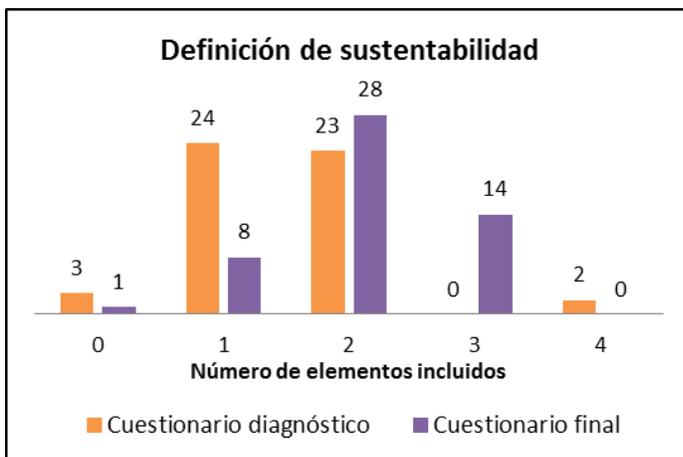
En ambos cuestionarios, los estudiantes relacionan la Sustentabilidad principalmente con el uso responsable de recursos, con la perdurabilidad (es decir, toman en cuenta a las generaciones del futuro) y con el cuidado del ambiente. La tendencia no cambió, pero sí la cantidad de estudiantes; de hecho, la mayoría de los componentes sustentables aumentaron su porcentaje en el cuestionario final, e incluso, aparecieron nuevos. El factor económico es el único componente sustentable que disminuyó su porcentaje. Lo cual está bien pues la secuencia buscó reforzar más los aspectos científico y político, que en el cuestionario diagnóstico poco fueron mencionados por los alumnos. Sin embargo, es de tomar en cuenta, para buscar la forma en que los estudiantes integren mejor el aspecto económico en su comprensión de la Sustentabilidad.

La diversificación y la interdisciplinarianidad son dos componentes importantes para comprender y adoptar la Sustentabilidad, no obstante, éstos mantuvieron sus porcentajes, que de por sí son bajos. Ambos conceptos sí se incluyeron en la secuencia, pero por lo visto, es necesario hacerlos mucho más evidentes para los estudiantes, para que puedan integrarlos también en su definición y su comprensión del desarrollo sustentable.

También merece la pena mencionar que en el cuestionario final, algunos estudiantes (9.8%) consideraron que la sustentabilidad también implica mantener el equilibrio, o que la actividad humana debe formar parte del ciclo natural de la vida, como puede verse en los siguientes ejemplos:

- “Utilizar los recursos, tomando las medidas necesarias para volver a utilizar dichos recursos”
- “Es un avance en el cual el ser humano mantiene un equilibrio en su crecimiento y en la naturaleza”
- “Es un método o desarrollo amigable con el planeta, el cual forma un ciclo por el cual se puede mantener algo de manera saludable sin dañar al ecosistema”

En el caso de los componentes NO sustentables, en el cuestionario diagnóstico, un buen porcentaje de estudiantes (21%) relacionó la sustentabilidad con el autosustento, es decir, con mantenerse a sí mismo. En cambio, en el cuestionario final, este componente disminuyó notablemente. Las demás categorías de este tipo, también disminuyeron, e incluso tres de ellas ya no figuraron en las respuestas finales. De estos resultados se puede decir que las actividades de la secuencia didáctica sí lograron un cambio en la definición de Sustentabilidad de los estudiantes, pero habría que ver si también pudieron complementarlas con más componentes. Para evaluar esto, a continuación se presentan la gráfica 3.15, en las que se compara la cantidad de elementos que cada alumno incluyó en su definición.



Gráfica 3.15. Comparación entre el número de estudiantes que incluyeron: 0, 1, 2, 3 y 4 componentes (sustentables y no sustentables) dentro de su definición, en ambos cuestionarios.

Tanto en el cuestionario diagnóstico, como en el cuestionario final, aparecen algunos alumnos con 0 componentes incluidos, esto se debe a que su definición es tan confusa o contradictoria, que no fue posible determinar a qué se refieren. En el cuestionario diagnóstico, evidentemente predominan los estudiantes que sólo incluyeron 1 elemento, ya sea sustentable o no, dentro de su definición; les siguen de cerca los que integraron 2. En cambio, en el cuestionario final vemos que los primeros disminuyen y los segundos aumentan, también aparecen 14 estudiantes que mencionaron hasta 3 elementos en sus respuestas. Esto nos indica que una buena parte de los alumnos sí complementaron sus definiciones previas con ayuda de la secuencia didáctica, aunque sería pertinente incluir una nueva pregunta en el cuestionario final, que los conduzca a externar aquellos elementos que pudieron quedar implícitos dentro de su definición, si es que los hay; por ejemplo ¿qué aspectos es necesario considerar para implementar medidas sustentables en la sociedad? También podría ayudar a los estudiantes realizar un mapa mental de las relaciones entre la sustentabilidad y sus cinco pilares, durante la secuencia, para que hagan más evidentes estas relaciones.

Finalmente, el resultado general es alentador pues la secuencia didáctica logró que muchos alumnos mejoraran su definición y su comprensión respecto a la sustentabilidad. Sin embargo, aún es posible hacer ajustes y cambios para lograr que más estudiantes sean capaces de integrar más aspectos que la definen. De nuevo es evidente que tomar el tema como un eje transversal durante todo el curso de química, ayudaría a comprenderlo mejor y con mayor profundidad, así como a relacionarlo mejor con la química.

3. ¿De qué manera, la Química, puede aportar a la Sustentabilidad, a través de la producción de alimentos?

Esta pregunta se incluyó en el cuestionario final con el propósito de indagar si los estudiantes consideran que la química tiene algún impacto sobre la sustentabilidad y en qué forma piensan que lo hace. Para poder analizarla, se tomaron en cuenta los componentes sustentables que ellos mismos mencionaron en la pregunta anterior, éstos se identificaron dentro de las respuestas de esta tercera pregunta, y se hizo un conteo de alumnos que incluyeron cada componente. Los resultados se presentan en la tabla 3.13 en la siguiente página.

El hecho de que haya sido posible identificar los componentes sustentables de la pregunta anterior, en las respuestas de esta pregunta, nos indica que, efectivamente, los estudiantes están relacionando a la sustentabilidad con la química aplicada a la producción de alimentos. Evidentemente logran identificar las aportaciones que hace la Química a la Sustentabilidad, a través de la conservación del suelo y la producción de alimentos. Aunque, no todos los componentes fueron identificados. La diversificación, la interdisciplinariedad y el uso local de recursos naturales no aparecieron esta vez, sin embargo, en la pregunta anterior, estos

componentes fueron mencionados en tan baja proporción, que no es extraño que en esta pregunta no los relacionen con la química, a pesar de que la pregunta sí se presta para incluirlos. Pero la perdurabilidad sí es un componente muy común en la pregunta 2, que en esta ocasión no figuró, lo cual llama la atención pues, al parecer, los estudiantes no están tomando en cuenta el hecho de que el suelo debe cuidarse y conservarse no solo para las generaciones presentes, o que los alimentos deben ser suficientes y de buena calidad, también para las personas del futuro.

Tabla 3.13. Componentes sustentables identificados en las respuestas de la pregunta 3.

Componentes sustentables relacionados	Frecuencia (alumnos)
Desarrollo de tecnología	31
Satisfacción de necesidades	20
Cuidado del entorno natural	16
Uso responsable de RN	14
Mejor calidad de vida	4
Desarrollo	2
Impacto económico	2
Ciclo/equilibrio	2
Educación	2

En cuanto a los componentes que sí fueron mencionados, en general coinciden en que los más populares en la pregunta 2 también lo fueron en la pregunta 3; excepto la tecnología. Aunque esto es de esperar, pues en la categoría de tecnología se incluyó el desarrollo y la producción de fertilizantes que muchos alumnos mencionaron, ya que la pregunta de por sí, tiene este sesgo. Pero esta concordancia entre las tendencias nos sirve para respaldar las respuestas de la pregunta anterior, puesto que de manera indirecta, los estudiantes muestran coherencia en sus ideas.

