

## **Anexo I Pautas para entrevistas**

### **Entrevistas a experto y docentes.**

#### **Definición de la muestra:**

Se entrevistarán dos tipos de informantes:

- a) Informante experto calificado:  
Profesional de Facultad de Química que directamente involucrado en investigación en Química Verde.
- b) Docentes de Química:  
Profesores de Química de tercer y cuarto grado (8 a 16 años de trabajo) que alguna vez hayan trabajado en bachillerato, de Montevideo y área metropolitana. Se seleccionarán docentes de liceos con diferentes perfiles: capital, área metropolitana, liceos públicos y privados, liceos macros y liceos pequeños. Se realizarán entrevistas cualitativas a 6 docentes con diferentes perfiles.

#### **Temas de la entrevista para docentes:**

- a) Importancia que le dan a la Química Verde y a la vinculación CTSA de los programas.
- b) Grado de conocimiento sobre Química Verde.
- c) Disposición a insertar estas temáticas en sus planificaciones.

#### **Preguntas:**

- 1) En los programas del plan 2006 de bachillerato se incluyen algunos objetivos que apuntan a tener en cuenta los compromisos sociales y ambientales de la Química. ¿Qué opina de insertar estas temáticas en la planificación?
- 2) ¿Qué beneficios y qué problemas puede tener esto?
- 3) ¿Usted lo toma en cuenta al planificar? Si contesta Sí: ¿De qué manera?
- 4) ¿Ha oído hablar de Química Verde? ¿Qué ha oído? ¿De qué fuente ha recibido esos conocimientos: cursos, libros, revistas especializadas, en su formación docente, Internet...? (Si no conoce el tema se le dará una breve noción del tema.)
- 5) ¿Usted piensa que la Química Verde se puede enseñar y o aplicar en la Educación Secundaria?
- 6) ¿En qué niveles se podría insertar?

- 7) ¿Qué puede aportar la Química Verde a los alumnos de Educación Secundaria?
- 8) ¿De qué manera piensa que se podría insertar? teórica, experimental, a partir del estudio de casos (la aclaración sólo se realizará si no comprende la pregunta).
- 9) ¿Qué opina de la formación que tenemos los docentes en general sobre estos temas: Química Verde, cuidado del ambiente, responsabilidades sociales de la ciencia?
- 10) ¿Considera que deben estar incluidos en el currículo de formación docente?
- 11) ¿Cree que se deberían hacer cursos o jornadas de actualización sobre estos temas, para nosotros, los docentes en ejercicio?
- 12) ¿Quiere agregar algo más sobre el tema?

¡Muchas Gracias!

### **Temas de la entrevista para experto**

- a) Conceptualización de Química Verde.
- b) Importancia de la Química Verde para la sociedad y el cuidado ambiental.
- c) Viabilidad de la enseñanza de la Química Verde en Educación Secundaria.

### **Preguntas:**

- 1) ¿Desde cuándo trabaja usted en Química Verde?
- 2) ¿Cómo y por qué sus investigaciones se dirigieron hacia ese enfoque de la Química?
- 3) ¿Cómo explicaría qué es la Química Verde a alguien que no es un especialista en química?
- 4) ¿Qué importancia tiene la Química Verde para la sociedad en general?
- 5) ¿Qué importancia tiene la Química Verde en la educación?
- 6) Al trabajar Química Verde en Educación Universitaria ¿Encuentra que existen carencias en conocimientos previos que debieran traer de Educación Secundaria? ¿Cuáles?
- 7) ¿Considera que se puede enseñar Química Verde en Educación Secundaria?
- 8) En ese caso ¿qué se debería enseñar y cómo?
- 9) ¿Qué cree que aportaría la enseñanza de la Química Verde en Educación Secundaria?
- 10) ¿Quiere aportar algo más sobre el tema?

Muchas Gracias!

### **Pautas para entrevista a alumnos**

- 1) ¿Qué orientación de bachillerato estás haciendo?
- 2) ¿Por qué elegiste esa orientación?
- 3) ¿Qué piensas de los programas de química que tuviste o tienes? Pensando en que la química hasta cuarto año se enseña a todos ¿Qué cosas piensas que se deberían enseñar y cuáles no?
- 4) ¿Vos consideras que hay problemas ambientales? ¿Cuáles?
- 5) ¿Quién o quiénes tienen la responsabilidad de estos problemas?
- 6) ¿Habría que hacer algo para solucionarlos o atenuarlos? ¿Qué? Y ¿quiénes?
- 7) ¿Te parece que la educación tiene algo que ver con esto?
- 8) ¿Qué te acuerdas de lo que es Química Verde?
- 9) ¿Hay algunos principios de la Química Verde que te acuerdes? Desarrollalos.
- 10) Si comparas Química Verde con los demás contenidos que trabajamos en clase de Química. ¿Química Verde te parece más fácil o más difícil que el resto de los contenidos? ¿Más útil o menos útil? Justifica tus respuestas.
- 11) Respecto a la forma en que trabajamos Química Verde en clase ¿qué tipo de actividades fueron las que más te gustaron? (análisis de noticias, resolución de problemas, planteo de ejemplos). ¿Qué tipo de actividades tú crees que se deberían hacer en clase al trabajar en Química Verde? ¿Hay algún tipo de actividad que tu pienses bueno realizar y no hicimos sobre Química Verde, por ejemplo prácticos de laboratorio, investigaciones para presentar carpetas, analizar videos?
- 12) Haber trabajado en Química Verde en clase ¿cambió en algo tu visión respecto a nuestra responsabilidad como ciudadano frente al ambiente?

- 13) ¿Aplicas algo de lo que aprendiste en Química Verde?  
¿Qué? Y si contesta que no ¿Por qué no?
- 14) Para alguien que haga una carrera vinculada a la química, consideras que lo aprendido respecto a Química Verde le puede ser útil. En qué y para qué.
- 15) ¿Hay algo más que quieras agregar sobre este tema?

## Anexo II Formularios de encuestas

### PRIMER ENCUESTA:

Te pedimos que respondas la siguiente encuesta con la mayor atención y sinceridad posible. No juzgaremos tus respuestas, ni serás evaluado por ellas. Sin embargo si valoramos mucho tu disposición a realizarla.

- 1) La contaminación es para ti un problema:
  - a) Muy importante
  - b) importante
  - c) poco importante
  - d) sin importancia
  - e) que no existe
  
- 2) Nombra tres materiales, objetos o sustancias que consideres contaminantes:
  
  
- 3) Nombra tres problemas que provoca la contaminación.
  
  
- 4) ¿Quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación?
  - a) Los científicos
  - b) Las empresas industriales
  - c) Los gobiernos
  - d) Todos nosotros
  - e) Otro (indicar quienes)
  
- 5) Nombra tres acciones que se deberían realizarse para disminuir la contaminación y quiénes deberían llevarlas adelante.
  
  
- 6) Indica si tú realizas alguna acción en tu vida cotidiana para disminuir la contaminación. ¿Cuáles?
  
  
- 7) ¿Conoces personas o instituciones que lleven adelante acciones para disminuir la contaminación? Si contestaste sí, indica quiénes y que acciones realizan

8) El uso adecuado de la energía es para ti algo:

- a) Muy importante
- b) importante
- c) poca importancia
- d) sin importancia

9) ¿Quiénes deberían solucionar los problemas de energía en nuestro país y en el mundo?

- a) Los científicos
- b) Las empresas industriales
- c) Los gobiernos
- d) Todos nosotros
- e) Otro (indicar quienes)

10) Nombra tres acciones que deberían realizarse para solucionar los problemas de energía y quiénes deberían llevarlas adelante.

11) Indica si tú realizas alguna acción en tu vida cotidiana para ahorrar energía. Si tu respuesta es afirmativa señala cuáles.

12) ¿Conoces personas o instituciones que lleven adelante acciones para ahorrar energía? Si contestaste sí, indica quiénes y que acciones realizan.

13) Algunos afirman que la química es una actividad humana muy contaminante. Al respecto tu estas:

- a) parcialmente de acuerdo
- b) totalmente de acuerdo
- c) en desacuerdo
- d) totalmente en desacuerdo
- e) sin opinión formada

14) Referente a la expresión “*Se deben buscar nuevos productos que mejoren nuestra calidad de vida, sin importar si contaminan*”, tu estas:

- a) parcialmente de acuerdo
- b) totalmente de acuerdo
- c) en desacuerdo
- d) totalmente en desacuerdo
- e) sin opinión formada

- 15) Algunos científicos consideran que la química debería buscar alternativas para encontrar procesos menos contaminantes y más económicos energéticamente. Al respecto tu estas:
- a) parcialmente de acuerdo
  - b) totalmente de acuerdo
  - c) en desacuerdo
  - d) totalmente en desacuerdo
  - e) sin opinión formada
- 16) ¿Conoces las expresiones “Química Verde” o “Química Sustentable”? Si respondes sí, aclara brevemente que sabes al respecto

Puedes justificar cualquiera de los criterios elegidos.

**Muchas gracias por tus aportes.**

**SEGUNDA ENCUESTA                      Nombre:-**

---

Te pedimos que respondas la siguiente encuesta con la mayor atención y sinceridad posible. No juzgaremos tus respuestas, ni serás evaluado por ellas. Sin embargo si valoramos mucho tu disposición a realizarla.

- 1) La contaminación es para ti un problema:
  - a) importante
  - b) poco importante
  - c) sin importancia
  
- 2) Nombra tres materiales, objetos o sustancias que consideres contaminantes:
  
  
- 3) Nombra tres problemas que provoca la contaminación.
  
  
- 4) ¿Quiénes deberían solucionar los problemas de contaminación?
  - a) Los científicos
  - b) Las empresas industriales
  - c) Los gobiernos
  - d) Otro (indicar quienes)
  
- 5) Nombra tres acciones que se deberían realizarse para disminuir la contaminación y quiénes deberían llevarlas adelante.

- 6) Indica si tú realizas alguna acción en tu vida cotidiana para disminuir la contaminación. ¿Cuáles?
- 7) ¿Conoces personas o instituciones que lleven adelante acciones para disminuir la contaminación? Si contestaste sí, indica quiénes y que acciones realizan
- 8) El uso adecuado de la energía es para ti algo:  
a) importante   
b) poco importante   
c) sin importancia
- 9) ¿Quiénes deberían solucionar los problemas de energía en nuestro país y en el mundo?  
d) Los científicos   
e) Las empresas industriales   
f) Los gobiernos   
e) Otro (indicar quienes)
- 10) Nombra tres acciones que deberían realizarse para solucionar los problemas de energía y quiénes deberían llevarlas adelante.
- 11) Indica si tú realizas alguna acción en tu vida cotidiana para ahorrar energía. Si tu respuesta es afirmativa señala cuáles.
- 12) ¿Conoces personas o instituciones que lleven adelante acciones para ahorrar energía? Si contestaste sí, indica quiénes y que acciones realizan.
- 13) Algunos afirman que la química es una actividad humana muy contaminante. Al respecto tu estas:  
a) de acuerdo   
b) en desacuerdo   
c) sin opinión formada
- 14) Referente a la expresión “*Se deben buscar nuevos productos que mejoren nuestra calidad de vida, sin importar si contaminan*”, tu estas:  
a) de acuerdo   
b) en desacuerdo   
c) sin opinión formada
- 15) Algunos científicos consideran que la química debería buscar alternativas para encontrar procesos menos

contaminantes y más económicos energéticamente. Al respecto tu estas:

- a) de acuerdo
- b) en desacuerdo
- c) sin opinión formada

16) Comparado con otros temas que trabajaste este año en química, los referidos a Química Verde te parecieron:

- a) sin interés
- b) interesantes
- c) muy interesantes

17) Comparado con otros temas que trabajaste este año en química, los referidos a Química Verde te parecieron:

- a) difíciles
- b) fáciles
- c) muy fáciles

18) Los contenidos de Química Verde se deberían aplicar en todos los cursos de química

- a) acuerdo
- b) en desacuerdo
- c) sin opinión formada

Puedes justificar cualquiera de los criterios elegidos.

19) ¿Cuál de las siguientes te parece una mejor definición de Química Verde? (Marca una sola)

- a) Es una parte de la química que se ocupa de estudiar las plantas.
- b) Es una parte de la química que dedica a estudiar las sustancias de color verde.
- c) Es una parte de la química que procura buscar métodos para prevenir la contaminación.
- d) Es una parte de la química que procura solucionar los problemas de contaminación.

20) Escribe el o los principios de Química Verde que consideres más importantes.

**Muchas gracias por tus aportes.**

### **Anexo III: Entrevista a experto**

**Entrevistado:** Química Verde es un nombre llamativo para una actividad que los químicos han ido realizando en forma creciente a través de los últimos, yo que sé, cuarenta años será, una cosa

así. Este, hará quince años salió el libro de Anastas y Warner, que lograron, vamos a decir, darle una base a todo eso. Y, hicieron una cosa más simbólica que real los doce principios de la Química.

Los químicos junto con todo el mundo, empezó a notar que algo que se presumía hasta... debe ser los años sesenta, que el mundo era tan grande que se podía hacer cualquier cosa y los procesos naturales se iban a encargar de todo, empezaba a fallar porque el impacto humano sobre el medio ambiente ya no era sólo desde la cuestión de los residuos y la basura alrededor de las zonas pobladas, sino que eran, aparecían residuos industriales generados por humanos en lugares que nunca nadie se había imaginado que podían estar.

Al mismo tiempo, creo que hasta la parte de Antropología contribuyó, porque uno tenía una idea de la historia bastante lineal, esto pasó, esto pasó y estamos acá. ¿Por qué habían desaparecido los mayas y por qué estaban los templos metidos en el medio de la selva? No se sabe... Estudiando más la parte antropológica, se vio que efectivamente eran naciones muy desarrolladas para su tiempo que se habían autodestruido, porque no habían tenido en cuenta algo, el agua en los Mayas o no sé qué diablo, creo que la extensión grosera de la ciudad en el caso de los birmanos. Entonces..., no solo la gente se dio cuenta que estamos llegando al borde de algo porque lo veíamos, sino que otros habían llegado a ese borde antes y se habían caído para adentro. Ellos tenían una desventaja que lo que hacían era, vamos a decir, su forma de producción y organización, era no digo rudimentaria, era bastante sofisticada pero no conocían los resortes biológicos que hacían funcionar todo.

Esta vez, para empezar estamos todos, porque no se escapan ni los esquimales de esta, estamos todos metidos adentro, y tenemos mucho mayor conocimiento de cómo opera el mundo natural. No digo biológico, el mundo natural en general. Y entonces cosas que parecen no ser un impacto pueden serlo y

cosas que uno se espanta horrores de repente no representan nada. No sé, la mugre de plástico se debe limpiar mucho más fácil que pequeñas contaminaciones que van filtrando por los acuíferos ahí guaraní, guaraníco, que como no sabemos qué está pasando, pasa y eso aparecerá en el agua que chupan los eucaliptos allá en Fray Bentos. Entonces, con él, con una mucho mejor sabiduría de lo que representa, no sé, lo que Darwin realmente dijo y pensó..., y con un, y eso influye en que sepamos que estamos en algo que es siempre movedizo, la impresión que me imagino tenía un inglés en el año 1870, que Inglaterra estaba en la cúspide y eso era de roca, y la reina Victoria decía para todo el mundo. Pero es un poco la visión que teníamos los uruguayos de 1950, Uruguay estaba en la cresta de la ola y eso iba a ser para siempre, y no es para siempre. Y a veces no es para siempre por cosas que no prevemos que sean lo que va a generar el cambio. Inclusive los Químicos, en su momento más glorioso estaban generando las bases de sus... apremios actuales. Ahora, los Químicos, que son personas, para los de Gualeguaychú son cosas. Los químicos hacen esto...: los productos químicos hacen esto. Los Químicos hacen otras cosas. (pausa) Nosotros logramos con las cuestiones de sanidad urbana, digamos, eso es la sanitación, que los Químicos son más bien los Ingenieros, con una parte de apoyo de los Químicos en la parte de tratamiento final de residuos, en la parte medicinal, el impacto de los Químicos fue brutal porque no sólo lograron, vamos a decir, que la edad promedio de treinta o cuarenta años era en el año 1850, se pasó a ochenta ahora. Y de esos cuarenta años, treinta deben ser químicos porque la gente, si uno se pinchaba con un clavo tenía buenas chances de morirse. Ahora es... nada. Entonces, el éxito fue tan retumbante que tuvo un resultado que era previsible pero que nadie se lo veía que la población pasó de mil millones de personas a seis mil millones, y seis mil millones comen seis veces más que los mil millones y además, lo estamos viendo ahora, los chinos uno iba y les tiraba arroz, y ahora dicen

no, no, quiero tener un auto pa mí solo. Entonces son mil millones de autos y mil millones de toneladas de hierro que hay que producir... Entonces entramos en una etapa que obviamente no podemos seguir haciéndolo como lo hacíamos porque igual no pasa nada, lo tiramos al río, el río se lo llevaba, plim, sino que siendo tantos, es obvio que lo que tiramos al río vuelve, o se queda ahí o vuelve de una forma que no queremos. Entonces las necesidades, vamos a decir, de hacer una producción que sea sustentable en el tiempo se hace obvia. Con un proviso, que no podemos seguir aumentando la población indefinidamente, porque aumenta la población pero aumenta mucho más el consumo porque cambian las aspiraciones de la gente y ¡yo que soy un jubilado, tengo acceso a más cosas que lo que tenía el rey de Inglaterra en el año 1850! Tengo mucho más, logro hacer muchas más cosas, y no sólo eso, yo logro hacer cosas que yo mismo cuando yo fui a estudiar a Inglaterra, yo no pude hacer cosas que ahora, no sólo le escribo a mi hijo sino que lo veo. Le hablo y me cuesta siete centavos de dólar hacerlo. Llamar por teléfono cuando yo estaba allá costaba veinte libras y yo no tenía teléfono en casa. Entonces, cambió todo. Entonces una cosa que tiene que cambiar es la forma en que producimos todo, porque lo que estamos haciendo no es sustentable, porque además nosotros en Uruguay estamos en un país peculiar, nosotros ya éramos tres millones cuando yo estudiaba en sexto año de escuela. Entonces decían, porque hicimos un censo en 1918, las gráficas y eso, somos tres millones. Cuando contaron realmente, eso era en 1950,

Cuando contaron realmente en 1970 veinte años después, éramos dos millones ochocientos mil. Entonces, ¡Uruguay claro que es sustentable! ¡Si tiene una población estable que no se movió en cincuenta años! Entonces había diez autos, después había cien autos y no influía en nada porque la población era fija. Pero Brasil que tenía treinta millones cuando nosotros éramos tres, ¡ahora tiene ciento ochenta! Entonces, ellos sí tienen problemas, basta

nomás ir a San Pablo y uno los ve los problemas en cada esquina.