Una vez que se revisó que los estudiantes consideran que la Química sí impacta sobre la sustentabilidad, el siguiente paso es analizar cómo lo hace, según ellos. Para esto, sus respuestas se clasificaron en las categorías y subcategorías que pueden observarse en la tabla siguiente:

Tabla 3.14. *Cómo aporta, la química, a la sustentabilidad, a través de la producción de alimentos.*

N = 51			
Categoría	Subcategoría	Frecuencia (menciones)	Frecuencia por categoría (menciones)
Productos químicos	Fertilizantes	15	29
	Fertilizantes orgánicos	2	
	Fertilizantes inocuos	9	
	Plaguicidas	3	
Diseño y desarrollo tecnológico	Cultivos de mejor calidad	7	21
	Nuevos productos alimenticios	5	
	Métodos y técnicas eficientes	5	
	Nuevos productos o métodos para generar recursos	2	
	Nueva tecnología no contaminante	1	
	Nuevos productos para mejorar el ambiente	1	
Cuidado del entorno natural	Cuidado del entorno natural	16	16
Análisis y conservación del suelo	Conservación del suelo	3	6
	Análisis de suelo	3	
Investigación	Estudios generales	2	2
Comunicación	Difusión	1	1

Para los estudiantes, la principal aportación de la Química es a través de la producción de fertilizantes, pero la forma en que los relacionan con la sustentabilidad es distinta. Algunos los relacionan con la satisfacción de necesidades que en este caso se trata del aumento en la producción de alimentos. Otros hacen la relación a través de la conservación del suelo, pues argumentan que los fertilizantes mantendrán a los suelos en buenas condiciones siempre que no se abuse de ellos. Otros los ligaron a través del cuidado del entorno natural pues dicen que gracias a la Química se pueden desarrollar fertilizantes inocuos, tanto para el ambiente como

para los humanos, o con la producción de fertilizantes a partir de desechos orgánicos, con lo que la actividad humana se mantendría dentro del ciclo natural de la vida.

También la innovación tiene un papel importante. Sugieren que la Química puede servir para diseñar y desarrollar nuevos productos y métodos para generar recursos, para mejorar el ambiente y en general mejorar la calidad de los cultivos, y en algunos casos sin producir contaminación. Un aspecto que atrae la atención es que algunos consideran que se podrían producir alimentos, al parecer totalmente sintéticos, y así no depender de los campos agrícolas. Esto suena a ciencia ficción, sin embargo, tal vez sí sea posible en un futuro no tan lejano. Pero lo importante aquí es que, claramente, algunos pupilos entienden que con la Química se puede ser bastante creativo en pos de la Sustentabilidad.

El cuidado del entorno natural también es muy importante para los estudiantes. Una buena cantidad hizo alusión a disminuir el daño que se hace al ambiente y a la naturaleza en general; algunos hablan de aumentar la diversidad de plantas, sobre todo aquellas que consumimos como alimentos, pero ninguno menciona las especies de animales, como el ganado que también consume productos del cultivo, o aquellos animales que se ven afectados por el uso de plaguicidas. Esto, probablemente se debe a la ignorancia. Por tanto, sería muy conveniente abordar también este aspecto en la secuencia.

Por otra parte, aunque sí se mencionó el análisis y la conservación del suelo, se esperaba que la frecuencia de menciones fuera superior ya que se abordó durante la secuencia, esto nos indica que es necesario hacer más énfasis en esta parte. También es necesario incluir alguna actividad en la que se tomen en cuenta los procesos de producción y el manejo de sustancias en los laboratorios, puesto que ninguno mencionó este aspecto.

4. ¿Qué tan necesario crees que sea adoptar medidas sustentables en la actualidad? ¿Por qué?

Esta última pregunta tiene como objetivo evaluar si los estudiantes valoran la importancia de la sustentabilidad. En la tabla 3.15 se muestran, categorizadas, las razones que expusieron y la frecuencia con la que se presentó cada categoría en las respuestas de forma grupal.

Sus respuestas nos indican que los estudiantes tienen conciencia sobre los problemas que están sucediendo en su entorno, y que es necesario tomar medidas para solucionarlos, o por lo menos disminuirlos. Poco más de la mitad, son conscientes de que los recursos naturales se utilizan sin medida ni control, cerca de un cuarto de los estudiantes, también sabe que el entorno natural está muy degradado. Hay algunos que conocen que es necesario evitar desastres naturales y mantener la biodiversidad, así como asegurar que la humanidad logre una buena calidad de vida en el futuro. Pero lo más llamativo es que hay algunos estudiantes que son conscientes de que

nuestro modo de vida actual genera problemas sociales, políticos y económicos, y algunos otros abogan por que esta conciencia se disperse en la población a través de la educación. Es muy importante saber que los estudiantes tienen conocimiento sobre estos problemas, porque éste es el primer paso para solucionarlos, ya que si para empezar, no se sabe que hay un problema, entonces, no se podrá arreglar.

Tabla 3.15 Relación entre el porcentaje de estudiantes y sus razones por las que es necesario adoptar medidas sustentables.

N = 51		
Categoría	Frecuencia (alumnos)	Porcentaje (%)
Usar con responsabilidad los recursos naturales	26	51
Cuidar el entorno natural	13	25.5
Mantener la calidad de vida en el futuro	8	15.7
Evitar desastres naturales	7	13.7
Preservar la biodiversidad	6	11.8
Evitar problemas sociales, económicos y políticos	5	9.8
Concientizar a la sociedad	3	5.9
Supervivencia	3	5.9
Mejorar la economía	2	3.9

Después de analizar los resultados del cuestionario final y compararlos con las respuestas previas de los estudiantes, podemos ver, de forma general, que sí hubo una mejora en la comprensión del concepto de sustentabilidad, por parte de los estudiantes. Aunque hace falta recalcar en algunos componentes. En el caso de su relación con la química, aunque saben que la química sí tiene impacto en el entorno, falta hacer más evidente la relación entre ambas tal vez debido a que la secuencia se enfocó en la parte química al principio, pero al final se enfocó más en la definición de sustentabilidad en sí, sin tomar en cuenta tanto la parte química. De igual modo, sería pertinente discutir con los estudiantes que la ciencia también tiene efectos negativos sobre la sociedad y el ambiente, pero que principalmente dependen de los valores y la consciencia de los científicos al tomar decisiones.

En este cuestionario, además, faltó preguntar de nuevo de manera directa, tal como se hizo en el cuestionario diagnóstico, con qué áreas relacionan la sustentabilidad, para poder comparar estos resultados con los del cuestionario previo y los de las actividades. Por lo tanto se sugiere incluirla de nuevo para la segunda versión.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Para dar respuesta a la pregunta de investigación ¿es posible lograr que los estudiantes definan y valoren la Sustentabilidad desde el enfoque de la Química? se diseñó una metodología de tipo cualitativa, observacional, introspectiva (Wilson y Stutchbury, 2009; McKernan, 2001). Además, es importante recordar que se trabajó con una muestra no probabilística de 52 estudiantes, por ello los resultados obtenidos no pueden generalizarse más allá del grupo de trabajo. Sin embargo, las conclusiones aquí presentadas pueden servir de base para futuras investigaciones en el campo de la Educación Química y su relación con la Sustentabilidad.

Dentro de la metodología se contempló el diseño de una serie de instrumentos que permitieron coleccionar los datos necesarios y pertinentes para hacer un análisis detallado de este trabajo. A partir de este análisis se detectaron varias limitaciones que afectaron el desarrollo de la secuencia, así como los resultados finales. Estas limitantes son el tiempo, la carga del programa de estudios, el sistema tradicionalista de la ENP, el tipo de aulas que van de acuerdo con el mismo sistema y la variación en la cantidad de estudiantes presentes en cada sesión. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones y tomando en cuenta los objetivos planteados en un principio, fue posible obtener varias conclusiones.

Tanto el cuestionario diagnóstico como las actividades de la secuencia y el cuestionario final requieren diversos cambios para enfocarlos mejor en el objetivo principal de este proyecto. El cuestionario diagnóstico podría indagar además de los huertos urbanos, sobre otras medidas sustentables relacionadas con el ambiente como reciclaje de desechos, fuentes de energía alternativas, medios de transporte alternativos, etcétera; y también incluir medidas sustentables de corte social como programas gubernamentales de protección del patrimonio cultural y de apoyo a la educación, etcétera. De este modo podremos conocer mejor qué tan informados están los estudiantes sobre distintas medidas que apoyan la sustentabilidad y que se han adoptado en su propio país.

Aun así, gracias al cuestionario diagnóstico fue posible saber que los alumnos en general tenían una idea vaga del concepto de Sustentabilidad y en algunos casos lo relacionaban con elementos no sustentables; es decir, pareciera que escucharon o leyeron la definición en algún lugar, pero no se apropiaron de ella por no comprenderla ni valorarla lo suficiente.

Para desarrollar la secuencia didáctica se utilizó el enfoque CTSA, y se comprobó que este enfoque se adapta muy bien a la enseñanza de la Sustentabilidad, ya que permitió a los estudiantes relacionar e integrar las diversas áreas. Sin embargo es notorio que los alumnos no están acostumbrados a relacionar varias disciplinas en sus cursos, por lo tanto, se requiere discutir con ellos y enfatizar en estas relaciones de manera muy clara y explícita.

Otra conclusión, derivada del análisis de la secuencia didáctica en conjunto con el cuestionario diagnóstico, es que la secuencia ayudó a los alumnos a complementar y mejorar su definición de sustentabilidad, pero el enfoque químico no se percibe con claridad al final. Por lo tanto, faltan actividades que ayuden a los estudiantes a relacionar y comprender mejor los conceptos químicos que se revisaron sobre todo en las primeras actividades, y que estos conceptos se manejen y relacionen durante toda la secuencia, para asegurarnos de mantener siempre el enfoque químico, ya que de acuerdo con los resultados, los estudiantes entienden que la química tiene impacto sobre la Sustentabilidad, pero no comprenden que de igual modo la sustentabilidad impacta sobre la química ni tampoco les queda claro cómo lo hace.

También se hizo evidente que incorporar la Sustentabilidad en un solo tema del programa de química restringe las oportunidades y el tiempo, y dificulta la profundización en el tema y en las relaciones entre ambos. Por lo tanto, lo más conveniente es que se aborde como un tema transversal abarcando todas las unidades de todos los programas de Química. Así sería más sencillo relacionar las diversas áreas y cambiar la visión que se tiene sobre esta disciplina.

Como parte de las perspectivas de este proyecto, durante el análisis de la secuencia didáctica y del cuestionario final, se comentaron los cambios que se sugieren para complementar y mejorar la secuencia, estos cambios se resumen en el cuadro de actividades que puede consultarse en el anexo D y que por cuestiones de tiempo no fue posible poner en práctica.

Además de la nueva versión de la secuencia didáctica, la sustentante planea seguir con el tema durante sus cursos regulares de química al reincorporarse en el CCH, integrándolo desde el principio del curso como eje transversal, y en todas las materias de química. Más adelante, si es posible, pretende diseñar y desarrollar cursos y actividades con otros profesores de química y de otras disciplinas.

REFERENCIAS

- Acevedo Díaz, J. A. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: Un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 198-219.
- Acevedo Díaz, J. A. (2001). ¿Qué puede aportar la Historia de la Tecnología a la Educación CTS? *Organización de los Estados Iberoamericanos. Sala de lectura CTS+I*. Recuperado de <http://www.oei.es/salactsi/acevedo3.htm>
- Acevedo Díaz, J. A. (1997). Educación Tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Organización de los Estados Iberoamericanos. Sala de lectura CTS+I*. Recuperado de <http://www.oei.es/salactsi/acevedo5.htm>
- Aikenhead, G. (2005a). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química* 16(2), 114-124.
- Aikenhead, G. (2005b). Research into STS science education. *Educación Química*, 16(3), 384-397.
- Álvarez, J.R. y Mendieta, G.M. (1998). Reflexiones acerca del enfoque de Desarrollo sustentable: ¿Un nuevo paradigma de intervención profesional para el trabajo Social? Facultad de Trabajo Social U.P.B. Medellín.
- Amador-Bedolla, C. (2013a). Durabilidad humana y la educación química. *Educación Química*, 24(2), 193-198.
- Amador-Bedolla, C. (2013b). Sustentabilidad y educación química. *Educación Química*, 24(2), 182-183.
- Arias, M.A. (2003). Desarrollo sustentable. Una propuesta ante la desilusión del progreso. Página web de la Academia Nacional de Educación Ambiental: <http://www.ambiental.ws/anea>
- Artes México (2007). La Civilización del Anáhuac. Recuperado de http://www.artesmexico.org/tu_historia/civilizacion_anahuac.asp
- Bauman, Z. (2005). Consumidores en la sociedad moderna líquida. En *Vida líquida*. Madrid: Paidós.
- Bello, S. (2007). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15(3), 210-217.
- Brophy, J. (2001) Introduction. En J. Brophy (Ed.), *Subject-specific instructional methods and activities*. En *Advances in research on teaching* (Volume 8). Oxford: Elsevier Science.

- Campanario, J. M. & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Investigación didáctica*, 17(2), 179-192.
- Capra, F. (1998). Sustainable living, ecological literacy, and the breath of life. *Canadian Journal of Environmental Education*, 12, 9-18.
- Cloud, J. (2014). The Essential Elements of Education for Sustainability (EfS). Editorial Introduction from the Guest Editor. *Journal of Sustainability Education*, 6.
- CMAD. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. "Nuestro Futuro Común". Recuperado de <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427>.
- Córica, J. L., Hernández Aguilar M. L., Portalupi, C. y Bruno, A. (2010). *Fundamentos del diseño de materiales para educación a distancia* (Capítulo 4, 91-147). Argentina: Mendoza: Editorial virtual.
- Correa Gutiérrez, S. (2005). Educación CTS en la Primaria en México y la Educación para el Desarrollo Sostenible. *Enseñanza de las Ciencias*, Núm. Extra.
- Cortina Campero, C. (2008). *Historia de México. Época prehistórica. Época prehispánica*. México: Panorama editorial.
- De la Hoz, A. y Díaz, A. (2008). Química sostenible. *Seguridad y medio ambiente*, 110(2), 32-44.
- DeBettencourt, K.B. (2000). Science, Technology, Society, and the Environment. Scientific Literacy for the Future. En D. Kumar y D. Chubin (Eds.), *Science, Technology, and Society. A Sourcebook on Research and Practice* (pp. 1-8). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Doménech, F. y Gómez, A. (2003). Las creencias psicopedagógicas de los futuros profesores de Secundaria y su relación con las demandas de examen y con la organización espacial de la clase. *Revista de Investigación Educativa*. 21(2), 489-505.
- Doria-Serrano, M. C. (2009). Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *Educación Química*, 20(4), 412-420.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias*, 4(1), 3-15.

- Educadores por la sostenibilidad (2012). ¿Sostenibilidad o sustentabilidad? La importancia de clarificar los conceptos. Recuperado de: <http://www.oei.es/historico/decada/boletin083.php>
- Fernandes, I.M., Pires, D.M. y Villamañan, R.M. (2014). Educación Científica con enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. Construcción de un Instrumento de Análisis de las Directrices Curriculares. *Formación Universitaria* 7(5), 23-32. Recuperado de doi: 10.4067/S0718-50062014000500004
- Filho, W.L. (2000). Dealing with misconceptions on the concept of sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 1(1), 9-19.
- Gadotti, M. (2000). Pedagogía de la Tierra y cultura de la Sustentabilidad. *Foro sobre nuestros retos globales*. San José, Costa Rica.
- García Franco, A. (2011). *Las plantas en mi comunidad. Proyecto didáctico para la educación secundaria*. Proyecto 'Compartiendo saberes' (FONCICYT 95255).
- García, J.J. y Cauích, J.F. (2008). ¿Para qué enseñar ciencias en la actualidad? Una propuesta que articula la tecnología, la sociedad y el medio ambiente. *Revista Educación y Pedagogía*, 20(50), 111-122.
- Garritz, A. (1998). La corriente educativa Ciencia-Tecnología-Sociedad. Una propuesta de estándares nacionales para la educación científica en el bachillerato. *Ciencia*, 49(1), 27-34.
- Garritz, A. (1994). Ciencia-Tecnología-Sociedad. A diez años de iniciada la corriente. *Educación Química*, 5(4), 217-223.
- Gibson, R.B. (2001). *Specification of sustainability-based environmental assessment decision criteria and implications for determining "significance" in environmental assessment*. University of British Columbia. Canadá.
- Gil, D. (1991) ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2006). Algunos obstáculos e incomprensiones en torno a la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 507-516. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92030311>
- Gomez-Moliné, M.R. y Reyes-Sánchez, L.B. (2004). Educación ambiental imprescindible en la formación de nuevas generaciones. *Terra Latinoamérica*, 22(4), 515-522.