Entonces, hay motivos de supervivencia de la especie y la especie hace cosas peculiares y esas cosas peculiares son, vamos a decir, afectan a la naturaleza mucho más de lo que uno originalmente se imaginaba.

Entonces, los Químicos que han de fabricar acero hasta hacer pan con grasa, todo la Química influye en el pan con grasa en un veinte por ciento del total y en hacer acero en un cincuenta por ciento. Es Química, es cosas de Química que se hacen. Entonces la Química tiene que encontrar como se hace más pan con grasa y como hacer más acero sin generar diez veces más residuos, ¡diez veces más residuos!, en ninguna de las puntas.

La Química Verde es muy anglosajona, es muy poco francesa. Es gradualista, vamos a decir, si los tipos festejan tanto el water con dos boqueras que inventó el uruguayo, como un nuevo proceso para hacer un reactivo. Porque el asunto es: no podemos pasar de malo a bueno seguramente, eso sí lo aprendimos de la Biología, ir de una punta a otra diferente pero los pasitos son chiquititos y se van eligiendo los que tienen éxito en la naturaleza solos, acá aplicándole inteligencia. Entonces, aplicándole inteligencia se pueden hacer los pasos mucho más rápido, evitar los accidentes mucho más rápido y prever lo que va a suceder. Porque, como dicen Anastas y Warner, el problema es que los Químicos ahora sabemos tanto de la Química, el modelo que generaron los Químicos de átomo, molécula, reacciones, es tan poderoso... Yo hago el dibujito de una molécula y le puedo decir: va a formar cristales, va a tener color, va y ya hemos probado otras pero te puedo decir va a ser tóxica y se va a descomponer y va a dar algo espantosamente tóxico o se va a descomponer y va a dar agua. Entonces, eso que los Químicos no ponían en su esquema, ahora si lo pueden poner. O sea los Químicos son tan responsables como todos los otros de no generar procesos que son eventualmente dañinos.

En Uruguay, nosotros decimos Química Verde uno de los... una de las tres erres, nosotros decimos por brutos. En Montevideo uno agarra el sodio y lo tira por el caño y nadie le objeta. Si es muy pegajoso lo tira por el water. Pero nadie protesta, el municipio no se entera, el barrio no sabe nada de que lo único que hicieron para ser amables con el barrio, fue el sulfhídrico. Los hacíamos en unos productores así de grandes y se olía desde las paradas de Soler, estaban trabajando los de cualitativo, lo redujeron a unas cositas así que el olor no sale de esta pieza. Pero la reducción de escala macro a escala semi-micro, fue por economía, no fue por vamos a decir por las cosas que tenía, no era porque fuera menos contaminante ni porque fuera menos peligroso ni porque fuera menos nada, fue porque un litro de benceno costaba treinta dólares y no le podíamos dar quince dólares para que cada uno en la práctica hiciera la reacción. Le podíamos dar quince mililitros. Entonces la práctica pasó de costar treinta dólares a costar un dólar veinticinco. Entonces con la misma plata metíamos veinte chiquilines. Pero lo hicimos, o sea que caminando para atrás embocamos en una de las bases de la Química Verde: usar menos para logra el mismo proyecto, en este caso educativo. Con este esquema muchas otras cosas se pasaron a reacciones en solventes clorados se pasaron a reacciones en agua pero porque el agua uno la sacaba gratis, en los institutos del Estado el agua es gratis, y no porque el tetracloruro de carbono fuera tóxico. Yo llegué a usar tetracloruro de carbono acá, vi como se dejó de usar porque era costosísimo. Después abandonamos el cloroformo durante mi primer período de profesor y pasamos al di-cloro-metano y ahora el di-cloro-metano también lo estamos perdiendo porque, es mucho menos tóxico pero es tóxico al fin y el efecto invernadero y todo lo que uno quiera. Entonces, en todos lados hubo esa, no se, pasos hacia la Química Verde. En la industria farmacéutica, eso me acuerdo por este alumno mío, hizo un carrerón en un laboratorio suizo. Y en el laboratorio suizo había como partidos

políticos, de política química farmacológica. Este medicamento lo hacemos así shhh y me da este isómero, este isómero, este isómero. Separarlos cuesta un disparate entonces le damos los cuatro isómeros porque uno le sirve y los otros el organismo los procesa y chau. Y este que era de un grupo de muy buenos sintetizadores dijeron no, lo que tenemos que hacer es buscar una ruta de síntesis que solamente nos dé el producto que sirve. Primero, le damos solo el producto, no un veinte un veinticinco por ciento del producto útil, sabemos la toxicidad de eso y no nos importan la toxicidad de las otras cosas y el proceso de síntesis es un proceso simple, después que lo invente veo como hacerlo tan barato como el mal proceso. Entonces, por otros motivos que eran por los pleitos y por los costos, los laboratorios farmacéuticos también hicieron Química Verde dentro de su rubro. Entonces, lo que no había tenido eso era una especie de título y metas, motivos, y yo que sé que como dice Lahore.

Lo que hicieron Anastas y estos fue ponerle eso, lo llenaron de, lograron darle una coherencia conceptual a la idea de Química Verde. Cuando los americanos empezaron a hablar de Química Verde, los europeos casi infartan. Para los alemanes, los verdes eran los enemigos número uno de los Químicos. Entonces, no, no, que no se cuanto, Química Verde, Química Sustentable, Química Verde y Sustentable, chau. Pero el asunto es que el ítem uno de la Química Verde es mucho más simple no hacer mugre que limpiarla, cuando todo el esfuerzo de los Químicos había estado en limpiar mugres anteriores. Y eso después se lo dicen a uno y uno dice ¿cómo no se me ocurrió?, lo escribía yo y era famoso.

¡ Una tontería, es de cajón! Y ese, ese es el principio número uno, el principio no, la... estrategia número uno. No hacer mugre, para empezar. Y después los otros once ítems son todas especificaciones en síntesis, en procesos, en el uso de energía. Si la idea es esa la energía hay que hacerla rendir. Que deriva en, químicamente deriva en muchos lados, por ejemplo en la parte analítica, no sólo reducir lo que uno hace sino repensar lo

que es el análisis. El análisis se hace por algo, se hace para saber el estado de algo. Entonces, si el análisis en vez de hacerlo acá al final solamente, que es necesario porque eso es lo que yo voy a meter en un frasco y voy a vender, lo hago acá, finalmente termino sabiendo qué errores en el proceso terminan en qué productos que no me sirven al final. Entonces si yo pongo el proceso analítico acá, puedo hacer controlar cuando uno de estos errores empieza a aparecer y modificar la etapa previa para evitarlo.

Entonces, si yo tengo métodos analíticos en el proceso, el método analítico del final es una corroboración y no como cuando yo era, bueno no se si lo siguen haciendo todavía pero, cuando en el año ochenta yo estuve en Facultad de Ingeniería, todavía la minera de allá de Paysandú le mandaba una muestra del portland que habían producido a la Facultad de ingeniería que lo analizaba y decía: el calcio está bien, el magnesio está bárbaro pero está un poco alto el sulfato... Un análisis que le llevaba... una semana. Los de Paysandú iban a tener apilado eso, ¡no! Era como un ritual. Don Pepe Batlle había puesto hágase y se hacía. Pero ya eso, también la ANCAP de Paysandú lo había analizado y sabía cual estaba bueno y lo había vendido para hacer la represa de Salto Grande. Entonces el mes de análisis era una cuestión religiosa, se hacía un análisis y en base a ese análisis se sacaba todo, bueno. La estrategia ahora es hacer muchísimos análisis mucho menos precisos, pero que indican tendencias que uno puede corregir. Antes cuando uno analizaba era ¿cómo se dice?, una autopsia. Ahora uno lo ve en vida y lo lleva a que dé un análisis final correcto.

Entonces, ideas de la Química Verde también repercutiendo en todo lo que es procesos químicos: estrategia de síntesis, reactivos que se utilizan, cantidades que se utilizan, cómo se eliminan los residuos, cómo se hacen los análisis, cómo se hace vamos a decir los métodos de calentamiento, el uso de

catalizadores... Entonces, todo estudio químico termina involucrado en algún aspecto de la Química Sustentable.

Y no es, vamos a decir una moda. Va a ser así, punto, porque otras cosas nos dicen va a ser así, punto. Porque no podemos tener tres millones de habitantes en Montevideo eventualmente, si no controlamos todas las aguas servidas y si no controlamos todo el suministro de agua y todo el manejo de basura y todo... no se puede. Porque nos matamos entre nosotros, no, no nos matamos entre nosotros, nos apestamos entre nosotros.

Yo les he dado un curso, una clase acá en Facultad, y cuando uno empieza a ver qué gente trabaja en Química Verde acá en Facultad, debe haber... más de la mitad de los grupos deben hacer cosas que uno puede decir esto es Química Verde. Porque los de Análisis pasaron de análisis donde tiraban gotas de dicromato a papelitos que son reactivos que dicen si o no. Los de toxicología hicieron todos los análisis de plomo en sangre que terminó con una ley que sacó el tetraetilo de plomo de ANCAP. Los de Iván, están trabajando por un lado con biodiesel y sobre todo no sólo con biodiesel sino con aceites modificados o grasas modificadas que pueden ser usadas hasta como solventes para otras cosas porque son absolutamente verdes, y también solventes supercríticos. Y eso es un grupo de Físico-Química Orgánica, digamos, está en alimentos pero es de otro lado. Los de Orgánica están haciendo biotransformaciones con enzimas por lo menos varios grupos están haciendo biotransformaciones con enzimas. Y los de Inorgánica están trabajando con complejos, posiblemente sean los que menos conceptos de Química Verde tienen. Los de Analítica, Knochen, está trabajando en microescala, en procesos de difusión que se puedan aplicar en escala micro y en flujo. Pero extrañamente la facultad lo que no tiene es una declaración. Yo estoy tratando de convencer a Manta, que un día agarre su banqueta. Se pare arriba, y diga: "La facultad de Química se va a volcar a la Química Verde. Está volcada, pero que lo pongan como un reclame. Porque los

químicos tenemos mala fama, y tendremos que hacer lo posible para salir de esa mala fama. El otro día compre un libro de experimentos en verde y sustentable. (Va a buscar el libro, lo abre y lo muestra: Una cosa que tiene.... Cada experimento.... Trata todos los temas... como experimentos. Explicación. Equipos. Procedimientos. Y al final trae en cada práctico como descartar los residuos. Como parte del práctico. Entonces uno dice: "Siempre lo hicimos." Sí. Sí. Pero si uno se lo pone como un título al estudiante. El estudiante se da cuenta que eso es parte del problema. Si uno no se lo pone. Lo tira por el caño (que puede ser lo que dice el libro: "lo tira por el caño") el tipo cuando sale afuera, tirarlo es una opción. Tirarlo por el caño no es una opción. Entonces hay pequeñas cosas que los químicos que enseñan tendrían que enseñarles a los químicos que aprenden. Qué se puede hacer hasta sin decírselo. La práctica termina con lo que usted limpia y tira en los distintos tachos de colores según lo que sea... Entonces lo extraño en la facultad de química es que no hay que convencerlos. Todos están de acuerdo. Porque todos primero hicieron la reducción de escala. Todos como son así (hace seña de machetes) escriben del lado de atrás de la hoja. Y si uno les dijera, y la hoja escrita de los dos lados, después la pones en un tacho que se la lleva un bichicome, y la transforman en cartón. Todo el mundo le diría que "¡qué buena idea!". Ya no hay nadie que esté en la teoría de "no seas tarado, que va a influir eso. Yo sigo..." No hay nadie. Pero tampoco hay una declaración de principios. Lo que me llama la atención. Porque después los Gualaguaychu dicen cualquier cosa de la química. Y los de acá lo que pueden decir es: "mentira, mentira". ¡No! ¡No!. Tenemos que estar subidos arriba del podio y diciendo: "No lo hago porque vos me lo dijiste. Lo hago porque yo tengo principios éticos." Qué será cierto o no será cierto. Pero el noventa por ciento de los que dicen yo tengo principios éticos y morales, lo están diciendo para curarse en salud antes que los agarren.

¿Desde cuándo trabajo en Química Verde?

Yo siempre estuve muy interesado en la parte de química de productos naturales: Y cuando uno empieza a andar la naturaleza, uno se entera de las dos cosas. Es decir que los equilibrios están todos operativos, y las mugres que hace este bicho, hay otro bicho que ya se las come. Y que una vaca es un globo de agua que mantiene un montón de bichos que son los que hacen el trabajo. Los bichos hidrolizan, hidrolizan, hidrolizan... para que no se les muera la vaca. Entonces uno dice: "qué fantástico." Lo que no está dicho es que las vacas que provienen de un lugar donde había árboles y no había pasto desaparecieron. O sea que lo que estamos viendo en escala de unidades, es un proceso que llegó a un equilibrio que funciona. Lo que vemos en poblaciones es que también tienen que estar en equilibrio. Porque si se nos desequilibran, por fantásticos que sean los bichos, si se desequilibran, todos se los lleva el.... Es una de las cosas que me quedó clarísimo de la... El medio ambiente era.... En Canadá, justo hace cuarenta años, cuando yo estuve. Hay una isla que está en los lagos. En los grandes lagos canadienses. Y la han transformado en un parque nacional. Y tenían una manada de alces preciosa. No había lobos. Era bárbaro. Los protegían. Cada tanto venía un invierno terrorífico y los alces que eran treinta, se salvaban ocho. Después de esos ocho la población volvía a crecer y venían tres buenos veranos y llegaban a ser cincuenta. Y después venían, claro, un mal invierno, y pasaban a ser once. Entonces los tipos estaban aterrorizados, porque iba venir un invierno que iban a quedar cero. Entonces llegó un invierno que fue tan espeluznante que se congeló todo el lago hasta el continente, y pasó una manada de lobos. Y dijeron "Ah!, ah! Este es el principio del fin". Y pasó una cosa: Los alces nunca pasaron a ser más de veinte, ni menos de diez. Y los lobos nunca pasaron de ser más de doce, a menos de seis. Porque unos controlaban a los otros. A los enfermos y...eran los lobos. Si los lobos crecían mucho, la población de los otros se venía a pique y al invierno siguiente se morían los lobos. Así es como funciona la naturaleza.