- Grupo Argo (2003). 1. ¿Qué es CTS? En Módulo 1: Ciencia Tecnología y Sociedad [Archivo PDF]. Recuperado de http://www.depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Ciencia_Tecnologia_Sociedad_1209.pdf
- Guzmán, J. C., García Vigil, H. y Hernández, G. (1994). *Las Teorías de la Psicología Educativa. Análisis por dimensiones educativas*. México: Facultad de Psicología, UNAM.
- Hill, G., Holman, J., Lazonby, J., Raffan, J. y Waddington, D. (1989). *Chemistry. The Salters' Approach*. GB: Heinemann Educational Books.
- Hinton, K. (2012). *A practical guide to strategic planning in higher education*. Society for College and University Planning.
- Kumar, D. y Chubin, D. (2000). Introduction. En D. Kumar y D. Chubin (Eds.), *Science, Technology, and Society. A Sourcebook on Research and Practice* (pp. 1-8). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Kutílek, M. y Nielsen, D. R. (2015). *Soil: the skin of the planet Earth*. Países Bajos: Springer.
- Leff, E. (2004). *Racionalidad Ambiental: la reapropiación social de la naturaleza*. México: Siglo XXI.
- Leff, E. (2000). Ambiente y articulación de ciencias. En E. Leff, *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo* (2ª ed., pp. 27-87). México: Siglo XXI.
- Leff, E. (1998). *Saber Ambiental: Sustentabilidad, Racionalidad, Complejidad y Poder*. México: Siglo XXI.
- Lemonick, M.D. (2009). Top 10 Myths about Sustainability. *Scientific American*, 300(3).
- Lozano, R. y Watson, M.K. (2013). Chemistry Education for Sustainability: Assessing the chemistry curricula at Cardiff University. *Educación Química*, 24(2), 184-192.
- Marcuse, H. (1984). Las nuevas formas de control. En *El hombre unidimensional*. México: Joaquín Moritz.
- Martínez Saldaña, T. (1986). Historia de la agricultura en México. [Archivo PDF]. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/003106/03106-03-A.pdf>.
- McClanahan, L.G. (2014). Essential Elements of Sustainability Education. *Journal of Sustainability Education*, 6.
- McMichael, A.J. (2009). Human population health: sentinel criterion of environmental sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 101–106.

- Mebratu, D. (1998). Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review. *Environ Impact Asses Rev*, 18, 493–520.
- Medina, M. (2000) Ciencia, Tecnología y Sociedad en el siglo 21. Los retos de la tecnociencia y la cultura de CTS. [Archivo PDF]. Recuperado de http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/Los%20estudios%20CTS/Medina_CTS_sigloXXI.pdf
- Meheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Membiela, P. (2005). Reflexión desde la experiencia sobre la puesta en práctica de la orientación Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza científica. *Educación Química*, 16(3), 404-409.
- Memoria Chilena (2015). Mata ki te rangi (Los ojos que miran al cielo). Rapa Nui. [Archivo En línea]. Recuperado de <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-3524.html#presentacion>.
- Miller, T. (1994). *Ecología y Medio Ambiente*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Orr, D.W. (1991). “What is education for?” *Trumpeter*, 8(3), 99-102.
- Oviedo, G., Maffie, L. y Bille Larsen, P. (2002). Los pueblos indígenas y tradicionales del mundo y la conservación de las ecorregiones: un enfoque integrado para la conservación de la diversidad biológica y cultural del mundo. *WWF Internacional & Terralingua*. [Archivo PDF]. Recuperado de http://assets.panda.org/downloads/IP&ER_summ_sp.pdf
- Pezzoli, K. (1997). Sustainable Development: A Transdisciplinary Overview of the Literature. *Journal of Environmental Planning and Management*, 40(5), 549-574, DOI:10.1080/09640569711949
- Pierri, N. (2005). Historia del concepto de desarrollo sustentable. Cap. 2. En *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. Foladori, G. y Pierri, N. coord. México: Universidad Autónoma de Zacatecas-Miguel Ángel Porrúa.
- Ramírez, J. M. (2007). Historia de Rapa Nui. En UNESCO, *Rapa Nui. Pasado, presente, futuro*. (pp. 11-31). Chile: Salviat Impresores.
- Ramírez Treviño, A., Sánchez Nuñez, J.M. y García Camacho, A. (2004). El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. *Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle*, 6(21), 51-59.
- Reyes-Sánchez, L.B. (2006a). Enseñanza de la ciencia del suelo en el contexto del desarrollo sustentable. *Terra Latinoamericana*, 24(3), 431-439.

- Reyes-Sánchez, L.B. (2006b). Canicas, lombrices, arcillas y cuentos en la construcción de un nuevo paradigma en la enseñanza de la Ciencia del Suelo. *Terra Latinoamérica*, 24(4), 565-574.
- Rico Galicia, A., Pérez Orta, R. E. (2009). *Química. Segundo Curso para Estudiantes del Bachillerato del CCH*. México: UNAM.
- Robinson, J. (2004). Squaring the circle? Some thoughts on the idea of sustainable development. *Ecological Economics*, 48, 369-384.
- Rojas Rabiela, T. (1990). *La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hastanuestros días*. México, D.F. CONACULTA Grijalbo. ISBN 970-05-027 1-6.
- Roy, R. (2000) Real Science Education: Replacing “PBC” with S(cience) through STS throughout All Levels of K-12. “Materials” as One Approach. Cap. 1. En Kumar y D. Chubin (Eds.), *Science, Technology, and Society. A Sourcebook on Research and Practice* (pp. 9-19). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Rueda Alvarado, C. (2005). La dimensión ciencia-tecnología sociedad en la educación de México: antecedentes, estado actual y perspectivas. *Educación Química*, 16(3), 442-449.
- Sábato, E. (2000). *La Resistencia*. México: Seix Barral.
- Sánchez Blanco, G. y Valcárcel Pérez, M. V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Investigación y experiencias didácticas*. 11(1), 33-44.
- Sandell, K., Öhman, J. y Östman, L. (2003). *Education for Sustainable Development. Nature School and Democracy*. Studentlitteratur, Suecia.
- Sipos, B., Battisti, B. y Grimm, K. (2008). Achieving transformative sustainability learning: engaging head, hands and heart. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(1), 68-86.
- Solano, M., Ramírez, N., Quesada, D., Chavarría, A. (2013). *Agotamiento de suelos y aumento de desertificación en el mundo*. Recuperado de <http://agotamientodesuelos.blogspot.mx/>
- Soussan, G. (2003). *Enseñar las ciencias experimentales. Didáctica y formación*. Chile: Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. UNESCO.
- Sposito, G. (2008). *Chemistry of Soils* (2). Cary, GB: Oxford University Press, USA. Recuperado de <http://www.ebrary.com>

- Taber, K. (2000). Challenging Chemical Misconceptions in the Classroom? *British Educational Research Association Annual Conference*. Cardiff University. Recuperado de <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/00001525.htm>
- Tainter, J. A. (1988). *The Collapse of Complex Societies*. GB: Cambridge University Press.
- Toledo, V.M. (2015). ¿De qué hablamos cuando hablamos de sustentabilidad? Una propuesta ecológica política. *Interdisciplina*, 3(7), 35-55.
- Tommasino, H., Foladori, G. y Taks, J. (2005). La crisis ambiental contemporánea. Cap. 1. En G. Foladori y N. Pierri (Eds.), *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable* (pp. 9-26). México: Universidad Autónoma de Zacatecas-Miguel Ángel Porrúa.
- UNESCO (2006). Plan de aplicación internacional. *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. [Archivo PDF]. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001486/148654so.pdf>
- UNESCO (2016). Educación para el desarrollo sostenible. *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. [Archivo en línea]. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/>
- Valencia Islas, C. E. (2008). Química de suelos. [Archivo PDF]. Recuperado de <http://www.agricolaunam.org.mx/edafologia/PAPIME%20APUNTES%20QUIMICA%20DE%20SUELOS/Quimica%2008.pdf>
- Van Roon, A., Govers, H.A.J., Parsons, J.R. y van Weenen, H. (2001). Sustainable chemistry: an analysis of the concept and its integration in education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2(2), 161-180.
- Vilches, A. y Furió, C. (1999). Ciencia, Tecnología y Sociedad: Implicaciones en la educación científica para el siglo XXI. *La Habana: Academia*.
- Vilches, A. y Gil Pérez, D. (2013). Ciencia de la sostenibilidad: Un nuevo campo de conocimientos al que la química y la educación química están contribuyendo. *Educación química*, 24:2, 199-206.
- Vilches, A. y Gil Pérez, D. (2011). Papel de la Química y su enseñanza en la construcción de un futuro sostenible. *Educación Química*, 22(2), 103-116.
- Vilches, A., Gil Pérez, D., Toscano, J.C. y Macías, O. (2014). Ciencia y Tecnología para la Sostenibilidad. [Archivo en línea] Recuperado de <http://www.oei.es/decada/accion.php?accion=5>

- Vogel, A. (1959). *Química analítica cualitativa; incluyendo semimicroanálisis cualitativo*. Argentina: Kapelusz.
- Walshe, N. (2008). Understanding students' conceptions of sustainability. *Environmental Education Research*, 14(5), 513-138. Recuperado de doi: 10.1080/13504620802345958
- Wandersee, J. H., Mintzes, J.J. y Novak J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. Cap. 5. En D.L. Gabel (Ed.), *A Project of the National Science Teachers Association*. New York: McMillan Publishing Company.

ANEXOS

ANEXO A. CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO.

NOMBRE: _____ GRUPO: _____

Lee con atención el siguiente artículo de periódico.

LO VERDE ECHA RAÍCES EN LA CIUDAD

Por: Sandra López Letón
www.elpais.com

21 de noviembre de 2014

Algo tan simple como un huerto se ha convertido en un movimiento urbano imparable. El Urban Farming ha llegado a las ciudades para quedarse. Los hay en Londres, Nueva York o París. En Copenhague ya son obligatorias las azoteas verdes. La primera fue Toronto, Canadá, donde hay 1,2 millones de metros cuadrados de este color.

En España son, al menos, 216 las ciudades que cuentan con huertos urbanos, una cifra que se ha multiplicado por 15 desde 2006. Son huertos de ocio, familiares o sociales, escolares, para personas jubiladas, comunitarios, etcétera.

Crecen en las fachadas y en las cubiertas de los edificios, tanto en hoteles, como en museos y viviendas. Miles de azoteas lucen lechugas, jitomates o calabazas. También crecen los rincones hortofrutícolas de andar por la casa. La escasez de metros ya no es un problema ni tampoco una excusa. Cada vez son más frecuentes los mini-huertos en terrazas y patio.

La tradición de huertos urbanos no es nada nuevo. “Sus orígenes se remontan a la Segunda Guerra Mundial, aunque el antecedente del fenómeno actual podría encontrarse en la Green Guerrilla de las ciudades norteamericanas, donde vecinos

organizados deciden reverdecer solares abandonados para convertirlos en recursos vecinales, ecológicos y educativos. Aquellas oleadas llegaron a Europa y a España, donde la horticultura urbana en realidad, nunca llegó a desaparecer, aunque sí a marginalizarse, explica Pablo Llobera, educador medioambiental y portavoz de la Red de Huertos Urbanos Comunitarios de Madrid.

Sus ideas se centran en desarrollar valores comunitarios: arraigo con el barrio, espacio de encuentro y trabajo intercultural y multigeneracional, educación ambiental, etcétera. El cultivo que se recoge se suele comer en el propio huerto o se reparte entre los vecinos interesados. Cada uno establece los criterios de reparto.

Porque los jitomates no saben a jitomates. Por eso y por la búsqueda de una alimentación sana, están proliferando otra tipología de huertos: los comerciales. Se trata de alquilar pequeñas parcelas donde cada particular o familia cultiva sus propias verduras y frutas. Al tiempo, los propietarios de esos terrenos que no tenían uso encuentran en ellos una salida profesional.

Ahora contesta el siguiente cuestionario.

- 1) ¿Qué efectos crees que tengan los huertos urbanos desarrollados en otros países sobre nuestro país y sus habitantes?

- 2) ¿Hay huertos urbanos en la ciudad de México? Sí No
- a) Si tu respuesta es afirmativa, ¿cuáles son los efectos de estos huertos sobre la ciudad?
- b) Si tu respuesta es negativa, ¿por qué crees que no se han desarrollado este tipo de huertos en la ciudad?
- 3) ¿Qué ventajas y desventajas podrían tener los huertos urbanos para las generaciones del futuro?
- 4) Piensa en algunas ventajas y desventajas tanto de los huertos urbanos como de la agricultura tradicional y anótalas.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
HUERTOS URBANOS		
AGRICULTURA TRADICIONAL		

- 5) En tu opinión, ¿existe alguna relación entre el desarrollo de huertos urbanos y...

la sociedad? Sí No ¿Cuál?	el medio ambiente? Sí No ¿Cuál?	la economía? Sí No ¿Cuál?
la ciencia? Sí No ¿Cuál?	la política? Sí No ¿Cuál?	la sustentabilidad? Sí No ¿Cuál?

- 6) Escribe brevemente lo que entiendes por sustentabilidad.
- 7) ¿Qué áreas o disciplinas crees que podrían relacionarse con la sustentabilidad?
- Ecología Economía Política
- Sociedad Educación Salud pública
- Ciencia y tecnología Otro(s): _____
- 8) De la siguiente lista señala los elementos que piensas que tienen relación con la sustentabilidad:

- Agua Ética Corrupción Contaminación Comercio
- Cultura Democracia Capitalismo Economía solidaria Recursos naturales
- Educación Tecnología Legislación Privatización Pobreza
- Alimentos transgénicos Desertificación Responsabilidad social Salud Redistribución de dinero

ANEXO B. GUÍA DE ACTIVIDADES PARA EL ALUMNO.

1. LA AGRICULTURA Y LAS PRIMERAS CULTURAS DEL VALLE DE MÉXICO

A.1.1 Lectura 1.

Nombre: _____ Equipo: _____ Grupo: _____

Durante el pleistoceno, como consecuencia de los glaciares que cubrían gran parte de la superficie terrestre, llegaron los primeros pueblos a Mesoamérica. Estos pueblos eran originalmente nómadas que venían del norte de América y vivían de la caza de grandes mamíferos, la recolección de plantas silvestres y la pesca. Cuando los glaciares se fundieron al final del pleistoceno (9000 a.C.), el nivel del mar subió, la vegetación cambió y los grandes mamíferos se extinguieron. Los pueblos nómadas tuvieron que aprender a plantar muchas especies como maíz, frijol, calabaza, etc. Así, entre el 5000 y el 3000 a.C. la agricultura reemplazó a la recolección y los pueblos nómadas se volvieron sedentarios.

En el Valle de México, los primeros pueblos en desarrollar la agricultura llegaron del norte alrededor del año 1000 a.C. Fueron siete tribus nahuatlacas que se asentaron en distintos lugares del Valle en el que ya habitaban los chichimecas que eran nómadas. No todos llegaron al mismo tiempo, los primeros fueron los xochimilcas que fundaron la ciudad de Xochimilco. Los segundos fueron los chalcas que llamaron a su provincia Chalco. Los siguientes serían los tepanecas que se asentaron en Azcapotzalco. Después llegaron los culhuas que darían origen a la provincia de Texcoco. Los quintos fueron los tlahuicas que se fueron un poco más al sur para establecerse en Cuernavaca. Los tlaxcaltecas fueron los sextos y tuvieron que dirigirse hacia lo que hoy conocemos como Tlaxcala para fundar su provincia. Ellos encontraron tierras muy fértiles donde pudieron cultivar y domesticar diversas especies de plantas que utilizaron como alimentos, como remedios y algunos como materia prima para fabricar diversos productos de uso cotidiano. Los últimos en llegar fueron los mexicas que fundaron la gran ciudad de Tenochtitlán, cuando arribaron ya no había tierras disponibles, por lo tanto se asentaron en medio del lago pero, para lograrlo tuvieron que desarrollar un sistema de chinampas para fincar sus casas y cultivar sus alimentos.

Tanto los xochimilcas como los mexicas que utilizaron las chinampas para cultivar sus alimentos, pudieron desarrollar una gran variedad de hortalizas y plantas medicinales, incluso, después de la llegada de los españoles, se añadieron buena cantidad de vegetales como coles, espinacas, rábanos, cebollas, nabo, betabel, etc. De hecho, hoy en día, Xochimilco sigue aportando una buena cantidad de alimento a los habitantes de la ciudad de México, es decir, el sistema de chinampas aportó a nuestros antepasados prehispánicos un suelo tan fértil y productivo que actualmente sigue funcionando. Este tipo de agricultura es única en su tipo, y no siempre sucede lo mismo con otros suelos en zonas rurales, no todos son igualmente productivos y por lo tanto no todas las plantas crecen igual en todos los tipos de suelo. Pero, **¿por qué sucede esto? ¿Qué hay en el suelo que afecta el crecimiento de las plantas?** Haz un dibujo donde representes cómo crees que el suelo afecta el crecimiento de las plantas.