Es como, sin meter la mano. Todo, son tantos equilibrios, que al final todo se mueve sin que parezca haber cambios. Pero cada tanto hay uno que se hunde y desaparece. Y lo único que va a tapar el agujero es... Y lo que uno está viendo es una foto en el tiempo de ese proceso siempre cambiante. Más recientemente, cuando se empezó a hablar de Química Verde, yo me interesé por ver que era lo que se hacía en Química Verde. Yo les dí manija para los que empezaron a hacer biotransformaciones. Para mí eso era fantástico. Justo cuando me iba a Brasil. Y después uno se da cuenta que las biotransformaciones hay que hacerlas de alguna forma. Y el proceso en que uno lo hace puede ser tan poco verde como usando sulfocrómico. Me acuerdo cuando uno de los muchachos me dijo: "Si. Me rechazaron el trabajo porque yo usé acetato de etilo para extraer el producto final es un ¡no! ¡No! Para síntesis. Bueno después pude argumentar que el acetato de etilo, de los solventes, es de los menos riesgosos porque en el fondo se hidroliza y da alcohol y acético, y se acabó el problema. Y hay miles de bichos que se lo comen. Y al final se lo publicaron. Pero, vamos a decir, lo verde o no verde de algo, viene de la sumatoria de todo lo que uno hace. No del producto que uno entrega al final. Y cuando acá vinieron los de la American Chemical Society, y dieron el cursillo de Química Verde, apareció uno que habló de que había sales orgánicas de bajo punto de fusión, que les llaman iones líquidos. Y que uno, que el trabajaba mucho, disolvía la celulosa. Qué a mí me pareció fantástico. Entonces, justo, mi hijo estaba resonancia en el plan magnético, y le digo: "Loco, escríbele a este fulano porque sería la única de ver cómo está la glucosa, cuando está disuelta. Cómo es la glucosa realmente. Porque la ves por rayos X. Nunca la ves en.... flujo, digamos. Haces una reacción con glucosa, y con celulosa. Y por acá podés ver ¿dónde está la reacción? La idea estaba bien. Pero tenía un agujero así en el medio, que es, el líquido iónico es orgánico. Tiene carbono que absorbe la energía. Pero da la casualidad que son carbonos alifáticos y aromáticos. Y tiene un agujero, donde

justo caen los carbonos unidos a OH. Entonces esto se ve espectacular: Logramos hasta publicar un par de trabajos de esos. Una cosa divertidísima que hicimos. Fue agarrar bananas, que son casi todo almidón. Agarrarlas verdes, cortarlas. Liofilizarlas para sacarles el agua. Disolverlas y se ve almidón. Dejarlas que se vayan amarillando y se empieza a ver sacarosa, y glucosa, y fructosa, y cada vez más. Y el almidón va bajando y desaparece. Entonces, el análisis real de la maduración de la banana hecha sin hacer ni una reacción química. Y con datos que son mejores que los químicos. Porque los químicos al final hacen azúcar reductora. Entonces, entre fructosa y glucosa no pueden hacer una separación. Nos divertimos como locos porque era como un chiste. Hacer una broma. Y salió un trabajo espectacular. Un trabajo espectacular. Que puso el énfasis. Además puso el énfasis... Después lo tuvimos que hacer disolviendo madera. Puso el énfasis en que uno puede disolver azúcares, polisacáridos, y eventualmente biomasa, sin ninguna reacción química, y terminando con esos productos para lo que uno quiera. Entonces una vez que los tiene disueltos, quiere hacer reacciones químicas. Tiene que buscar un reactivo, que no reaccione con el líquido iónico y que reaccione con lo que uno quiere.

Muchos habían usado los líquidos iónicos. Les ponían ácidos para que hidrolizaran. ¡No! La celulosa es mucho más interesante sin hidrolizar. La glucosa es mucho más interesante como glucosa, que como alcohol. Porque en la glucosa hay seis carbonos que la naturaleza armó. En el alcohol hay solo dos. Entonces cualquier cosa que trabaje sobre el producto menos modificado, es más interesante, porque quedan más alternativas de utilización. Si uno llega a alcohol, se acabó. Es uno solo. Aparte de que el alcohol tiene sus... Se está usando mucho ahora. Dentro de cincuenta años nadie lo va a usar alcohol en los autos. Eso casi seguro. Ahora, con eso trabajamos un poco. Pero eso, vamos a decir, una cosa que uno dice: "Es Química Verde". Y se queda serio, porque cuando uno mira las moléculas que es la sal. Si esto es verde, y

mi abuelita... Es una molécula... no digo terrorífica... pero uno la toma... ¡Y hay que hacerla! Entonces, la Química Verde, si yo parto del frasquito de... Pero si yo parto de los productos iniciales para hacer el líquido iónico, y lo incluyo todo eso, es muchísimo menos verde.

En la parte de trabajo experimental los líquidos iónicos quedan un poco frenados porque no teníamos nadie que pusiera plata atrás. Teníamos los reactivos, pero los muchachos que trabajan conmigo, tenían que tener algo que los financiara. Y lo logramos hacer medio verde también eso. Pero el proyecto con líquidos iónicos recién va a arrancar ahora. Porque tenemos un proyecto de utilizar los líquidos iónicos que disuelven los azúcares y los polisacáridos como matrices donde hacer pirólisis bien controladas. Los azúcares, se caramelizan, y eventualmente, se descomponen por temperatura. La idea es ver si yo.... La caramelización, uno agarra veinte grados, cuarenta, ochenta, y se termina caramelizando la parte importante del azúcar. La idea mía es, agarrar los azúcares. Tener el líquido iónico a ciento veinte grados. Tirar el azúcar adentro. Y ver si logro que se produzca una reacción y destile el producto. Porque los líquidos iónicos, la característica verde que tienen es que son iones. Entonces no tiene volatilidad. Ese es el ítem que “los verdes” usan, o que los “ionescos” usan como argumento. Y en algunas industrias en particular, si ha tenido éxito. Por ejemplo, en la industria del rayón, que es celulosa, en vez de usar disulfuro de carbono, medio base, y yo que se que más. El disulfuro de carbono es supervolátil, inflamable, tóxico, maloliente. Todas las maldiciones juntas. Pero es lo único que había. Entonces, ahora el socio nuestro en esto, vamos a decir. Nosotros somos los socios de él, para poner la relación. Logró patentar un proceso para hacer rayón en un líquido iónico. Entonces logra hacer la fibra. Rehacer la fibra de celulosa a partir de un solvente que no es volátil, no es inflamable. Entonces lo patentó, y está en el proceso de basar la industria.

Como esto se nos había frenado por cuestiones económicas. Ahora empezaremos otra vez. Primera cosa, como todo proyecto científico, si funciona fantástico. Si no funciona... Pero hasta que no haga las pruebas, no sé si funciona o no funciona. En principio, tendría que funcionar, porque la caramelización funciona.

La segunda cosa es, si no funciona directamente, yo puedo tratar de ver que un tipo de catalizador: sales cromo, de cobalto. Cosas así que estén disueltas en el líquido iónico, ayuden a ordenar las moléculas antes de su reacción. Entonces pueda orientar esos productos hacia un lado u otro.

Lo que nos pusimos a hacer: Un viejo proyecto mío. En realidad el proyecto de tesis de mi doctorado, que era fotoquímica. Y la fotoquímica es la alternativa de reacciones químicas más verde de todas. Luz tenemos siempre. Lo que pasa que la luz que recibimos es muy compleja. Puede producir un montón de reacciones diferentes, aún en la misma molécula, porque depende sector del espectro excita que parte de la molécula. Entonces rehice una parte de mi trabajo de tesis. Lo terminamos. Sabemos la estructura del producto final. Eso fue publicado. Ahora tenemos una nueva serie de productos. Y eso lo estamos haciendo también a medias con mi hijo que está en Estados Unidos y tiene mucho mejor equipo de espectroscopia para trabajar y hacer estructuras. Y lo que financiaba todo era el otro aspecto de la fotoquímica: es productos que absorban luz ultravioleta y que no se descompongan en el proceso. Sobre todo que absorban luz ultravioleta del espectro de la luz solar, o sea que puedan ser utilizados como protectores solares, que da la carambola que es un tema interesantísimo para lugares como Uruguay, o como Australia, o como Sudáfrica, donde uno tiene una población que no era de ahí, recibiendo una cantidad de sol, a la cual su evolución no lo llevó para ahí. Entonces tenemos un montón de escoceses en Australia que se mueren de cáncer de piel. Están las dos condiciones erradas para vivir. Pero son veinte millones.

Entonces, Uruguay es un poco menos, porque somos una población más mediterránea. Sudáfrica es muy parecido porque son holandeses e ingleses los que están ahí. Entonces uno piensa como trabajo en medicamentos es bastante interesante, porque no son medicamentos. Son cosméticos. Entonces uno puede hacer mucho más cosas sin tener que pasar por el proceso riguroso de aceptación medicamentosa. Inclusive las primeras moléculas que hicimos. Que funcionaba bastante bien. El posible comprador dijo: "No me interesa porque tiene un grupo nitro. Y el grupo nitro, que nosotros ya sabíamos (bueno el colega español ya sabía) que el grupo nitro inhibía la irritación. Pero eso significaba que se metía dentro. Entonces formaba NO<sub>2</sub> que es un controlador del flujo sanguíneo. Entonces estaba bárbaro! Sí! Sí! Pero estaba tan bárbaro que se lo tenían que llevar al FDA para que el FDA dijera ¡Me sirve! Y no solo llevar al FDA. Llevar al FDA con el paquete de ensayos clínicos, hechos a costillas del proponente. ¡Imposible! Entonces terminamos aprendiendo un montón de cómo la estructura química y la conjugación influye sobre el espectro. Como las bandas se ensanchan, se corren... Y en el fondo es una cuestión tiene que ver con Química Verde. Pero en realidad están usando en fotoquímica. Lo que hacemos es queremos ver qué productos dio y con protectores solares tengo que ver qué productos dio, y que no reacciona de forma alguna. Porque si reacciona tengo que preocuparme de esos subproductos y explicárselos a... Pero la fortuna de eso, fue que eso financió lo otro. Entonces lo que quería realmente ver. Ahora me interesa conceptualmente la Química Verde porque los químicos, la química es una cuestión que es... como se puede decir... un noventa por ciento artificial. Y la Química Verde es una visión mucho más biológica de esa química artificial. Entonces es ¿cómo hago con esta química artificial, procesos que remedan a los biológicos, en el sentido de que lo que termina saliendo al final no afecta los equilibrios naturales que ya existen? Entonces es como una química artificial, doblemente artificial. No solo es

artificial lo que hago en el laboratorio, si no que es artificial la selección natural de esos productos que yo hago. Es decir lo hago pensando. No como la naturaleza que lo hace suicidando a los que no sirven. Yo fusilo productos. No fusilo gente.

Ahora ¿Cómo explicaría que es Química Verde a alguien que no es especialista en química?

Y bueno. Un poco lo dicho: Como se que la situación actual es insostenible, tiene que hacerse sostenible. Tengo que buscar una química que permita que eso sea sustentable a largo plazo. Y la importancia que tiene la Química Verde es ¡Porque la hacemos o desaparecemos! (con énfasis). Vamos a decir... Porque nos parece que estamos haciendo más mugre de la que la naturaleza puede sostener. Es porque ahora sabemos que gente que hizo lo mismo se la llevó el... tiempo. Los mayas que nosotros hablamos que eran... ¡hay!... la... ¡No! Tuvieron una debacle ecológica autogenerada ¡que los barrió! Y no vamos a decir... los mayas son gente macanuda que están allá y hacen la... Pero en realidad son lo que quedó después de una debacle generada por ellos mismos. Los españoles no tuvieron nada que ver ahí. Los españoles tuvieron que ver con los aztecas y con los incas. Que era dos pueblos que estaban en un proceso absolutamente no sustentable de expansión. Y los españoles los liquidaron sin proponérselo, porque murieron de cólera y... más las plagas, que las batallas, las que terminaron con todo. Y además el imperio inca estaba llegando a los bordes de su desequilibrio. Y cuando los españoles los miraron dijeron: "somos catorce. No podemos". Volvieron para atrás. Les llevó un año volver. Y había empezado una guerra civil en el imperio inca que se los había comido la mitad. Y después vinieron las enfermedades y se comieron la otra mitad. Los españoles para darse bombo exigieron una imagen de sí mismos, y un valor fuera de este mundo, cuando otras cosas que ellos ni sabían que estaban pasando, estaban pasando. La viruela y yo que se que más, hicieron el trabajo de la espada por ellos. Pero de los mayas, cuando llegaron los

españoles encontraron ruinas y les llevó tanto tiempo encontrar Copan como a los exploradores del África. Y no se sabía lo que había. Y ahora que han encontrado que en el Amazonas que habían islas artificiales hechas con tierra apilada. Y algo se los llevó a los pobres indios que vivían en el medio del Amazonas. Qué no fueron los portugueses y de los españoles. ¡Quizás las plagas de los portugueses y los españoles! Pero parece que es mucho anterior que los portugueses y los españoles. Entonces no solo nos puede pasar a nosotros, si no que sabemos que algunos de nosotros ya nos pasó. A los noruegos que habían llegado a Groenlandia que era verde, pero el clima es así y los exterminó. Y los únicos que se salvaron en Groenlandia fueron los otros que sabían vivir sin sol durante seis meses. Los noruegos apenas vinieron tres inviernos al hilo y desaparecieron. Entonces la importancia es esa.

¿Cómo está la investigación en el Uruguay?

Como dije al principio, extrañamente muy saludable, pero sin saber que forman parte de una cosa mas grande que cada uno de los laboratorios separados.

¿Qué importancia tiene la Química Verde en Educación?

Mucha. Porque para los químicos es explicarles al resto de que la Química Verde es tan parte de la sociedad como todo lo otro. Porque actualmente somos vistos como una excrecencia de la sociedad que trabaja en contra, o a pesar de todo lo que quieren los otros. Bueno, haciendo Química Verde, los químicos están incluidos dentro del funcionamiento regular de la educación. Y en la educación de los químicos en particular. Es... los químicos hasta los años setenta aducían "obediencia debida". "Lo hice porque me mandó el gerente." ¡No! El gerente no te puede mandar porque ya sabes lo suficiente, como para que no te puedas esconder detrás de eso. Entonces tenemos que enseñarles a los muchachos de manera que sepan que es así antes de que salgan de facultad. Y se lo podemos enseñar de forma explícita o implícita.

**Entrevistador:** Me gustaría desarrollar un poco la importancia en secundaria.

**Entrevistado:** Es lo que viene ahora. Yo creo que en secundaria, no solo que se puede. Es que se debe hay cosas que son conceptos casi biológicos: adaptación biológica, mutaciones que lo tendrían que enseñar los de biología, pero tenemos que saber los de química que es así. Y que si nosotros pretendemos mantener estable una sociedad que es formada por gente como nosotros tenemos que adaptar lo que sucede en el entorno a esos habitantes en particular. La biología lo que hace brutalmente selecciona los habitantes para el entorno. Bueno, la Química Verde tiene que hacer al revés. Tiene que elegir el entorno, para que los habitantes, que son ellos. A la biología le importa un rábano que desaparezcamos todos nosotros y que quede una raza de amibas que logra sobrevivir en el Uruguay. La biología está tan contenta como con nosotros, porque hay seres vivos, que viven, se reproducen. Si todo bárbaro. Serán, yo que se, comadreja y pajaritos. Le importa poco. Pero el problema es que a nosotros sí nos importa un montón. Entonces la Química Verde lo que intenta es modificar el ambiente, o modificar lo que se hace en el ambiente de forma que esos habitantes en particular, nosotros, tengamos chances de sobrevivir. Los biólogos lo que nos tienen que decir es que la naturaleza es ciega. Queda alguien vivo. Bravo. No queda alguien vivo. Bueno, ya llegará alguno flotando que lo hará, O saldrá alguno de adentro del agua que lo volverá a hacer como lo hicieron hace tres mil millones de año. No le calienta demasiado todo eso a la naturaleza. Pero para nosotros es crucial. Y sin una química orientada hacia lo verde no lo podemos hacer. Porque los de CONAPROLE no saben cuánto de Química están usando, hasta en los envases. Y entonces “yo no uso Química” dice el chacarero. Y después sale y fumiga los tomates. Entonces es monumental la cantidad de química que se aplica todos los días en Uruguay. Lo único que los uruguayos no lo saben. “No quiero que IPUSA esté cerca de

mi estancia.” Allá en Soriano. (La inauguran hoy o mañana). Entonces, sí loco. ¿Dónde querés que saquen el fertilizante que vos ¡vos! ponés en tu campo? De algún lado lo tienen que sacar. En algún lado tiene que estar esa fábrica. Y lo que podés exigirle es que esa fábrica no te contamine ni el agua, ni el aire, ni hagan macanas en la carretera. Pero hay que hacerlo porque se consumen miles de toneladas de fertilizantes. Miles de toneladas de agroquímicos. Miles de toneladas de pulverizantes. El agua que tomamos en Montevideo, que es razonablemente buena, usan miles de toneladas de cosas que les ponen allá en Santa Lucía. Entonces la química está metida adentro. Pero hay que hacer una química que pueda vivir con todos los otros. Y ayudar a todos los otros a vivir entre sí. Porque no es solo que yo haga mis pesticidas bien. Es que el otro los use bien. Que hay una parte que no queda dicha.

¿Cómo hacerlo en Secundaria?

Mucha cosa se puede exponer como en una clase. Pero sería interesantísimo que los chiquilines logran hacer algo que les trajera el medio a ellos químicamente. Me cuesta trabajo. Pero si uno se pone a pensar en Química en Secundaria siempre termina haciendo analítica ambiental. Se puede hacer analítica ambiental. ¿Se puede hacer analítica ambiental sobre residuos? Sí. Pero le digo una cosa que una vez hicimos nosotros. Una vez agarramos arena de Playa Ramírez, Carrasco, Rocha y Colonia. Las extrajimos con cloroformo. Pusimos en una capa fina y la revelamos con mezcla sulfocrómica. Entonces aparecen manchas negras donde había algo. Entonces aparecen hidrocarburos. La de Pocito era un maremagno de cosas. Y uno puede decir. Bueno, la Playa Fomento es “la natural”. Que ya no es nada demasiado natural. O la de Rocha es la natural. Uno miraba y comparaba las otras. Y decía ¡la pucha! Montevideo produce una cantidad de cosas que terminan flotando por las playas y terminan en la arena. Conseguir arena es facilísimo. Y conseguir el cloroformo o el hexano para extraerla no es tan complicado.

Pero después tiene que evaporarlo. Bueno, lo puede dejar secar. Y poner una capa fina, hacer las cuatro comparadas le costó cincuenta pesos. No se estila hacer cromatografía, porque parece demasiado sofisticado. Pero es una cosa bastante simple en realidad. Pero es química ambiental. No es como hacemos verde esto que estamos haciendo negro ahora, que ese es el norte de la Química ahora. No se me ocurre. Eso hay que pensar... Donde hay mucha cosa de Química es en la cocina. Pero la cocina es justamente muy verde. Porque el tipo procura no intoxicarse a como dé. En la cocina es interesante porque los hombres de las cavernas inventaron una forma de duplicar la cantidad de alimentos que tenían disponible. Agarraban una raíz. Se mataban un mes masticándola y comían cinco gramos. Metían la raíz adentro de un tacho con agua. Lo hervían cuatro horas y se la comían toda. Pero ¿eso es verde? No sé. ¿Cómo traer un concepto de Química Verde a nivel experimental para muchachos de dieciséis años que están tratando de entender lo que es química?

**Entrevistador:** Pero de todas maneras, ¿la idea general para usted es traerlo a la parte experimental?

**Entrevistado:** Ah yo pienso que sí. Porque para mí, vamos a decir, ahora con Power Point se pueden dar presentaciones que son espectaculares. Porque uno ahora aprieta un botón y las cosas se mueven adentro de la pantalla. Un experimento se filma con una camarita de 100 dólares y lo filma y lo ve. Con el teléfono lo filma y lo ve. Y con bluetoooh lo pasa a la computadora y ya se puede ver. Todo eso se puede hacer. Pero la Química, para los que van a hacer Química o Biología eventualmente, tiene un aspecto táctil, olfativo que es crucial. Todo hace ruido. Todo implica un riesgo. Esto lo hervimos. El huevo duro, y está caliente. Y hay que esperar que se enfríe. Y después la Química es como un huevo duro. Uno lo calienta y tiene que esperar que se enfríe porque si no se quema. Y ¡ajojo con la llama! Que no se te prenda fuego.

Ahora los químicos verdes estamos yendo todos para el agua. O sea que dentro de cincuenta años nadie va a estar extrayendo nada con hexano. O sea posibilidades de fuego: cero. ¿Por qué? Porque es más barato usar agua ¡Ah!

Es menos riesgosa. Y si pasa algo no te pueden hacer un pleito. Porque el tipo estaba usando agua, que es una cosa común. No estaba usando hexano, que se le prendió fuego el laboratorio.

Ahora. ¿Cómo uno....? Lo de la cocina a mí me gusta porque es casi todo Química o Física. O Fisicoquímica. O juego con cosas de cambios de viscosidad y cambios de fases. No es Química en el sentido de reacciones químicas. Casi nunca. Pero algunas sí. Pero hay que realmente ponerse a pensar en las cosas que uno sabe y de repente ver cuál es la cosa que se hace comúnmente con material simple de laboratorio o de cocina. El material de laboratorio son cosas de cocina, hechas en vidrio y adaptadas en forma. Para que los chiquilines lo logren ver y de repente la media docena que hay en una clase de treinta, que les interesa la física y la química y la biología, puedan hacerlo para mostrárselo a los otros veinticuatro.

Siempre he pensado que hay que hacerlo así. Y nunca me ha dado el tiempo sentarme y decir, bueno, miro a Cristina cocinando toda una semana y veo y digo: que cosa, esto, es adaptable a... El aceite rancio es adaptable a... Enranciar el aceite le lleva dos meses. Entonces la escala temporal no es demasiado amena para hacer un práctico. Pero tiene que haber cosas. Porque se hacen tantas cosas. En la cocina se hacen tantas cosas. Que debe haber media docena que sean adaptables. Y yo creo que a los que terminan haciendo carreras científicas duras el agarrarlo me parece que es crucial. Porque después uno los ve acá: muchachos que son toscos en la cabeza, en las manos tienen algo que les salen las cosas. Y muchachos que son inteligentes. Uno les dicen una cosa y el tipo ya entendió todo. Con los dedos son torpes. O sea que la manualidad en química es una cosa

imprescindible. Aunque después el tipo vaya a ser análisis clínico, agarre el tubo de ensayo y haga tiqui tiqui. Pero hay tiquis tiquis que funcionan y hay tiquis tiquis que no funcionan.

**Entrevistador:** ¿Y para los otros que no vayan a ser químicos?

**Entrevistado:** Les sirve la parte de introducción teórica. Si se pudieran hacer cosas de cocina se van con el concepto de que la química no es algo tan remoto de lo diario. Porque lo fantástico que tiene la química y lo "mortal" que tiene la química, es, para el que le gusta la química eventualmente la idea de átomos, moléculas y reacciones químicas, es como que el universo ya calza. No hay que explicar más nada. Se acabó. Y lo de las estrellas ¿Cómo me lo están explicando? Si. Porque las estrellas de segunda generación llegó al hierro y al no sé qué. Y eso se repartió al hacer explosión. Bárbaro. Pero sigue siendo explicado en base a las mismas cosas que uno explica cómo se herrumbra una sartén. No se para usted, pero para mí cuando "el Cañito", allá por García Señorans, explicó lo de átomos y moléculas para mí el mundo, el universo pasó a tener una lógica total. Y nunca más me tenían que explicar nada porque eventualmente como el gato entraba en celo y maullaba, alguien lo iba a lograr explicar con moléculas, eventualmente pasó. Y ahora lo ponen en un tomógrafo y uno ve que la glucosa se va a pensar en música. Y música está por allá donde el anormal aquel que había hecho las regiones del cerebro completamente equivocadas, tenía razón por las razones equivocadas. El tipo piensa en inglés y la glucosa viene pa este lado, piensa en español y va al otro. Es todo Química. Y además, ¿en qué consiste pensar? Es en otras cosas de Química que terminan armadas como ideas que yo no sé dónde diablos están. Pero la glucosa fue porque esas neuronas se tenían que mover porque... bah!

Entonces, pa mí el mundo tomó una lógica total y perfecta. Pero hay gente que uno le habla de átomos y es una idea que es imposible de visualizar. Ahora ¿qué????? Que sepan que existe, que si uno va al corte, el corte llega al final a esto

chiquitito, sirve. Pero lo otro que sirve de la Química para ellos es que está en la diaria. Agua caliente, extracto cafeína y sigo estudiando toda la noche Derecho Romano. La Química me importa un pito, pero que el tipo se dé cuenta que tiene setenta kilos de agua arriba junto con proteínas, grasas y azúcares, las tiene él. Las tiene alrededor en todos lados.

Y las necesita, porque necesita que Botnia esté para poder escribir esto.

Entonces, y que tienen que ser lo más amigables con el medio, de acuerdo.

Y que, no es que le tenga que interesar, que tiene que estar consciente o subconscientemente tiene que saber que eso existe y que es lo que mantiene a todo lo otro andando. Lo mantiene andando a él individualmente y personalmente, pero mantiene andando la industria donde va a ser abogado, el bufete de abogados con papel y tinta, todo. Aparece la Química, aparece por todos lados, porque todo es material entonces todo es Química.

Ahora para mí es a un sector minúsculo de cada generación, hay que tratar de introducirlos a la alquimia de eso. Aunque después no hagan Química ni Ingeniería ni nada porque es gente que va a terminar sacando una satisfacción mucho más grande de su aprendizaje. A los otros hay que hacerles ver que es así, que eso existe, que las moléculas, los átomos, todas esas cosas existen aunque no lo logren entender. Que la Química está rodeándolos permanentemente o que hay cosas químicas que los están rodeando permanentemente y que tiene que tener, no le tiene que tener miedo a la actividad. Porque se va a hacer un huevo frito y lo que hizo fue Química. Y le pone sal al huevo frito y también está haciendo otra Química. Y lo dejamos por ahí.

Entonces, existe, la usas todo el tiempo y te tenés que asegurar que no sea dañina para vos ni para tus nietos.

Ahora (risas) ese es el problema de ustedes no el mío: ¿cómo se arma eso? Porque yo creo que cosas como la Química Verde, todos los profesores de Secundaria lo pueden aceptar sin mayores traumas. Vamos a decir, incluir elementos de Química Sustentable en las clases que dan, no creo que sea problema. Armarse una clase que sea la presentación mía sobre Química Verde con todo el verso, se las mando sin ningún drama para que la den en una clase. Ahora, lo más importante creo yo no son esos, porque esos tres que van a hacer Química en la clase, van a hacer Química aunque tengan al profesor de Música dándoles Química, porque eso les sale de adentro y se van a agarrar con uñas y dientes. El asunto es que a los otros veinticinco hay que informarlos para que sean aún enemigos informados. Digamos, usuarios involuntarios pero informados de todo lo que pasa en Química.

Yo no sé, el problema de los conocimientos previos... Si se hiciera una base de información para todos, que fuera sobre Química Sustentable o más bien sobre Química y sobre los, vamos a decir, creo que el problema más gordo que tenemos de Secundaria no está tanto en la Química Sustentable, sino la Química es una urdimbre de convenciones. Entonces ¿qué es una molécula? La molécula es la unidad menor de una sustancia que mantiene las propiedades, después resulta que no es tan cierto porque si uno tiene siete moléculas pegadas se comportan completamente diferentes que si uno tiene siete billones de moléculas juntas. Pero la idea sirve, que mantiene las propiedades de una sustancia chiqui chiqui.

¿Qué es un enlace? Un enlace es una unión entre dos átomos en una molécula basada en los electrones de sus orbitales. ¿Qué es un átomo? Es la menor unidad que mantiene las propiedades del elemento y que... eso te lo pueden aprender recitado, aunque resulta que para los Químicos eso ya no entra en el horizonte. Eso ya está tan integrado que no hay que explicárselo, posiblemente uno le tiene que explicar a los Químicos, que si la

molécula tiene esa estructura, va a tener tales y cuales características. ¡No burro, no es por el OH es por toda la estructura! Porque eso me lo han discutido... gente...

Fíjate como es la estructura y ahí podés... Entonces eso, pero que hay átomos, moléculas, enlacen y que se rompen, y hay reacciones que van para un lado... eso no hay que explicárselo a la gente que viene para acá. Pero los que vienen acá tienen que saber As quiere decir arsénico. Y el arsénico va a tener un peso molecular, uno lo mira en la tabla. Y que OH es el hidroxilo, esas cosas que son como las rutinas uno a veces encuentra que los botijas no las saben aplicar acá. Entonces, uno le dice hacé un cálculo estequiométrico, ¿ehh? carbonato de calcio más ácido clorhídrico te da... no, yo te lo dije, está todo dicho ahí.  $\text{CaCO}_3$ .  $\text{CO}_3$  te da  $\text{CO}_2$  entonces dos C de carbono, lo podés calcular, podés calcular la, la... Lo fantástico que tiene la nomenclatura química es que la cantidad de información que le dan con ese garabato es brutal. Y los tipos no lo ven. Y los tipos de hecho ponen CA a la dos, eso no quiere decir nada, quiere decir carbono-argón, ni argón quiere decir la A, entonces para los que vienen acá es como la escuela, que tienen que salir sabiendo de la escuela. ¿Qué la batalla de Las Piedras fue en 1811?, no. Lo que tienen que saber es: leer, escribir y hacer cuentas. Y si eso lo saben todos, ¡estamos fantásticos! Porque después lo de la batalla de Las Piedras se lo dicen en Historia en el liceo con más lujo de detalles y el tipo, además lo convence el profe, se va acá pone batalla de Las Piedras y lee, pero tiene que saber leer.

Cuando llegan a Facultad sucede eso mismo, escriben inicio con hache... (Risas) Eso les quedó el poro que les llegó desde la escuela hasta seis años de liceo pero hay que como re-explicarle cosas que tendrían que ser de cajón. Eso yo me preocuparía más por eso para los que siguen Química que por la parte más teórica de la Química. Porque yo noto que para muchos profesores de Secundaria entender lo que es la estructura subatómica, le resulta fascinante. Y lo que son las orbitales, le resulta

fascinante. Y trata de explicarle eso, y el tipo no aún no unió que la orbital más externa es la que forma el enlace, cuando le están hablando de la orbital k y la l, y los picos en el espectro Fraunhofer, y yo qué sé qué más... Yo preferiría que supieran que es esto, C carbono, entonces salto de ahí y ya no me caliento con enseñarles las orbitales y todo lo otro. Claro, para un botija que sale del IPA eso es apasionante y mucho más divertido que el calcio... pero no mucho más útil para el que las recibe, porque se va con eso en la cabeza, y la primer pelota que le pasa picando delante de él, ¡pic! se olvidó de todo.

**Entrevistador:** Tiene que ver con, también con teorías didácticas. Ahora no se puede aprender nada de memoria y hay cosas que se aprenden de memoria.

**Entrevistado:** Claro, lamentablemente es así. Uno puede hacer trampa y hacer un juego de tarjetas y... pero lo que uno está haciendo es haciéndoles aprender de memoria (pausa lee pregunta sobre si considera que se debe enseñar Química Verde en Secundaria) Para mí, debe haber un gen que es Q, porque hay gente que la Química le... a mí me simplificó entender el mundo y entonces se me fueron un montón de dudas, no las tengo. En el fondo, tá, esto es, y como son moléculas hay que resolverlo o con una reacción o con una extracción. Pero hay gente que no es así, que tiene armada la cabeza de otras maneras. Ahora, como ese tipo que le dan medicamentos, toma pastillas y cocina cosas, tiene que tener las nociones que le permitan no ser engañado. Tomar pastillas, está bárbaro, pero tiene que saber que si es pastilla no es él, le va a estar haciendo un efecto artificial. Y si él está tomando algo para el corazón además, que se yo... Entonces, está mucho más expuesto el habitante común al mal uso de la Química de lo que el habitante común piensa. El habitante ve una chimenea que echa humo negro y es el mal uso de la Química. ¡No, no! Está mucho más cerca, se la lleva en el

bolsillo. Y se la come sin chistar. Y eso se lo llevó el viento y a él le cayeron tres granitos de hollín en la nariz y lo otro se lo comió, se comió trescientos miligramos de algo sin tener la más mínima duda.

Yo creo que el aporte de Secundaria es lograr formar una sociedad de gente informada sobre todos los procesos: biológicos, físico-químicos y sociales en los cuales él se va a ver envuelto. Yo no quiero que sea un especialista, porque la universidad se inventó para formar los especialistas. Pero la enseñanza secundaria se inventó porque resulta que hay tanta información abierta, libre, que el tipo tiene que poder sentarse frente a eso y seleccionar coherentemente. Eso primaria no lo puede hacer, son chiquilines de once años. Pero los otros son de dieciocho, van y votan. Los dejamos manejar autos y ahora los vamos a meter presos, y los metemos presos ahora sin miramientos... Entonces uno piensa, el tipo tiene que tener noción que la vida real no son jueguitos de computadora. Que pasan cosas del otro lado, y que lo que pasa, pasó y no tiene marcha atrás. En la computadora si, apreté el botón y va para atrás.