2. ¿QUÉ HAY EN EL SUELO QUE AFECTA EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS?

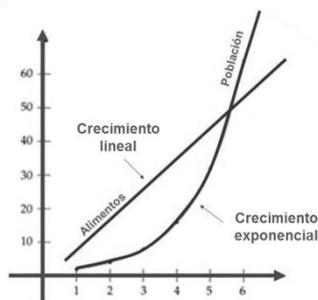
A.2.1 Cuadro comparativo de las diferencias a nivel macroscópico.

Equipo: _____

		Suelo 1		Suelo 2		Suelo 3		Suelo 4	
Característica observada		1ª semana	2ª semana						
Tierra	Color								
	Textura								
	Humedad								
Planta	Color de las hojas								
	Número de hojas								
	Otras características observables								
	Resistencia (murió o sobrevivió)								

A.2.2 Lectura 2. Aumento poblacional y producción de alimentos.

En las sociedades primitivas, las personas obtienen sus nutrientes de los recursos renovables, además de fabricar ropa y otros utensilios para su vida cotidiana. Aquellas partes de las plantas que no se usan, así como los desechos humanos y de otros animales son regresados al suelo. Éstos son degradados por las bacterias para liberar los nutrientes que las nuevas plantas utilizarán para crecer. Si se practica apropiadamente, esta agricultura primitiva podría continuar por siglos sin dañar seriamente al suelo. El problema es que la producción de plantas a este nivel no puede mantener a la enorme cantidad de personas que habitamos actualmente en el mundo.



En 1830, Thomas Robert Malthus, un clérigo inglés, declaró que la población incrementaba mucho más rápido que el suministro de alimento. La población de la Tierra ha crecido enormemente desde los tiempos de Malthus, alcanzando poco más de 7 mil millones de personas en este año (2015). Esta declaración se basa en matemáticas simples. Según Malthus, la población crece de manera exponencial, mientras que la producción de alimentos crece de forma lineal. Observa que el crecimiento lineal es lento y regular, en cambio el crecimiento exponencial comienza lento y luego se dispara hacia arriba.

Hoy en día es posible observar este descontrolado crecimiento de la población en la enorme Ciudad de México, fundada por cinco de las siete tribus nahuatlacas que venían del norte del país. De este modo, Xochimilco, Chalco, Texcoco, Azcapotzalco y Tenochtitlán quedaron inmersos dentro de una sola gran urbe. Actualmente sólo Xochimilco continúa produciendo algunos alimentos, sin embargo, no es suficiente para alimentar a toda la población que conforma a la ciudad.

Como la demanda de alimentos ha aumentado y al mismo tiempo, las tierras disponibles para el cultivo, cercanas a la ciudad, se han agotado por la urbanización, ha sido necesario buscar tierras más lejanas para la agricultura, pero, para ello, muchas veces es necesario talar bosques y selvas o secar lagos enteros como sucedió en Tenochtitlán. Por otro lado, la población no sólo aumenta en la ciudad sino en todos los poblados del país, por lo tanto, también aumenta la explotación de los suelos dedicados a esto. El problema es que con este acelerado ritmo, el suelo no es capaz de mantenerse saludable, es decir, se va degradando, ya sea porque pierde nutrientes o porque se acumulan demasiados minerales solubles en agua (potasio, magnesio, calcio, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonato y sodio), provocando lo que se conoce como salinización. Y si el suelo se degrada, ya no es útil para cultivar alimento, y la zona corre mayor riesgo de volverse árida.

Como puedes ver, además de la erosión natural de los suelos, la actividad humana también genera consecuencias graves para los suelos cultivables ya que por un lado, degrada tierras fértiles con su sobreexplotación y por otra parte, cuando extiende las ciudades ocupa tierras útiles para la agricultura y, con el pavimento y las construcciones, evita que el suelo absorba el agua de lluvia y se reponga el agua de los mantos acuíferos subterráneos.

A.2.3 Cuestionario 1.

Nombre: _____

Imagina un mundo en el que las ciudades se extienden indefinidamente, las tierras fértiles son sobreexplotadas hasta degradarse, y se derriban sin control bosques y selvas enteros para utilizar las tierras para cultivo. ¿Qué problemas crees que enfrenten los habitantes de ese mundo?

Por fortuna, la actividad humana también incluye al desarrollo de la ciencia y la tecnología, y a través de éstas, el humano se ha ocupado también de cuidar el suelo. ¿Qué se ha hecho en la Química para cuidar y mejorar el suelo? Investiga un poco en la literatura o en internet.

3. ¿CÓMO SE RELACIONA LA QUÍMICA CON LA FERTILIDAD DEL SUELO?

En la actualidad, los químicos dedicados al estudio del suelo, saben que en éste hay varias sales. Muchas son insolubles, pero otras se disocian con el agua que capta el suelo. Estos químicos han desarrollado algunos métodos para identificar estas sales en forma de iones. Utilizaremos algunos de ellos para determinar los iones presentes o ausentes en sus muestras de suelo problema. También es muy frecuente que determinen el pH del suelo con varias técnicas. Nosotros usaremos una muy sencilla.

A.3.1 Actividad práctica. Determinación de pH e identificación de iones.

I. Preparación de la muestra:

1. Antes de iniciar, preparen su dispositivo de filtración rápida.
2. Con la ayuda de una jeringa, tomen el sobrenadante de su mezcla de tierra con agua.
3. Filtren el sobrenadante, este filtrado es el que usarán de aquí en adelante.

II. Determinación del pH del suelo:

a) Determinación del pH del suelo

1. Mide el pH del filtrado con una tira de papel pH. Para saber el valor, debes compararla con la escala de la guía.
2. Mide el pH directamente de la tierra de tu planta con el potenciómetro que te facilitará la profesora.

b) Preparación de los tubos testigo

1. Toma 5 tubos y etiquétalos de la siguiente manera

Cloruros T **Sulfatos T** **Nitratos T** **Hierro T** **Magnesio T**

La T es de testigo, porque serán los tubos e donde tendrás una reacción positiva para comparar tu muestra.

2. Agrega 3 ml de agua destilada a cada uno.
3. En cada tubo agrega y disuelve bien pocos cristales de la sustancia que corresponda según la tabla:

Cloruros T	Sulfatos T	Nitratos T	Hierro T	Magnesio T
Cloruro de potasio KCl	Sulfato de potasio K_2SO_4	Nitrato de amonio NH_4NO_3	Sulfato de hierro III $Fe_2(SO_4)_3$	Cloruro de magnesio $MgCl_2$

c) Preparación de los tubos con muestra

1. Toma los otros 5 tubos y etiquétalos de la siguiente manera:

Cloruros M **Sulfatos M** **Nitratos M** **Hierro M** **Magnesio M**

La M es de Muestra, así podrás diferenciar tu muestra del testigo.

2. Agrega 3 ml de filtrado a cada tubo.

d) Reacciones de identificación de iones

1. Ordena tus tubos por parejas (Cloruros T con Cloruros M, Sulfatos T con Sulfatos M, etc.).
2. Agrega a cada para de tubos las sustancias correspondientes de acuerdo con la siguiente tabla:

Cloruros	Sulfatos	Nitratos	Hierro	Magnesio
3 gotas de Nitrato de plata AgNO ₃	3 gotas de Cloruro de bario BaCl ₂	1) 5 gotas Ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ 3M 2) 3 ml de Sulfato ferroso FeSO ₄ 3) 1 ml de H ₂ SO ₄ concentrado por las paredes	3-4 gotas de Tiocianato de potasio KSCN	5 ml de hidróxido de sodio NaOH

3. Agita los tubos, excepto los de nitratos; observa y compara entre los testigos y las muestras. Si obtienes el mismo resultado, quiere decir que en tu muestra están presentes esos iones.

A.3.2 Resultados, cuestionario 2 y conclusiones de la actividad práctica.

Resultados de tu equipo:

Equipo: _____

	pH	Cloruros Cl ⁻	Sulfatos SO ₄ ²⁻	Nitratos NO ₃ ⁻	Hierro Fe ³⁺	Magnesio Mg ²⁺
Observaciones						

Comparación con otros equipos:

No. de equipo	iones presentes	iones ausentes	pH del suelo	Observaciones macroscópicas

Los iones que identificaron son algunos de los minerales presentes en el suelo que las plantas utilizan para crecer. Ahora contesten de acuerdo con lo que observaron en el laboratorio e investigaron previamente.