¿Cómo lograr eso en secundaria sin enloquecerse por postular el imperialismo? El imperialismo en mi vida privada ha tenido un impacto lateral, no digo mínimo. Me hicieron pagar el dólar a treinta y cinco y cosas por el estilo. Pero son cosas hasta que yo puedo socialmente formar cuadro y resistirlo. Pero hay otras cosas que son tan individuales que no tengo toda la masa social para que me ayude a hacer números, ir a votar al Pepe, dentro de tres años. Soy yo que tengo que hacer la elección sobre el pucho y tengo que tener un mínimo de información que me permita...

La base es tan básica, adelantamos tan poco respecto a Varela y podemos adelantar tan poco respecto a Varela en la básica que casi no hay duda. Con computadora o sin computadora, hay que leer y hay que escribir y hay que saber cuáles son las letras y cuáles son los números. Aunque la computadora haga los números hay que saber que quieren decir los números.

Los nenes tienen todos cinco años cuando empiezan y tienen todos doce cuando se fueron, no hay tanto tiempo, uno les podrá meter ¿en qué podrá retener? Enseñarle a usar una computadora que es un instrumento y enseñarle un idioma. Eso se lo puede enchufar en la cabeza al botija antes de los doce años. Pero otras cosas sólo a los tres cara de locos que aparecen en una generación que les gusta la Matemática o jugar al ajedrez o lo que fuere más que a un ser normal. De eso se preocupará una escuela de genios, o que los otros se acostumbren a que hay genios entre nosotros, entonces que se quede en la clase normal, o decir no, al que vaya más rápido lo ponen en una clase especializada. En la universidad es fácil, llega el botija de dieciocho años: no nenito, el tubo de ensayo lo agarrás así haces chiqui, chiqui, chiqui porque ese tubo de ensayo es para hacer ensayo a escala chiquita, no es para trasvasar. ¿Y por qué el matraz es así? Porque refluja en el cuello. Pero Secundaria tiene un mandato socialmente mucho más amplio y siempre más difuso porque tiene el conjunto que van a ser especialistas en Química rodeado del conjunto mucho amplio, de especialistas en corredores de bolsa o corredores de embolsados o amas de casa o maestros de escuela. Entonces, ¿cómo se le da una visión especializada al grupo sin dejar atrás al resto? Es complicadísimo, es complicadísimo y obviamente no ha sido resuelta en cien años de Enseñanza Secundaria que tenemos, porque Secundaria sigue siendo nuestra pierna renca.

**Entrevistador:** ¡Cosa que nos pesa, ya que estamos!

**Entrevistado:** Me imagino. Y que es difícilísimo de, no tiene soluciones mágicas. Y el problema es que van a seguir llegando de doce años así y van a salir de dieciocho. Llegan cuando empiezan a ser insoportables y se van cuando empiezan a ser gente. O sea, les toca el peor...pedazo de los chiquilines. En algunas cosas son geniales cuando están en esa edad, en otras cosas en el peor momento le tienen que enseñar lo más complicado de todo. Y bueno, haciéndolos jugar al fútbol a todos

uno les puede enseñar Física cierto, y les puede enseñar otras cosas, pero...

**Entrevistador:** Aprenden a jugar pero a conceptualizar no es tan fácil.

**Entrevistado:** No es tan fácil. Entonces, acá lo de hacer cosas en conjunto es muy importante, sobre todo los uruguayos somos una sociedad muy cohesiva, nos encanta estar todos amuchados. No nos gustan los que se..., los queremos pero siempre que se comporten, anda con Wanda Nara pero Wanda Nara es una chiquilina encantadora, es discreta, entonces, lo aceptamos que sea un bicho raro. Pero lo que nos gustó más es el cuadrito que armó Tabárez (risas) Llegó a lo que somos. Es diferente que en Argentina, en Argentina les encanta tener un montón de primmas donnas, cuando andan bien andan bárbaro, cuando andan mal es espantoso.

Pero, no sé, lo veo, las necesidades de la enseñanza de las técnicas y las tecnologías de educación en Secundaria las veo como muy complicadas porque agarran a gente muy complicada, los agarran a todos, les tienen que enseñar cosas especializadas entonces la tentación es enseñarle a los cinco que van a especializarse pero en realidad pesan mucho más los veinticinco que no se van a formar. Pesan porque son los que atrasan todo pero además pesan porque son la mayoría.

¿Sirvió?

**Entrevistador:** Si por cierto. Por cierto y además me despertó curiosidad...

## **Anexo IV: Entrevistas a docentes**

### **Entrevista I**

**E:** En los programas del plan 2006 de bachillerato se incluyen algunos objetivos que apuntan a tener en cuenta los compromisos sociales y ambientales de la Química.

- a. *Sensibilizar a los alumnos acerca de los problemas que vinculan a la ciencia, la tecnología y la sociedad, de modo que se comprometan en la búsqueda de soluciones a los problemas.*
- b. *Favorecer en el alumno su capacidad de utilizar en situaciones nuevas los conocimientos científicos adquiridos; de modo que éstos le resulten útiles en su vida social y en la toma de decisiones sobre problemáticas que pueden influir en la calidad de vida humana y la preservación del medio ambiente.*(Programa de Primer año de Bachillerato – Plan 2006)
- c. *Comprensión del papel de la Ciencia, como determinante para una participación plena y responsable en la toma de decisiones, que afectan a la sociedad en su conjunto y también a su vida personal, con el objetivo de que el estudiante pueda estar en mejores condiciones de inserción en la sociedad y participar de su transformación. .*(Programas de Segundo y Tercer Año de Bachillerato)

En el programa de tercer año de Ciclo Básico en la fundamentación del curso se afirma: *“...presente curso se busca que el alumno comprenda la contribución que la química, junto con otras disciplinas científicas, ha tenido y tiene en la evolución y la situación actual de la sociedad. Promueve también la toma de conciencia de las consecuencias que derivan del uso no planificado de la ciencia y potencia el respeto y cuidado del medio, la gestión*

*y el aprovechamiento racional de los recursos existentes en el planeta,...*”

¿Qué opina de insertar estas temáticas en la planificación?

**P:** Bueno, todo muy lindo, opino que estaría bueno, que puede ser muy interesante, pero... creo depende del contexto del liceo, en qué tipo de liceo estés, que tipo de alumnado tengas, si es un liceo tipo de guardería, o es un liceo el que estás para enseñar. En el caso de tener la suerte de estar en un grupo con el que podés trabajar, como se debería trabajar en todos, pero que no se puede a mi me parece bien. Me parece que en los primeros años de la enseñanza de la química esto puede aportar a facilitar el aprendizaje en cuanto a que puede motivarlos. No dar solo teoría y conceptos, y solo formulas, si no que permite contextualizar los conceptos que uno les tiene que mostrar y que los chiquilines tendrían que poder comprender me parece que contextualices y que puede ser motivante. Ahora me parece que se presentan muchas dificultades en liceos de contexto socioeconómico bajo, por ejemplo, fundamentalmente, en donde tenés muchos alumnos, tenés muchos alumnos, que en realidad van al liceo y en realidad su intención no es aprender. Su intención es otra. Eso te dificulta porque el trabajo en estas cosas te implica que ellos realmente estén comprometidos en la tarea. Porque si no trabajar contextualizando sin que ellos se involucren no le veo. No veo que pueda servir de algo. En realidad, a mi me pasa, con estudiantes que están ahí para molestar nada más. Eso te dificulta mucho el trabajo. Entonces te lleva tanto tiempo que, me parece que esos temas sería una clase bárbara para una clase de veinticinco gurises que podés trabajar bien y que estén interesados, pero que te pueden boicotear estos chiquilines, otros. El otro tipo de chiquilines te pueden boicotear el trabajo y al final saldrías sin dar nada. Por que se

pierde, se pierde. El tema de contextualizar, yo lo he hecho, enriquece mucho, pero si no se aprovechan bien los tiempos, al final tenés problemas en el cumplimiento del contenido que el programa te pide que cumplas.

**E:** Bueno. Te iba a preguntar qué desafíos puede tener esto, y me hablaste principalmente de los desafíos. Vos me hablaste de que puede ser muy motivante. Le encontrás que aparte de la motivación, le encontrás alguna otra cosa. Y además aclárame un poco por qué sería motivante trabajar en esto.

**P:** Motivante en contraposición a las clases de ir y dar conceptos aislados que no tienen significado para los chiquilines. Motivante en ese sentido. Podés contextualizar y por lo tanto ellos pueden comprender y pueden lograr un aprendizaje significativo porque podés tocar temas que a ellos les pueden interesar. En ese sentido. Y que vean que sirve para algo la química que tiene algo que ver con su vida. Si vos le das los conceptos como están en los libros. No en los últimos. Pero en los libros anteriores: Métodos de separación de fases. Clasificación de alcanos Clasificación de alcoholes. Y así seguimos. (Con tono aburrido). Si vos lo das así, eso a mucha gente no le sirve, no le gusta y no lo aprende. Entonces me parece que manejando un poco eso de la ciencia y la tecnología, la sociedad, ver casos concretos. Agarrar, yo que sé, en cuarto el tema de la fabricación de bebidas alcohólicas y ver los procesos, y ver los porqués. Qué alcoholes tiene. Y ahí ir dando el contenido que te pide el programa, pero en esta contextualización facilita mucho. Y te da otro vínculo.

**E:** Y bueno. Pero, entonces. Vos me decís que depende del contexto. Pero vos, en lo personal, ¿tomas en cuenta esto al planificar?

**P:** Sí. Lo he hecho en algunos años. Y tal vez mi respuesta se deba a mi experiencia en este momento, que no puedo hacer nada. Pero sí lo hice. Y trabajé. No en cuarto. Que lo trabajé un solo año. Sí en sexto. Que trabajé un solo año, pero

en sexto era más fácil para mí contextualizar y trabajar... en la parte de radiactividad que trabajaba con los diagnósticos médicos. Yo tenía un sexto de medicina. Y entonces como que era muy fácil contextualizar. Ahí era mejor. Trabajabas mejor. Igualmente el programa en aquel momento era muy denso y te llevaban corriendo, y tampoco te podías quedar mucho tiempo. Y eso era un problema. Fundamentalmente porque en sexto tenías otro montón de colegas que, de repente no trabajan de la misma forma que trabajas vos. O que te gusta trabajar a vos. No podés. Porque medio que las salas ya te dan los lineamientos más o menos. Y las fechas. Y los prácticos están predeterminados para tal día. Y son esos prácticos y no otros... Esa es otra de las cosas que hay que modificar. Porque si vos querés trabajar con este tipo de encare, no podés tener prácticos como los que tenemos ahora. Que te van diciendo un práctico es así y ellos tienen que seguir la receta. No entienden nada lo que van haciendo. O sea. Tah. En ese momento no estaban los proyectos. Ahora con los proyectos, de repente es distinto. Este... me perdí que era lo que me habías preguntado.

**E:** Tú me estabas hablando de las dificultades. Yo te había preguntado qué beneficios. Tú me hablaste de la motivación. ¿Encontrás algún otro beneficio?

**P:** Qué les guste la química. Porque así como estamos todos salen diciendo que la química es horrible. (Riéndose). Más que eso. Qué vean que la Química realmente sirve. Qué no se lleven un mal concepto de lo que es la Química.

**E:** Yo te pregunté si tú lo tomabas en cuenta al planificar. Y tú me hablaste de bachillerato. ¿Y en ciclo básico?

**P:** Si yo en ciclo básico, yo trabajo. Trabajé muchos años. En realidad la mayor parte de mi carrera yo la he desarrollado en tercer año. Y trabajé muchos años con... Me gustó mucho el programa ¿qué programa era? ¿Era 2006?

**E:** ¿96?

**P:** No. Fue el programa inmediato después que se separó otra vez física de química. El siguiente que duró dos años creo. Por eso te digo que me parece que fue 2006. Porque antes estaba Física y Química juntos. ¿Te acordás? En los próximos dos años hubo un programa que para mí era espectacular. Estaba todo el tema de materiales y no sé qué... Pero yo más que nada me dediqué a la parte de... este... residuos sólidos urbanos. Y trabajé... Todo el curso lo trabajé en base a la contaminación ambiental. De todo. Uno de los grandes temas era residuos sólidos urbanos. Pero también trabajamos con contaminación atmosférica, porque toda la parte de óxidos lo dimos con la contaminación atmosférica. También trabajamos un poco con contaminación del agua, junto con toda la parte de solución..., concentración... iones. Todo eso lo di con esto. Con contaminación del agua. Ahí planifiqué todo el programa con el eje de contaminación. El efecto. La idea era el efecto que tiene el hombre con el planeta. Y entonces hablábamos mucho. Me fue bárbaro por un par de años. Hasta que vino toda esta hecatombe de de estos adolescentes diferentes. (Riéndose). Los cuales tengo un grupo de cuarenta chiquilines, de los cuales dieciséis con los que podés trabajar y que se interesan. Y al final soy cuidaadolescentes en vez de ser educadora de química.

**E:** ¿Tú has oído hablar de Química Verde?

**P:** He oído hablar de Química Verde.

**E:** ¿Qué has oído?

**P:** He oído que...Mirá El primer contacto que tuve con eso fue Moyna en Facultad de Química. Qué empezó fue a hablar de la Química Verde. Era el loco de la Química Verde. Al principio en realidad no. En realidad solamente escuché hablar "de Química Verde". Fui a un par de charlas de él. Ahora en el 2009 hizo una charla también en el Congreso de Química Analítica. Y en realidad lo que tengo más fresco es la presentación en el Congreso de Profesores de Química. ¿Y

qué es? Bueno. Por lo que me acuerdo... y que interprete. la idea es que ... este ... a partir de la década del 90 se empezó a trabajar con ... con... la idea de, no tanto trabajar con este --- con la industria contaminante cómo hacer qué... Para tratar los residuos de la industria por ejemplo. O de la industria química. Si no más bien empezar a trabajar con el proceso del... En los procesos para no producir esos contaminantes. Entonces, por lo que tengo entendido, la Química Verde trata de no atacar las consecuencias de los procesos industriales, si no que trata de atacar los procesos industriales y plantear nuevas formas de ... este ... producir cosas que tengan la misma utilidad .. o que tengan los mismos beneficios que lo que se tiene actualmente, pero que no contamine. O reducir al máximo descartar metales pesados, clorofluorados....

**E:** ¿Y vos pensás que la Química Verde se puede enseñar en Educación Secundaria?

**P:** Es difícil... Depende. Yo no tengo mucho conocimiento de la Química Verde para decir: sí se puede enseñar en tal lado, y en tal lado no. No se me ocurre todavía en qué. Sí en crear conciencia a los estudiantes. Y darles los principios de la Química Verde y eso. Ahora de ahí a que yo pueda plantear en los cursos con Química Verde, no creo que yo pueda, porque no me siento todavía capacitada, porque yo no tengo capacitación en eso. Pero supongo que sí. Además mejor. Porque se supone que ahora con esto de que no podés trabajar con prácticamente con ninguna sustancia (riéndose). En el laboratorio del liceo. De repente con la Química Verde tenés más opciones para ir al laboratorio.

**E:** ¿Y en qué niveles pensás que se puede aplicar?

**P:** Yo te diría en niveles más avanzados. No creo que en tercero lo puedas aplicar. A mí me gusta trabajar en tercero en la concientización y todo lo demás. Pero en tercero vos das base. No te pueden entender, me parece, esa altura los conceptos de Química Verde, porque no tienen todavía los

conceptos de Química. Es el primer año que se supone aprenden algo de Química. Así que te diría, este..., más bien en quinto y sexto. Darle alguna noción de repente ¿no? Porque al ser tercero terminal, se supone que por lo menos que les suene algo. Pero ahora trabajar planificando con cosas que tengan que ver probablemente en quinto y en sexto.

**E:** Bien. ¿Qué crees que puede aportar (aunque ya en parte lo dijiste, pero para que lo desarrolles más) qué puede aportar la Química Verde a los alumnos de educación secundaria?

**P:** ¿Qué puede aportar? A los alumnos no sé. Probablemente si llegan a seguir estudiando química y estudiar alguna carrera que tenga que ver con eso. Ya que como que los vas formando de chiquito y ya le vas sacando una cabeza diferente. Ahora a estudiante que van a terminar en el liceo, más bien darles herramientas para que comprendan ciertas informaciones que se puedan dar o que pueda llegar a hacer un análisis crítico de alguna cosa que pase. Alguna noticia. Qué tengan herramientas para poder analizar críticamente. Lo que escuchan. Me parece más importante para los futuros profesionales.