¿Qué nutrientes utilizan las plantas para crecer?

¿Qué efectos observaron en las plantas que tenían un suelo con pH muy ácido o muy básico?

¿Qué observaron en las plantas que tenían un suelo pobre en nutrientes? El suelo pobre en nutrientes es el más arcilloso.

¿Qué sucede con los minerales presentes en el suelo si el pH es muy básico o muy ácido?

¿Qué importancia tiene el pH para la absorción de los nutrientes?

4. ¿CÓMO CONTRIBUYE LA QUÍMICA EN LA ALIMENTACIÓN MUNDIAL?

A.4.1 Cuestionario 3. Fertilizantes

Equipo: _____

Grupo: _____

Para contestar el siguiente cuestionario deberán observar el video: “Maravillas Modernas. Los Fertilizantes”, cuya dirección es: <https://www.youtube.com/watch?v=YbcLNURExl>.

¿Qué ventajas tiene saber qué nutrientes específicos necesitan las plantas?

	Fertilizante sintéticos	Fertilizantes orgánicos
¿Qué tipo de nutriente aporta cada tipo de fertilizante?		
¿De dónde provienen sus materias primas?		
¿Sus fuentes son limitadas o ilimitadas? ¿Cuál de los dos podría formar parte de un ciclo?		
¿Qué proceso de producción es más complejo? Escribe porqué en el recuadro del que hayas elegido.		
¿Podrías participar en la producción de alguno de ellos? Si crees que es posible, en el recuadro del que escogiste escribe cómo lo harías.		

¿Creen que sea benéfico utilizar ambos tipo de fertilizantes en un mismo cultivo? ¿Por qué?

Cada integrante del equipo deberá hacer un dibujo donde represente cómo el suelo afecta el crecimiento de las plantas.

A.4.3 Diversos métodos y técnicas de cultivo.

Chinampas: Es un método de cultivo usado en México desde tiempos pre-coloniales, en el que se cultivan varios productos sobre camellones elevados en los pantanos de los lagos (Xochimilco, Texcoco y Chalco). Los canales que rodean los camellones son usados para la acuicultura y para alejar a las plagas y al ganado. Además el agua circundante eleva la temperatura lo suficiente como para mitigar las heladas. Aquí se cultivan maíz, ejote, calabaza, chile, frutas y hierbas comestibles. Este sistema agrícola provee altos rendimientos de productos terrestres y acuáticos y puede, por tanto, soportar altas densidades de población.

Terrazas de cultivo: Son escalones muy anchos, contruidos por el hombre usando la misma tierra del lugar. Toda la pendiente del cerro, queda transformada en escalones horizontales, con un pequeño borde. Así el agua no escurre, sino que penetra en el suelo. Las terrazas son hechas con el objeto de que suelos inclinados puedan usarse con cultivos agrícolas o plantaciones forestales, sin que la tierra sea arrastrada por el agua. Son como maceteros que han permitido mantener la cultura desde hace unos 9000 años porque se crean microclimas que permiten el desarrollo de varios cultivos. Pero, para que este sistema sea efectivo debe usarse en combinación con otras prácticas.

Roza, tumba y quema: Este es un sistema en el que bosques tropicales o matorrales son derribados, se dejan secar y se queman, que se practica desde tiempos inmemoriales. Se le conoce como la “milpa que camina” porque constantemente se le rotaba, dejando descansar las parcelas, porque los cultivos de la primera cosecha eran abundantes, pero el suelo se agotaba. El terreno se dejaba descansar para su recuperación por 40 o 50 años, pero en las últimas décadas, el tiempo se ha reducido a sólo 4 o 5 años, lo que daña irreversiblemente al suelo; además, la quema genera incendios forestales y destruye miles de hectáreas de vegetación, expidiendo a la atmósfera miles de toneladas de bióxido de carbono que contamina el planeta.

Huertos domésticos o urbanos: Son espacios que pueden estar cubiertos o no, ubicados dentro del territorio urbano, pero destinados al cultivo de flores aromáticas (para la polinización y el control de insectos), hortalizas y árboles frutales a escala doméstica. Se pueden realizar en viviendas, terrazas, balcones o jardines, lugares abandonados, parques o plazas y azoteas, ya que es posible cultivar directamente en la tierra o en macetas y recipientes de reuso.

Monocultivo: En esta práctica se cultivan grandes extensiones de terreno con árboles u otro tipo de plantas de la misma especie. Es una forma eficaz y rentable de cultivo desde la perspectiva mercantil pues hace más eficiente la producción a gran escala. Sin embargo, la tierra se empobrece y pierde fertilidad pues la misma especie vegetal, absorbe siempre el mismo tipo de nutrientes. Además, al disminuir la diversidad vegetal, disminuye también la cantidad de animales que se alimentan tanto de otras plantas como de insectos. Esto promueve la propagación de las plagas de insectos.

Policultivo: También llamado cultivo múltiple, porque un mismo espacio de tierra es dedicado a dos o más especies vegetales. Las plantas pueden sembrarse en la misma fecha (simultáneamente) o en otra diferente (cultivos de relevo). Una ventaja del policultivo es que frecuentemente se obtiene mayor rendimiento en la siembra, aumentando, también, el aprovechamiento de la tierra sobre todo

en aquellos lugares donde los predios son pequeños y limitados. Se requiere de un mayor trabajo, además cada patrón de policultivo debe ser diseñado con mucho cuidado, pero si se hace bien, las plagas de insectos y las malezas se reducen significativamente, y el rendimiento aumenta.

Agroforestería: Es un sistema de uso de la tierra que integra árboles productivos, cultivos, y animales en el mismo pedazo de tierra para lograr mayor productividad, mejor rendimiento económico, y más beneficios sociales. El “food forest” o agroforestería crea un ecosistema con hasta 7 niveles de capas diferentes imitando un bosque en la naturaleza. Al inicio es trabajoso establecer el sistema, pero una vez creado el mantenimiento es poco y la producción altísima. Su aplicación correcta permite mantener la fertilidad del suelo ya que los árboles con raíces profundas recuperan los nutrientes minerales lixiviados y depositados en lo profundo del suelo, para dejarlos a disposición de las plantas, a través de las pérdidas y descomposición de las hojas y otros órganos vegetales sobre la superficie del suelo.

Cultivos hidropónicos: En esta técnica se plantan verduras y vegetales en agua o materiales distintos a la tierra. Como base para las plantas, puede utilizarse agua, arena, cascarilla de arroz o algunos subproductos o desperdicios que podemos encontrar fácilmente dentro de nuestra comunidad y a esta base se le agrega una solución de nutrientes que las plantas requieren para su crecimiento. Es una técnica muy accesible pues no se necesitan conocimientos previos de agricultura y es adaptable casi a cualquier espacio que reciba suficiente luz solar y ventilación.

5. SOLUCIONES SUSTENTABLES PARA PROBLEMAS REALES.

A.5.1 Problema 1. La Isla de Pascua.

Equipo: _____

Grupo: _____

¿Has escuchado sobre la Isla de Pascua? Es la isla más remota del mundo, está ubicada en medio del Océano Pacífico a 3700 km de Caldera, Chile. Es famosa debido a que en ella se encuentran unas enormes estatuas de piedra volcánica conocidas como moái, hechas hace varios siglos por un pueblo ancestral llamado Rapa Nui. Se desconoce la historia exacta de cómo este pueblo llegó hasta esa isla, pero la teoría más aceptada y avalada por la tradición oral cuenta que sus habitantes arribaron desde de la isla Hiva, una de las tantas islas de la Polinesia Francesa entre los siglos VI y VII d.C. Las personas que llegaron a esta isla guiados por su rey Hotu Matu'a, traían todo lo indispensable para formar una nueva civilización, aunque la isla estaba cubierta de palmeras y plantas comestibles, y había abundantes aves marinas y peces.

Se dividieron y se asentaron en diversos puntos de la isla. Establecieron una organización social y religiosa, y se dedicaron a cultivar las especies que ellos mismos traían, a explotar lo que la isla ofrecía y a aumentar la población de animales y de ellos mismos. Construyeron altares en los que erigieron los moáis que representaban a sus deidades. Las primeras esculturas eran toscas y pequeñas, pero con el paso del tiempo al hacerse más hábiles en su construcción y transporte, las hicieron cada vez más grandes y estilizadas. La cultura Rapa Nui entonces alcanzó su máximo esplendor que duró hasta aprox. el siglo XV.