**E:** Bueno. ¿Y de qué manera piensas tú que se podría insertar la Química Verde? Ya aclaraste que en Ciclo Básico sería darles algunos conceptos básicos. Y en Bachillerato ¿vos que pensás que se podría hacer? ¿De qué manera?

**P:** Bueno. Yo no te voy a poder ser de mucha ayuda porque en realidad hace tiempo que no doy segundo ciclo. Por lo que escuché la práctica aquella de jabones que se hacía en sexto. Se puede hacer de forma diferente. No trabajar con soda. Trabajar con enzimas. Pero en realidad no he... Como no tengo que planificarlo, no me he puesto a pensar cómo aplicar Química Verde. La verdad es que ahí no te puedo ayudar demasiado.

**E:** ¿Qué opinas de la formación que tenemos los docentes en general sobre estos temas? Química Verde, cuidado del ambiente, responsabilidades sociales de la ciencia.

**P:** Poco. Por lo menos los de nuestra generación. Lo que yo sé lo he oído y lo he visto en congresos. Pero no en formación del IPA, nunca lo vimos. Por lo menos que yo recuerde no lo vimos.

**E:** ¿Y vos consideras que se deberían incluir en el currículum de formación docente?

**P:** Está incluido me parece. Yo sé que en cuarto año del nuevo plan, del 2008 (cuarto comienza el año que viene) hay una materia que tiene que ver con Química Ambiental, y supongo que ahí se puede manejar. Ahora el tema está en quién da esos cursos y si los que van a dar esos cursos tiene conocimientos (riéndose) de lo que es la Química Verde.

**E:** Bien. Se va a insertar. Pero ¿a vos te parece que eso es positivo?

**P:** ¡Claro! Sí. Sí.

**E:** Bien. ¿Crees que se deberían hacer cursos o jornadas para los docentes que vos decís que no tuvimos esa formación, se deberían hacer cursos de actualización en estos temas?

**P:** Sí. Pero ¡ajo con que cosa se haga! Los cursos de actualización no es de que me van a dar un mazazo. O sea de que me van a ir a dar charlas de lo que es la Química Verde y no sé qué. Dar las herramientas. Mostrame ejemplos. Mostrame prácticas que se puedan incluir en los programas. O sea cosas prácticas que los docentes puedan tomar para aplicar fácilmente. Me parece que eso es básico. Este. No sé. Algún libro vendría bien.

**E:** Bueno. ¿Querés agregar algo más sobre el tema?

**P:** No. Creo que está agotado.

**E:** ¡Muchas gracias!

## **Entrevista: II**

**E:** En los programas de plan 2006 de bachillerato se incluyen algunos objetivos que apuntan a tener en cuenta los compromisos sociales y ambientales de la Química: 1) sensibilizar a los alumnos acerca de los problemas que vinculan la ciencia, la tecnología y la sociedad, de modo que se comprometan en la búsqueda de soluciones a tales problemas, 2) favorecer en el alumno su capacidad de utilizar en situaciones nuevas los conocimientos científicos adquiridos, de modo que estos le resulten útiles en su vida social y en la toma de decisiones sobre problemáticas, que puedan influir en la calidad de vida humana y en la preservación del medio ambiente (esto aparece en el programa de primer año de bachillerato). Después, en el programa de segundo y tercero dice: comprensión del papel de la ciencia como determinante para una participación plena y responsable en la toma de decisiones que afectan a la sociedad en su conjunto y también a su vida personal, con el objetivo de que el estudiante pueda estar en mejores condiciones de inserción en la sociedad y participar de su transformación.

Después, en el programa de tercer año de ciclo básico, en la fundamentación del curso se afirma: en el presente curso se busca que el alumno comprenda la contribución que la Química junto con otras disciplinas científicas ha tenido y tiene en la evolución y situación actual de la sociedad. Promueve también la toma de conciencia de las consecuencias que derivan del uso no planificado de la ciencia y potencia el respeto y el cuidado del medio, la gestión y el aprovechamiento de los recursos existentes en el planeta.

¿Vos qué opinas sobre insertar estas temáticas en la planificación?

**P:** Bueno, eeeeh,... cualquiera de esos puntos me parecen objetivos bastante generales de los programas, de ese tipo de objetivos generales que usualmente no los tenemos demasiado en

cuenta a la hora de planificar. O sea, esos objetivos que tienen más que ver con el cuidado del ambiente o con el cómo ver a la Química, pero de una de una forma muy general y que nosotros tratamos en nuestro curso de llevarlo a algo mucho más concreto, mucho más ... , mucho más a la temática particular de los cursos, eso implica de que la mayoría de esos temas no son tenidos en cuenta en ninguno de los cursos, y me incluyo dentro de las personas que no toman en cuenta esa parte de la Química, la parte de la Química en la cual nosotros tenemos que hablar acerca del cuidado del medio, de generar sujetos responsables y tomar en cuenta todo lo que tiene que ver con la conservación del medio, eso en general no está incluido dentro de mis planificaciones. (pausa)

Así que... lo que te decía, que opina de insertar estas temáticas, me parece bueno tratar de insertarlas, me parece bastante complicado en función de nuestra cabeza como está pensada para el diseño de los distintos programas.

Entonces, por más de que es algo bastante innovador y bastante útil para los alumnos, el cómo insertarla en los programas me parece un poco complicado.

**E:** Justamente esa era la segunda pregunta, ¿qué beneficios y qué desafíos, qué dificultades tendría eso?

**P:** En cuanto a beneficios me parece que básicamente es una parte importante de nuestra tarea como docentes el inculcarles cierto respeto, cierto cuidado y ciertas nociones acerca de los riesgos que pueden tener determinadas reacciones, de los riesgos que tienen determinados procesos, de los beneficios que tiene el uso de determinadas sustancias de manera cuidadosa y de manera respetuosa con el ambiente ... pero tiene la dificultad de que no estamos capacitados o no fuimos enseñados de la forma como para poder transmitirlo de esa forma.

**E:** ¿Tú has oído hablar de “Química Verde”?

**P:** He oído hablar, de vos.

**E:** Ah, bien, bien. ¿Y qué idea tenés en general?

**P:** La idea que tengo yo de Química Verde es el manejo de determinados aspectos de Química que tienen que ver con el cuidado del ambiente y de tener en cuenta determinados riesgos que toma, que tiene en cuenta el uso de una cantidad de sustancias que nosotros las utilizamos sin ningún tipo de cuidado de que es lo que hacemos después con ellas, como las desechamos y demás. Esa es la idea que tengo yo acerca de Química Verde.

**E:** Eso lo incluirías también dentro de lo que vos pensás que es difícil de insertarlo en los programas porque nosotros en realidad fuimos enseñados para otro tipo de enseñanza.

**P:** Y sobre todo porque las temáticas a las cuales muchas veces estamos acostumbrados a tratar, no están explícitamente destinadas a eso. Es decir, los temas que nosotros tenemos para tratar en ningún momento hablan de Química Verde, en ningún momento hablan de el cuidado de, por lo menos yo no lo veo, no recuerdo en los temas de los distintos programas la parte explícita de cada uno de estos temas que involucran a la Química Verde. Entonces, el tratar de insertarlos implica mucho pensar en que es lo que puedo poner en cada una de esas partes de ese programa. Cómo hacer para determinados temas que no están implícitos tratar de hacerlos funcionar en determinados lugares.

**E:** Y si los programas lo explicitaran, primero que nada ¿vos crees que deberían estar? Y en todo caso si pensás que si ¿en qué niveles crees que deberían estar?

**P:** Eeeeh (pausa) si, deberían estar. . . A ver, me parece que es una parte que puede ser muy útil para los gurises, por lo tanto es algo que quizás deberíamos dedicarle un poco más de tiempo. ¿En qué profundidad? Bueno, ahí, realmente no tengo demasiada noción acerca de, o sea no conozco lo suficiente acerca de la temática como para poder decir hasta donde. Pero me parece que de repente habría alguna temática que podría estar un poco más implícita en los distintos programas.

**E:** Y, ¿cómo te parece que sería la mejor manera de insertarlo? , ¿Trabajando en forma experimental a partir de la Química Verde, o darles conceptos teóricos? Digo en base a lo que tú conoces...

**P:** En base a lo poco que yo conozco. . .

**E:** . . . porque está poco difundido.

**P:** . . . me parece que la parte experimental puede ser bastante complicada. O sea, no lo veo desde el punto de vista experimental como aplicar demasiado los distintos conceptos de Química Verde. . . No sé, pienso más Química Verde a la altura de algo más industrial. O por lo menos esa es la noción que manejo un poco más yo desde mi perspectiva.

Entonces llevarlo a algo experimental en un trabajo de laboratorio bastante simplificado como es lo que tenemos, no, no lo veo, pero si en la parte teórica.

**E:** Te voy a hacer una pregunta pero creo que tú ya la contestaste, que es ¿qué opinas de la formación que tenemos los docentes en general sobre estos temas?

**P:** Bastante deficitaria.

**E:** Por eso mismo esa pregunta la pasamos.

¿Y tú crees que debería estar incluido en el curriculum de Formación docente?, ¿o que debe estar?

**P:** Hay un montón de cosas en Formación Docente que tienen que ver más con el estudio de la Química General y no de los puntos que nosotros debemos transmitir a los alumnos, entonces eso me parece que es algo importante para transmitirle a los alumnos que no está presente en la mayoría de los cursos que nosotros tenemos en Formación docente. En Formación docente tenemos una cantidad de cursos que apuntan hacia el conocimiento de las distintas partes de la Química pero que nada tienen que ver con la Química Ambiental o con determinados puntos que nosotros tratamos de hacer de los alumnos sujetos más pensantes. Entonces, repito, la Formación Docente es bastante deficitaria en determinados puntos. Apunta mucho al conocimiento de aspectos muy generales de Química, pero no de determinados aspectos que nosotros queremos que los gurises sepan después.

**E:** Pero ¿vos pensás que sí, que debería estar?

**P:** Si, me parece razonable en función de lo que queremos esperar de ellos.

**E:** Y ¿te parece que se deberían hacer cursos o jornadas o alguna forma de actualización sobre los docentes que no tenemos esa formación?

**P:** Es la única forma en la cual estemos en contacto, que conozcamos algo de eso. Yo me enteré particularmente conversando contigo en una ocasión y a partir de ahí conocí algo de ésta temática. Yo antes no tenía ni idea de ella.

Bueno, por lo tanto si, la existencia de cursos, de algún material impreso o algo que nos pueda hacer llegar algo acerca de esta temática sería bueno.

E: Bueno, ¿te parece que querés agregar algo más sobre el tema?

P: No, me parece que no.

P: Bueno, muchas gracias.

E: Muchas de nada.

### **Entrevista: III**

E: En los programas del plan 2006 de bachillerato se incluyen algunos objetivos que apuntan a tener en cuenta los compromisos sociales y ambientales de la Química.

- d. Sensibilizar a los alumnos acerca de los problemas que vinculan a la ciencia, la tecnología y la sociedad, de modo que se comprometan en la búsqueda de soluciones a los problemas.*
- e. Favorecer en el alumno su capacidad de utilizar en situaciones nuevas los conocimientos científicos adquiridos; de modo que éstos le resulten útiles en su vida social y en la toma de decisiones sobre problemáticas que pueden influir en la calidad de vida humana y la preservación del medio ambiente.(Programa de Primer año de Bachillerato – Plan 2006)*
- f. Comprensión del papel de la Ciencia, como determinante para una participación plena y responsable en la toma de decisiones, que afectan a la sociedad en su conjunto y también a su vida personal, con el objetivo de que el estudiante pueda estar en mejores condiciones de inserción en la sociedad y participar de su transformación. .(Programas de Segundo y Tercer Año de Bachillerato)*

En el programa de tercer año de Ciclo Básico en la fundamentación del curso se afirma: *“...presente curso se busca que el alumno comprenda la contribución que la química, junto con otras disciplinas científicas, ha tenido y tiene en la evolución y la situación actual de la sociedad. Promueve también la toma de conciencia de las consecuencias que derivan del uso no planificado de la ciencia y potencia el respeto y cuidado del medio, la gestión y el aprovechamiento racional de los recursos existentes en el planeta,...”*

¿Qué opina de insertar estas temáticas en la planificación?

**P:** Bueno. En realidad estoy de acuerdo en que hay que incluirlas sin dudas. También creo que hay, o sea es difícil poder insertarlas y no caer simplemente en slogans. Es decir, para realmente poder trabajar esto, implica hacer una muy buena selección. Porque en realidad no puedes trabajar todo. Y tal vez si lo pudieras hacer, no estamos acostumbrados a planificar un curso en donde el objetivo principal fuera, de repente, trabajar estas cuestiones más allá de los contenidos específicos de la química que tengamos que enseñar. Entonces me parece que hay como dos cosas. Poca información de repente para trabajarlo. ¿Sí? Simplemente hay una información vaga. O de aprobación del conjunto de los docentes, pero con grados de apropiación de contenidos que refieren a esto bien distintos. Entonces la gente queda en decir, bueno, con esto yo estoy contextualizando. Pero realmente ¿Cuánto tiempo le dediqué a esto de vincular la ciencia con su incidencia en el medio?, o de vincular, este, determinado tema específico con el impacto que pueda tener sobre un caso concreto más local o más global.

**E:** O sea qué, de acuerdo a lo que vos decís, o sea qué, el problema estaría, haber si yo entendí bien, en la formación que

tenemos los docentes respecto a estos temas. ¿Esta sería una de las dificultades?

**P:** Claro. Yo creo que una cuestión, sin duda, de formación. Después de empezar a apropiarnos de esa información y animarnos a ponerlas en juego ¿no? Como estrategias de clase. Es decir animarte a armar una clase distinta a la tradicional. Y eso tiene que ver con la formación como docente. Qué ya lo puedas trabajar, supongo en los espacios de las didácticas, y también tiene que ver con que hay que leer (con énfasis) la química desde otro lugar. O no solo leer química. E incluso leer química desde otro lugar, que no es solo desde la disciplina, o las disciplinas que hacen el campo de la química.

**E:** ¿O sea que vos pensás, que, entonces en formación docente se deberían incluir estas temáticas?

**P:** Sí. Claro. Es decir, es totalmente incoherente que formemos docentes, que después les pidamos cosas que en su formación no la tuvieron.

**E:** Perfecto. ¿Y para los que no la tuvimos, pensás que se deberían generar instancias: cursos, jornadas, que apuntarán por lo menos a agiornarnos algo en esto?

**P:** Sí. Yo creo que sí. Lo que pasa es ahí la cuestión siempre parte, para no tener más de lo mismo, parte de que tenemos que tener primero gente formada en estas temáticas. Yo creo que hay gente que de repente puede conocer más de un tema o de otro. Pero tenemos que crear un formato que permita crear cursos que sean insumo para otros docentes. Entonces eso significa, de alguna manera tener gente que esté pensando en, este la enseñanza desde ese lugar. Y qué de alguna manera esté investigando. Porque la idea de preparar un curso para docentes, tiene que ser alguien que por lo menos tuvo un tiempo de reflexionar sobre lo que va a exponer. Y bueno, obviamente que hay siempre una cuestión de aprendizaje continuo con respecto a lo que uno se define

como tema de profundización. Pero tenemos que de alguna manera posibilitar desarrollar eso como líneas importantes de profundización e investigación en la enseñanza. Creo que acá pueda ser un lugar donde se pueda hacer. Y bien, después sí, para que en secundaria la gente pueda realmente trabajar bien estos temas, hay que formar gente. Pero primero hay que formar a los formadores.

**E:** Una pregunta extra eso, ¿vos pensás que debe haber materias que apunten a eso o que debería ser un tema transversal en la formación de los docentes? O las dos cosas.

**P:** Hay cuestiones, como el tema bien del medio ambiente, ¿no?, y creo que por ley el tema de lo ambiental está incluido es un buen ejemplo de eje transversal y que no se puede trabajar si no desde esa dimensión por las características del conocimiento, sobre por ejemplo lo ambiental. Capaz que hay otras temáticas más puntuales, yo que sé un curso ciencia, sociedad y tecnología se podría incluir como un curso optativo dentro de Formación Docente o bueno, hoy en día creo que hay que pensar las carreras a largo plazo y pensar en las postgraduaciones. Y sin duda que un docente tiene que para poder realmente instrumentarlo en sus clases y ser transformador en la enseñanza, haber tenido instancias de haber discutido mucho sobre esas cuestiones y no simplemente que le llegue un slogan de que lo que hay que hacer ahora cuando damos clase, porque le llegó en un programa, es enseñar ciencia, tecnología o vincular la sociedad con la ciencia y la tecnología. Hacer eso implica bastante, ¿no?

**E:** Y vos cuando planificas, ¿tomas en cuenta estas temáticas?

**P:** Y bueno, ahí depende de cuánto conocimiento a veces pueda tener de esto y lo puedo hacer en algunos cursos, lo he hecho y he pasado por instancias donde de repente he leído un poco más sobre el tema. O sea en enfoque CTS estuvo muy de moda, creo que sigue, es muy vigente a nivel mundial,

incluyendo el tema del medio ambiente y en algunos casos puntuales he trabajado algunas temáticas tratando de darle énfasis. Claro, uno a veces en los cursos se detiene más o menos dependiendo también de que curso está dando y bueno, y cuanto tiempo hace que des el curso. En esta etapa, en donde estamos en constante cambio de los programas y de los planes, uno como que nunca termina de adaptarse. Creo que también eso a veces incide en como sean las... en cuanto uno puede realmente incluir estas cosas. Yo creo que la intención está, más o menos, en algunos casos... lo he intentado incluir.

**E:** ¿Y qué beneficios ves para los alumnos de secundaria? ¿Y qué dificultades ves? Ya me hablaste como dificultades, que una sería la formación del docente, los conocimientos que tenemos. Me nombraste también, si yo no entendí mal, un poco el tiempo del que disponemos para trabajar.

**P:** Yo creo que la dificultad más grande nuestra sigue siendo leer, tener formación en esto. Y además poder pensar que, de repente, los contenidos los podemos seguir trabajando dentro de esta lógica. Lo cual no es sencillo cuando, de repente, tuvimos un formato de aprendizaje y de formación que no incluía estos abordajes. Esto sigue siendo una dificultad que tiene que ver con la formación. Para los estudiantes, bueno, también. Porque de última hay toda una cuestión de...este...políticas de textos, políticas curriculares instaladas que están más o menos en el imaginario de todos los docentes. Es decir, uno puede trabajar en un curso particularmente, pero si tenemos que pensar en un examen, en un curso final, si estamos integrando, tenemos que, de alguna manera, llegar a planificar esto muy en conjunto para que los contenidos sean abordados desde esta óptica. Y entonces, que eso también, la evaluación no sea contradictoria a la forma de trabajo. Y eso muchas veces, somos demasiado esclavos de la evaluación, en el sentido más tradicional. Bueno, o en el sentido de cómo se dan generalmente los cursos. Es decir innovar también implica,

bueno, este... ser fiel a eso hasta el final. Y una de las partes puede ser la evaluación. Y yo creo que en eso, en lugares donde, de repente no se termina de trabajar en grupo, porque realmente no tenemos muy aceitadas estas formas de trabajar en grupo, incluso en estas temáticas. Eso termina en, bueno, "sí dimos algo del enfoque de los temas de la problemática de las ciencias, su aplicación. Pero después eso, en la evaluación casi no se ve.

**E:** ¿Y beneficios que pueda tener? ¿Por qué incluir esto para los alumnos? ¿Qué le puede aportar?

**P:** Claro. Yo creo que esta todo en la línea de pensar la función de la educación en general. Y la función que puede tener el bachillerato hoy en día. Que no es exactamente la misma podría tener el bachillerato en otra época. Es decir el tema de formar un tipo que pueda realmente ser crítico y participar activamente en el entorno en el que vive, implica, bueno, que vos de alguna manera, desde la enseñanza formal le estés dando elementos para que pueda participar activamente en la vida como ciudadano. ¿No? Y bueno, y eso, a veces supone... que debería de venir a buscar al liceo, cosas que a veces las encuentra o en Internet, o en el Discovery, o en lugares que...Lo atractivo, lo que le explica sobre la realidad, están en otros lugares, y no en la enseñanza formal que recibe. Y bueno, y eso, de eso que crea la disfuncionalidad entre la enseñanza... Yo creo que eso salta a la vista. Es un elemento fuerte. Aunque no el único, que es explique mucho de los problemas que tenemos hoy en día. ¿No? Para retener al estudiante, para que los estudiantes realmente se sientan atraídos por el conocimiento que ofrecemos.

**E:** ¿Vos has oído hablar de Química Verde?

**P:** Algo. Pero no mucho. En realidad poco. Alguna charla así...

**E:** ¿Qué es lo que has oído?

**P:** Bueno, en realidad, que... tengo idea, bueno, que tiene que ver con, bueno, volver a la naturaleza y ver los..., de repente..., no se..., pensando..., yo que sé... una fuerte crítica a la industria de los medicamentos. Y bueno... ir a buscar esos principios activos en fuentes naturales, y ver, bueno, como desde ahí, se puede... realmente, tener potencialmente, todo una cuestión química, de extracción. Qué no es exactamente la otra ruta que había hecho el hombre en su producto. El desarrollo del capitalismo, o sea insertar la lógica de la ciencia en la lógica del capitalismo que es la producción en gran escala por vía sintética. ¿No?

**E:** Y eso que conocías. Tú me decías que fue en alguna charla... ¿Y en algún otro lugar?

**P:** En alguna charla sí... creo que una vez vi una charla que hizo Moyna. Un pedazo de una charla, en un curso, en esos ciclos que hacen en la facultad. Y después alguna cosa que he leído. Pero nunca me detuve mucho a leer, en detalle no.

**E:** Hoy hablábamos en general. Pero, y... el enfoque CTS en general. Pero en particular. La Química Verde ¿vos crees que se podría insertar de alguna manera en educación secundaria?

**P:** Y... ya te digo... No conozco demasiado...sobre todo lo que es... Pero yo creo que sí... que se puede. Es un ámbito potencial, que yo creo que puede resultar atractivo para los estudiantes.

**E:** ¿Y en qué niveles crees que se podría impartir...?

**P:** ¿Cuándo te referís a niveles....?

**E:** Me refiero a Ciclo Básico, Bachillerato... o Cuarto que siempre lo tomamos medio como una transición.

**P:** ¡Ah! Claro. Este... No... Yo no sé si depende mucho de los niveles. Yo creo que se podría trabajar en ambos. ¿No? Veo que con diferentes niveles de profundización, o de alcance. Pero yo creo que... no depende de qué nivel lo puedas plantear.

**E:** Y...la forma de plantearlo es, dentro de lo que vos conoces, ¿vos que debería apuntar más...? ¿Qué método? ¿Darle por ejemplo, hay una serie de principios que son de la Química Verde? ¿Trabajar más esa parte teórica? ¿O trabajar más la parte experimental...?

**P:** Bueno. Yo creo que... en realidad se deberían trabajar las dos cosas. No es una independiente de otra, porque si no le hacemos creer a los chiquilines que experimentar es ponerse a mezclar cosas nada más. Y esa una de las cosas que a veces trabajamos mal, muy mal en secundaria. Que por el hecho de decir..., bueno..., que experimenten. Creo que sí. Que si nos decidimos a incluir dentro de la currícula principios de Química Verde, sin duda que lo podemos hacer desde la dimensión experimental que constitutiva de los saberes propios. Y bueno, y también de la dimensión teórica. Sin duda. Creo que ahí hay que buscarle la vuelta. Por eso te digo que a veces ahí hay grandes dificultades. ¿Cómo recortar? Porque a veces el tema del diseño del experimento, de lo que vos les propongas. Que sea realizable, y que puedan trabajar algunos contenidos mínimos del tema.

**E:** Bueno. Yo te voy a agregar alguna pregunta. Porque me quedó la idea de algo que tu dijiste. ¿Vos pensás que estos temas: como enfoque CTS, Química Verde, se deberían incluir en los libros de texto?

**P:** Sí. Ahí está el otro tema. Nosotros tenemos que... o sea... diseñar de alguna manera, dentro de la política educativa, va acompañado de todo lo que te permita, de alguna manera, desarrollar lo que vos te propones como línea que es importante en la enseñanza. Si en realidad es importante trabajar desde esta perspectiva. Bueno. Hay que acompañar eso con una política, por ejemplo, de texto. ¿Sí? Con una política de equipar los laboratorios si vamos a hacer estas actividades, y no estas otras. Eso es a veces lo que carece... Que nosotros, por ejemplo vamos a trabajar con un texto, y los

textos siguen teniendo un enfoque sumamente tradicional. Y a veces, hasta demasiado positivista. Es slogans. Y eso es una carencia que tenemos... y bueno... va en ese enfoque que adoptemos. O en cualquier otro ¿No? Para que la cosa funcione tenés que tener docentes bien formados respecto a esto. Tenés que tener libros que contemplen la temática. Y bueno. Yo me parece que hay... que en los libros. Yo creo que cada vez se ve más en los libros que generalmente nos llegan. Pero creo que tendríamos que ser nosotros capaces de producir nuestros propios textos. Adaptarlos a los cursos. Y bueno, incluso, incluir mucho el tema de lo local, desde esta perspectiva. Y bueno. Y en esto... hay mucho para hacer. ¿No? Porque hay poco hecho.

**E:** ¿Querés agregar algo más sobre el tema?

**P:** No. Me parece que es una perspectiva interesante, la cual no conozco mucho, realmente.

**E:** ¡Muchas gracias!

#### **Entrevista IV**

**E:** En los programas de plan 2006 de bachillerato se incluyen algunos objetivos que apuntan a tener en cuenta los compromisos sociales y ambientales de la Química: 1) sensibilizar a los alumnos acerca de los problemas que vinculan la ciencia, la tecnología y la sociedad, de modo que se comprometan en la búsqueda de soluciones a tales problemas, 2) favorecer en el alumno su capacidad de utilizar en situaciones nuevas los conocimientos científicos adquiridos, de modo que estos le resulten útiles en su vida social y en la toma de decisiones sobre problemáticas, que puedan influir en la calidad de vida humana y en la preservación del medio ambiente (esto aparece en el programa de primer año de bachillerato). Después, en el programa de segundo y tercero dice: comprensión del papel de la

ciencia como determinante para una participación plena y responsable en la toma de decisiones que afectan a la sociedad en su conjunto y también a su vida personal, con el objetivo de que el estudiante pueda estar en mejores condiciones de inserción en la sociedad y participar de su transformación.

Después, en el programa de tercer año de ciclo básico, en la fundamentación del curso se afirma: en el presente curso se busca que el alumno comprenda la contribución que la Química junto con otras disciplinas científicas ha tenido y tiene en la evolución y situación actual de la sociedad. Promueve también la toma de conciencia de las consecuencias que derivan del uso no planificado de la ciencia y potencia el respeto y el cuidado del medio, la gestión y el aprovechamiento de los recursos existentes en el planeta.

¿Vos qué opinas sobre insertar estas temáticas en la planificación?

**P:** A mí me parece importante insertarlo. A veces me es muy difícil llegar al logro del objetivo, porque los alumnos tienen otros intereses, y a veces nosotros vamos corriendo por el programa. Por terminar el programa. Pero creo que la mayoría de nosotros sí. Intenta, en cada, en cada tema, darle una aplicación. Y si podemos, darle la importancia para la sociedad. Por ejemplo en el tema de núcleo es muy importante la parte de la energía atómica y de las plantas... Y bueno, ahora que tenemos ciclotrón. Al menos yo en clase trabajé toda la parte de tomografía por emisión de positrones. Para que vean la importancia que tiene. La importancia de tener un ciclotrón acá, y que se realicen... y el tomógrafo. O sea me parece importante, pero me parece un poco... eh... altos los objetivos para lograrlos. O sea, no creo que ningún alumno de nuestro bachillerato salga con esa conciencia de la importancia de la química, de...

**E:** Respecto a lo que vos decías que los intereses de los alumnos van para otro lado ¿vos decís que la inserción de esas temáticas

les interesan menos a los alumnos, que el resto de las temáticas de química?

**P:** No, no. Creo que les interesan más que lo que nosotros les podemos dar como contenidos. Pero, a algunos de los alumnos. Pero muchas veces, claro, intentando nosotros evaluar entre dar las aplicaciones, y dar los contenidos que tenemos que llegar a fin de año. Que nos exigen cumplir un programa, dejamos de lado esos contenidos, para..., bueno...esto lo elimino... y sigo. Dejamos de lado esos contenidos para dar los contenidos procedimentales, y no tanto los actitudinales.

**E:** Tu ya me hablaste un poco de las dificultades, o los desafíos. Pero ¿te parece que hay alguna otra dificultad al implementar esto? Y además, háblame también de los beneficios que tendría implementar estos temas.

**P:** Creo que, aparte, la dificultad, que a veces lo ponemos también como excusa es la dificultad de no saber sobre el tema. Cosa que nos implica hacer una investigación exterior a los libros que tenemos. Porque a veces los libros tienen una pequeña aplicación pero nosotros tendríamos estudiar más por fuera y a veces no tenemos tiempo entonces decimos, bueno no tengo tiempo en el programa y lo pongo como excusa porque en realidad no me senté a investigar sobre estos temas. Y los beneficios me parece que es un poco acercarles la Química a la vida de ellos, o sea que ellos noten que la Química está, que no es ese, esa cuenta que hacen en el cuaderno sino que es algo que está en sus casas en su vida, que forma parte de su vida. Y desterrar ese mito, me parece de..., creo que igual después me lo vas a preguntar, desterrar ese mito de lo que es químico es malo. “Es químico”, “tiene sustancias químicas”, libre de sustancias, que a veces hay algunos productos “libre de sustancias químicas” ¿Cómo hacen?

**E:** Y vos, ¿tratas de tomarlo en cuenta cuando planificas?

**P:** Trato de tomarlo en cuenta cuando planifico, si. Este, ya te digo, hay cosas, hay temas, hay aplicaciones que no las doy

porque no las sé. Porque me implica... pero generalmente cuando encuentro material, bueno lo intento llevar a la clase.

**E:** De Química Verde, ¿has oído hablar?

**P:** No. ¿Excepto por vos? (risas) No... Poco, he visto algún logo en facultad de Química Verde y eso pero, no, nada más. O sea un cartel.

**E:** Yo te hago un resumen brevísimo. La Química Verde apunta a prevenir la contaminación más que a reducirla después que está el problema, y se basa en una serie de principios que están propuestos para eso. Esos principios están pensados para la industria, principalmente. Yo que sé, reducir el número de reactivos auxiliares, hacer la síntesis de compuestos en la menor cantidad de pasos posibles, que sobren la menor cantidad de residuos posibles, o sea que los átomos que forman los reactivos se integren en su mayoría al producto deseado. Te estoy resumiendo...

**P:** Que también es muy aplicable, por lo que me decís es muy aplicable a nuestros laboratorios sobre todo los de segundo ciclo con el manejo de residuos, crearle a los alumnos una conciencia del manejo de residuos, que no todo se tira a la pileta y se abre la canilla y no nos importa que pasa después.

**E:** Tiene mucho que ver con eso, por eso era la pregunta que te decía era si se podía aplicar en Secundaria y me estás diciendo que si. ¿Y en qué niveles, con lo poco que hemos conversado, vos pensás que se podría implementar?

**P:** Digo, en primer ciclo se hace muy poca práctica con reactivos, o sea se trabaja... primero y segundo se trabaja básicamente con agua. Se puede trabajar con naftalina, pero algún pequeño, en muy pequeña cantidad. En tercero y en bachillerato si, y ya como los alumnos van más regularmente al laboratorio se puede generar esa conciencia de cuidar los residuos y de cuidar los reactivos que utilizamos también porque muchas veces los gurises derrochan reactivo porque no les interesa y no tienen ni idea. Bueno, el etiquetado me parece una cosa de importancia

que ahora se está exigiendo en Secundaria pero en muchos liceos de segundo ciclo no existen las etiquetas correctas. Y que el alumno sepa leer las etiquetas y los riesgos y las fichas de seguridad, los R y S y las etiquetas. Al menos nosotros intentamos la primera clase, bueno darles todo eso y después que ese material esté. Entonces los R y S aparecen en las etiquetas y ellos saben el riesgo que tienen y que precauciones tengo que tener en la hora de eliminarlos. El ícono de riesgo para el medio ambiente ellos lo conocen, lo leen clarito y te dicen pero esto no lo puedo tirar a la pileta.

**E:** ¿Así que eso ya lo empezaron a aplicar por acá?

**P:** Sí, acá si y en el liceo de Segundo Ciclo donde trabajo también.

**E:** Bueno y ya me adelantaste en parte la respuesta pero vamos a extendernos un poco, ¿de qué manera pensás tú que se podría insertar mejor: teórica, experimental, yo te conté que había algunos principios...