Después, entre los siglos XVI y XVIII, esta sociedad sufrió una crisis debido a la sobrepoblación y a la devastación de su ecosistema. Una versión de la historia cuenta que los Rapa Nui, según las tradiciones polinesias, destruyeron la isla al conquistarla, talaron una gran cantidad de árboles para utilizar esas tierras como campos de cultivo y talaron muchos otros para usar los troncos en el transporte de sus enormes moáis; así, se quedaron sin árboles y con ellos sin aves terrestres, y sus tierras de cultivo se erosionaron. Tampoco tuvieron madera para fabricar canoas para pescar. El agotamiento de sus recursos probablemente desató la guerra civil entre las tribus. Se cuenta que los pueblos tuvieron que abandonar sus lugares ceremoniales y las canteras, para refugiarse en cuevas y evitar que los enemigos se los comieran. Tuvieron que cambiar su forma de vida por una **sustentable**, sin embargo fue demasiado tarde pues, para cuando los españoles llegaron a la isla en 1722, la población ya había decaído muchísimo y la isla estaba devastada.

¿Cómo pudieron evitar los habitantes de esta isla su propia decadencia? Imaginen que tienen la oportunidad de viajar en el tiempo y en el espacio hasta la isla de Pascua en el siglo X. Ustedes ya saben lo que el destino le depara a esta civilización y tienen la oportunidad de ayudarles a evitarlo. Ya conocen varios métodos y técnicas agrícolas y algunas de ellas podrían serles de ayuda a los Rapa Nui. Hagan una propuesta sobre las medidas que los Rapa Nui deben tomar para evitar la devastación de la isla y perpetuar su vida por muchas generaciones más. Indiquen qué impacto económico pueden tener estas medidas sobre la sociedad de los Rapa Nui, que medidas o legislaciones políticas deberían tomar en cuenta, y cómo participaría la sociedad para lograrlo.

6. LA SUSTENTABILIDAD TAMBIÉN NOS INCLUYE.

Lean la siguiente nota periodística:

México aumenta peligrosamente la importación de alimentos.

Miércoles 10 de abril de 2013

LA NOTICIA DE MÉXICO

México, D. F.- La situación agroalimentaria de México actualmente es preocupante. Este país es, junto con Panamá y Venezuela, uno de los 13 países que forman la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) que presenta déficit en la balanza comercial de productos agroalimentarios.

En el caso del maíz, por ejemplo, México se ubica segundo importador a nivel mundial. La ALADI señala que México importa alrededor de 30 por ciento del maíz que requiere la población, a pesar de que ese grano representa su principal alimento y que los cereales, en general, aportan 45 por ciento del aporte calórico de su dieta; además registra bajos niveles de producción y altos índices de importaciones para el consumo doméstico de arroz y carne de cerdo.

De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), la importación de alimentos para cubrir la demanda en México pasó de 10% en el decenio de los ochenta a alrededor de 40 por ciento. El 73% de las compras de alimentos al exterior proviene del vecino del Norte.

Como pueden ver, actualmente México depende de otros países para suministrar los alimentos necesarios para su población. **¿Cómo repercute esta dependencia agroalimentaria en la economía del país? ¿Qué implicaciones políticas puede haber de por medio? ¿Cómo se ve afectada la sociedad actual? ¿Qué consecuencias tiene la importación-exportación de alimentos sobre el ambiente? Si no se toman medidas para cambiar la situación, ¿qué problemas creen que enfrentarán las futuras generaciones de mexicanos?**

Ahora, por equipo, escriban una carta dirigida al gobierno mexicano, en el que le propongan soluciones para disminuir la importación de alimentos y aumentar la producción nacional. No olviden tomar en cuenta el ámbito económico, político, social, ambiental, de salud y científico (químico).

Estas importaciones colocan a México en una situación muy vulnerable ante la variabilidad de los precios internacionales, ya que existen diversos motivos que los elevan como la sequía del año pasado o cambios en las legislaciones de los países exportadores, ofreciendo desafíos negativos para nuestro país.

Aun así, las importaciones van en aumento, debido a que el campo mexicano pasa por una situación complicada: el mercado global sufre grandes cambios demográficos en los que muchos agricultores abandonan sus tierras, por lo que nos enfrentamos a la amenaza, en mediano plazo, de no poder producir lo que la población necesita para subsistir. El aumento en la degradación de la tierra, una disminución de la tierra cultivada y un fuerte impacto de las enfermedades nuevas, son otro tipo de amenazas.

Es necesario y urgente tomar medidas, ya que si el actual escenario de gran dependencia agroalimentaria que tiene México no cambia, para 2030 se tendrá que importar 80% de los alimentos, aumentando con ello nuestra vulnerabilidad.

ANEXO C. RÚBRICA PARA EVALUAR LOS DIBUJOS DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.

Elementos	0	1	2	Puntaje
RAÍCES	No las representa	Aparecen pero sin relación con los nutrientes	Indica con claridad que a través de las raíces se absorben nutrientes	
AGUA	Omite este elemento o lo representa como lluvia o solo en la superficie del suelo	La representa distribuida en todo el suelo	La representa distribuida en el suelo, así como absorbida por las raíces	
pH	Lo omite	Hace mención del pH o indica un pH por debajo de 5 o arriba de 8	Indica que el suelo tiene un pH óptimo entre 5 y 8	
MINERALES	No incluye este elemento	Los representa de forma muy general	Representa los minerales e indica algunos iones	
NUTRIENTES	No menciona el término o no lo relaciona con el agua ni con los minerales	Identifica como nutrientes sólo a los minerales	Identifica como nutrientes al agua, a los minerales y/o al CO ₂	
SOLUBILIDAD	No muestra relación entre el agua y los minerales	Indica que los minerales están disueltos en el agua del suelo	Indica que las raíces absorben el agua con los minerales disueltos en ella	
BACTERIAS	No las representa	Las representa dispersas por el suelo	Las representa cerca de las raíces de la planta	
			TOTAL	/14

ANEXO D. PROPUESTA PARA LA SEGUNDA VERSIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.

SESIÓN	ACTIVIDADES	PRODUCTOS PARA LA EVALUACIÓN
1. La agricultura y las primeras culturas del valle de México. (100 min)	A.1.1 Lectura 1. A.1.2 Dibujo-modelo A.1.3 Diseño de actividad experimental	A.1.2 D1 Dibujo sobre lo que hay en el suelo que afecta el crecimiento de las plantas.
2. ¿Cómo se relaciona la Química con la producción de alimentos? (50 min)	A.2.1 Comparación de las diferencias a nivel macroscópico. A.2.2 Lectura 2. Aumento poblacional y producción de alimentos. A.2.3 Cuestionario 1 complementado sobre el papel de la Química en la producción agrícola. A.2.4 Desarrollo de mapa mental sobre la relación de la Química con la producción de alimentos.	A.2.4 M1 Mapa mental de la Química y la producción de alimentos.
3. ¿Qué hay en el suelo que afecta el crecimiento de las plantas? (100 min)	A.3.1 Identificación de iones y determinación de pH en el laboratorio. A.3.2 Resultados y cuestionario 2 complementado de la actividad práctica.	A.3.2 C2 Cuestionario complementado sobre la actividad práctica.
4. ¿Cómo se relacionan la Química, el suelo y el desarrollo de las plantas? (50 min)	A4.1 Clase plenaria y discusión de resultados y actividades hasta el momento. A4.2 Desarrollo de mapa conceptual.	A.4.2 M2 Mapa conceptual sobre conceptos químicos y su relación con el suelo.
5. ¿Cómo contribuye la química en la alimentación mundial? (100 min)	A.5.1 Video y Cuestionario 3 complementado. Fertilizantes. A.5.2 Clase plenaria y complementación del mapa conceptual de la clase anterior.	A.5.1 C3 Cuestionario complementado sobre la diversidad de los fertilizantes. A.5.2 M2 Complementación del mapa conceptual.
6. Alternativas sustentables y su relación con la química. (50 min)	A.6 Ventajas y desventajas de métodos y técnicas de cultivo prehispánicas y actuales.	A.6 T1 Cuadro comparativo entre ventajas y desventajas de métodos y técnicas de cultivo
7. La sustentabilidad también nos incluye. (50 min)	A.6.1 Problema 1. México y su situación actual. A.6.2 Reconstrucción del concepto de Sustentabilidad.	A.6 P2 Propuestas de solución desde una perspectiva química y política para algunos problemas de producción de alimentos en México.