**P:** Me parece que experimental. O sea, los principios habría que plantearlos en clase y después bueno, aplicarlos cada día que se trabaje experimentalmente. En cada trabajo experimental.

**E:** Bueno, y, ya de esto también me adelantaste algo pero te lo pregunto por si querés extenderte, ¿qué opinas vos de la formación que tenemos los docentes en general sobre estos temas? Ya me dijiste que considerabas que era pobre, era por si querés extenderlo algo. Sobre Química Verde, el cuidado del ambiente, responsabilidad social de la ciencia...

**P:** En realidad en nuestra formación académica no tenemos nada de eso. O sea la formación que podemos tener es porque cada uno lo haya hecho luego de terminar nuestra formación académica o en paralelo pero no, en la formación académica no tenemos nada. Nada de ¿CTS?... y de la parte de seguridad muy poco en realidad.

**E:** ¿Pensás que está bien que se hagan de esos temas cursos de actualización, jornadas de actualización?

**P:** Si, creo que nos interesaría a todos. Digo, charla que se da de seguridad, se llena. Y a casi todos nos interesa.

**E:** Y, en el currículo de Formación Docente ¿pensás que debería estar incluido? Porque vos decías que nosotros no lo tuvimos.

**P:** Si, así como está incluido en el currículo de bachillerato debería estar. No se si en los nuevos planes de Formación Docente lo han incluido, pero si, debería. En nuestra formación no la hubo.

**E:** Hay una materia que agregaron ahora.

**P:** ¿Si?, ¿Química Verde o...

**E:** Química Ambiental y Toxicológica y uno de los puntos es Química Verde.

**P:** ¡Mira!... Bueno nosotros únicamente teníamos seguridad en el laboratorio que básicamente se daban normas de seguridad, nada de cuidado de..., de etiquetado había poco en realidad.

**E:** En Análisis vimos algo...

**P:** En Análisis vimos algo justo en seguridad...

**E:** Bueno, en general creo que ya hicimos. No sé si vos querés agregar algo más sobre el tema.

**P:** No, que estaría bueno que pudieran, que a partir de tu trabajo lo pudieras presentar a los compañeros y formarnos más porque así como yo lo oí el término Química Verde por vos, muchos profesores no deben saber ni que existe el término Química Verde. Muchos profesores de mi generación para arriba no deben saber ni que existe el término.

**E:** Bueno, ¡muchas gracias!

## **Entrevista V**

**E:** Bueno vos sabes que en los programas del plan 2006 de Bachillerato se incluyen algunos objetivos que apuntan a tener en cuenta los compromisos sociales y ambientales de la Química. Yo te leo algunos para recordarlos.

En el de cuarto año, primer año de Bachillerato dice: “sensibilizar a los alumnos acerca de los problemas que vinculan la ciencia, la tecnología y la sociedad de modo que se comprometan en la búsqueda de soluciones a los problemas”.

Después dice: “favorecer en el alumno su capacidad de utilizar en situaciones nuevas los conocimientos científicos adquiridos, de modo que estos le resulten útiles en su vida social y en la toma de decisiones sobre problemáticas que puedan influir en su calidad de vida y en la preservación del medio ambiente”.

Y en el de quinto y sexto dice: “comprensión del papel de la ciencia como determinante para una participación plena y responsable en la toma de decisiones que afectan a la sociedad en su conjunto y también su vida personal, con el objetivo de que el estudiante pueda estar en mejores condiciones de inserción en la sociedad y participar en su transformación”.

En el programa de tercer año de ciclo básico en la fundamentación dice: “en el presente curso se busca que el alumno comprenda la contribución que la Química junto con otras disciplinas científicas ha tenido y tiene en la evolución y la situación actual de la sociedad. Promueve también la toma de conciencia de las consecuencias que derivan del uso no planificado de las ciencias y potencia el respeto y el cuidado del medio, la gestión y el aprovechamiento racional de los recursos existentes en el planeta”.

¿Vos qué opinas de insertar estas temáticas en la planificación?

**P:** Para mí es fundamental. Lo hago en cada uno de los, yo este año tengo dos niveles que son tercero y sexto, y sobre todo aplico estos objetivos en tercero. Este, cuando nosotros vemos toda la parte de radiactividad yo incluso les propongo a ellos buscar información, información acá en Uruguay, sobre todas las utilidades. Hago mucho hincapié también en tercero sobre como ellos, como uno es quien le da el objetivo al conocimiento, ¿no? Uno es quien decide el conocimiento hacia qué se aplica,

¿no?, y también sobre todo en esa edad donde ellos están también con su toma de decisiones, de las opciones, y bueno, un poco eso.

**E:** Y vos, ¿qué beneficios y qué desafíos ves en esto? O sea ¿qué beneficios ves para los alumnos y que dificultades te encontrás al aplicarlos?

**P:** Este, beneficios yo creo que contribuye a la formación personal de ellos. Yo creo que uno tenga conocimientos de qué opciones existen y que uno es capaz de construir su camino y su futuro yo creo que eso es importante para la construcción de ellos como personas. Y bueno que a veces uno no tiene tanta compañía al lado, a veces uno se siente un poco solo en esa búsqueda, tanto a nivel del colectivo docente o a nivel de otros adultos, que a veces nos dedicamos mucho más a lo concreto, al conocimiento en sí, al contenido, y a veces dejamos lo actitudinal que para mí es soporte del contenido medio de lado.

**E:** Cuando vos decís uno se siente medio solo, ¿vos decís que los profesores que tratamos de trabajar en eso...

**P:** A veces como que es una cosa que se le quita importancia porque después también viene el tema de bueno pero ¿eso cómo lo evaluás? Entonces lo que no es evaluable no es importante. Claro, ¿cómo evaluás un cambio de actitud?, ¿cómo? Yo se es difícil, pero capaz que no es algo que se necesite evaluar o capaz que tendríamos que hacer la evaluación dentro de veinte años! No sé, me parece que lo que no es evaluable no es importante!

**E:** Yo también encuentro eso y además el tema de que capaz que ¿no crees vos que tenemos una cierta cabeza de evaluación?, y que ¿capaz que se puede cambiar y evaluar también de otra forma?

**P:** (Al unísono) De otra forma.

**E:** Bueno, entonces la siguiente pregunta era si tú lo tomas en cuenta en tu planificación, ya me contestaste.

(Pausa) ¿Y vos como haces para insertarlo, cómo haces para vincularlo esos contenidos con los programas?

**P:** Mira, busco situaciones concretas. Digo, yo que sé, por ejemplo. Me acuerdo ahora de radiactividad porque fue justo el tema que di entonces ellos prepararon un trabajo, alguna situación concreta de una utilización pro la sociedad y contra la sociedad del mismo conocimiento en realidad, ¿no? Este, busco situaciones concretas. Y después te digo que hay muchas veces que surge inquietudes incluso de ellos, ¿viste? Por ejemplo, yo soy preparadora ahí en la UTU que te decía, todo el tema de los desechos que muy bien lo seleccionamos, y después ellos tienen intereses de cómo recuperás esos desechos o qué haces con esos desechos porque nos llenamos de bidones de desechos. Entonces, a veces los invitás algún sábado, cuando haces una recuperación o les explicas por qué querés cosas separadas... Un poco eso, ¿no?

**E:** Bueno, ¿y tú has oído hablar algo de “Química Verde”?

**P:** Poco he oído hablar, incluso cuando vos viniste y Mariela un poco me comentaba, no, no. Me imaginaba que era, me imaginaba, pero la verdad que me lo encuadraste vos más. No, no tenía el concepto este que vos me diste.

**E:** ¿Vos pensás que la “Química Verde”, de acuerdo a lo poco que hablamos, se puede aplicar en Educación Secundaria?

**P:** Si, yo creo que sí. Yo creo que tendríamos que buscar aplicarla, ¿no? Porque además el concepto de la prevención es fundamental. Es lo que yo te decía ahora antes. El concepto de prevención para la vida. De qué conductas me quiero prevenir, de qué proceso me quiero prevenir para no contaminar, en el caso de la "Química Verde", o incluso yo como persona.

**E:** Este, ¿y en qué niveles se podría insertar?

**P:** Yo creo que en todos, porque yo ahora que, por ejemplo ya te digo que lo hago. En cuarto yo creo que con todo el tema de hidrocarburos, que está ahora tan en boga, ¿no? Creo que también con todo el tema del agua, me parece que ahí se podría también insertar. Este, y bueno después todo en sexto de Medicina que uno, yo lo trabajé mucho con la parte de biomoléculas, ¿viste? Yo creo que también...

**E:** Yo lo estoy aplicando en cuarto. Cuarto y sexto se presta...

**P:** Cuarto y sexto se presta. Tercero, vos sabes que yo hace muchos años que doy tercero, y yo le encuentro también, ¿vos sabes? Puntas para eso.

**E:** ¿De qué manera tú piensas que se podría insertar mejor: teórica, experimental, a partir del estudio de casos? Tú ya me dijiste algo de eso...

**P:** Si, no yo creo que en la medida que los recursos estén me parece que en forma experimental es óptimo, ¿no? A veces los recursos no están pero en la medida que tengamos recursos yo creo que lo experimental es fundamental. Y a mí me gusta también partir de información cotidiana. Me parece que los hechos cotidianos este, información cotidiana, yo que sé, no solo tienen que ser notas de un diario o de una revista. Puede ser algún raconto de alguna situación cotidiana. Me parece que eso

es fundamental porque eso es lo que ellos están cerca y lo que van a sentir que pueden aplicar, ¿no?

**E:** Bueno, ¿y qué opinas de la formación que tenemos los docentes sobre estos temas? Química Verde, el cuidado del ambiente, las responsabilidades sociales de la ciencia...

**P:** Poco, yo creo que poco. Yo ahora recuerdo, estoy pensando un poco en las asignaturas que teníamos y no..., yo creo que nos ocupábamos un poco más en Didáctica por querer hacer algo un poco diferente o... pero ahí está el hecho ¿por qué querés hacer algo diferente? Porque en realidad no es un campo que está explotado, ¿no? Entonces a veces uno en Didáctica como que se esmeraba un poco más en buscar algo de eso (risa)

**E:** Y en el tiempo nuestro fue cuando empezó a salir el QuimCom y todo eso...

**P:** ¿Te acordás qué estaba...?

**E:** Bueno, pensando en eso: ¿vos pensás que los libros deberían incluir estos temas, los libros de texto?

**P:** Si claro, sin duda. Tendrían que tener un enfoque desde ahí. Ahora hicieron, en tercero está una, viste que hay dos ediciones nuevas una que todavía no la imprimieron y otra que sí, que tiene algunas lecturas, viste que tienen...

**E:** ¿El del grupo Rebollo?

**P:** Si, ¿vos lo leíste el de grupo...?

**E:** Lo ojeé.

**P:** Lo ojeaste...

**E:** Como yo no tengo...

**P:** ...tercero, claro, no... Vos sabes que hay algunas lecturas que están y que buscaron como, como enmarcarlo en lo cotidiano, viste, yo que sé, en los sistemas escenas de crimen, viste que ahora está re-de onda CSI... Digo, este

**E:** Bueno, ¿vos consideras que debería estar incluido en el currículo de Formación Docente, estos temas?

**P:** Si claro, yo sí. La prevención sí. Por supuesto.

**E:** Y, para los docentes que no lo tuvimos en la formación, ¿vos crees que se deberían hacer cursos, jornadas de actualización sobre estos temas?

**P:** Si me parece que sí. Sí, siempre todas las vetas que uno pueda encontrar para formarse me parece que son válidas.

**E:** ¿Hay algo más que tú quisieras agregar sobre estos temas?

**P:** No, para nada. ¡Hablamos tanto ya! (risas)

**E:** Bueno, muchas gracias.

## **Entrevista VI**

**E:** En los programas de plan 2006 de bachillerato se incluyen algunos objetivos que apuntan a tener en cuenta los compromisos sociales y ambientales de la Química: 1) sensibilizar a los alumnos acerca de los problemas que vinculan la ciencia, la tecnología y la sociedad, de modo que se comprometan en la

búsqueda de soluciones a tales problemas, 2) favorecer en el alumno su capacidad de utilizar en situaciones nuevas los conocimientos científicos adquiridos, de modo que estos le resulten útiles en su vida social y en la toma de decisiones sobre problemáticas, que puedan influir en la calidad de vida humana y en la preservación del medio ambiente (esto aparece en el programa de primer año de bachillerato). Después, en el programa de segundo y tercero dice: comprensión del papel de la ciencia como determinante para una participación plena y responsable en la toma de decisiones que afectan a la sociedad en su conjunto y también a su vida personal, con el objetivo de que el estudiante pueda estar en mejores condiciones de inserción en la sociedad y participar de su transformación.

Después, en el programa de tercer año de ciclo básico, en la fundamentación del curso se afirma: en el presente curso se busca que el alumno comprenda la contribución que la Química junto con otras disciplinas científicas ha tenido y tiene en la evolución y situación actual de la sociedad. Promueve también la toma de conciencia de las consecuencias que derivan del uso no planificado de la ciencia y potencia el respeto y el cuidado del medio, la gestión y el aprovechamiento de los recursos existentes en el planeta.

¿Vos qué opinas sobre insertar estas temáticas en la planificación?

**P:** Estoy totalmente de acuerdo. Trato de hacerlo desde la práctica. Lo que muchas veces me encuentro con la velocidad que se va desarrollando el año. Los imprevistos, este... hacen que esos temas que deberíamos tratarlos con mayor profundidad o con mayor dedicación y que no quede como una anécdota, sin trabajarlo realmente. Además, lamentablemente, muchas veces, en nuestra educación pública, dónde yo me manejo mayoritariamente, muchas veces las prioridades son otras, y los niveles académicos quedan por debajo en la prioridad educativa de ciclo básico, dónde yo me encuentro. Muchas veces mi

objetivo en la enseñanza disciplinar queda a veces relegado por lo que es la necesidad del aula que lleva otro ritmo. Tenés que cumplir con el programa. A cubrirlo. A hacer algo. Pero me encantaría poder planificar un curso que esos temas estuvieran trabajados. No comentar anecdóticamente. Como decir hoy es el día del medio ambiente.

**E:** Cuando decís trabajar ¿cómo trabajar?

**P:** De dar conceptos que tengan que ver con química, pero a partir de una visión desde otro lado. Trabajar por ejemplo el tema de la industria en el Uruguay. Elegir una industria y a partir de esa industria ver.... Para ver que en Uruguay también se hacen cosas. Es un idea que tengo desde hace tiempo y que no he logrado concretar. Que actividades químicas se desarrollan en esa industria. Como esa industria se vincula con el medio. Qué producción tiene. Las relaciones que se desarrollan en esa industria para con el país, para con la sociedad y para con la ciencia. Pero no lo he logrado aún.

**E:** A todos se nos complica. Con esos de los tiempos, me hablaste de los desafíos, de las dificultades que habría. ¿Qué beneficios tendría? Para los chiquilines ¿qué tendría de bueno trabajar desde ese punto de vista?

**P:** Bueno, me parece que puede ser mucho más motivador muchas veces. También insisto en que depende del ambiente. Depende del contexto en que nos encontremos. En el liceo donde yo estoy es difícil. Es difícil. También es difícil ver que una industria sea algo motivante. Porque no hay perspectivas de... Estamos en un nivel sociocultural muy bajo. Y entonces hay poca perspectiva de nada. Entonces, en el otro liceo donde trabajo. Qué es otra zona de Montevideo. En la zona costera de Montevideo, en un liceo privado, el año pasado sí trabajamos con una industria y cuando coordinamos con el profesor de geografía, hablamos de la industria de los minerales en el Uruguay. Y terminamos hablando de los biocombustibles. Y visitamos una industria de biocombustibles. Trabajamos desde otro lado.

**E:** ¿Y en qué nivel era eso?

**P:** Tercer año. Pero una salida interdisciplinaria, y con alumnado con otra motivación previa. Y con un conocimiento, y un bagaje y un interés por lo educativo como meta, como objetivo, y como superación, que en este liceo donde yo trabajo no sale.

**E:** Bien. Yo te iba a preguntar si lo tomas en cuenta al planificar. Ya me contestaste que sí, pero dependiendo del contexto.

**P:** Claro.

**E:** ¿Tú has oído hablar de Química Verde?

**P:** Sí. Por primera vez, en el congreso del mes pasado en la ciudad de Tacuarembó. Donde escuché una conferencia que me llamó mucho la atención y me gustó. Me atrajo el tema.

**E:** Y con lo que escuchaste en esa conferencia: ¿te parece que eso se podría aplicar o enseñar en educación secundaria?

**P:** Me parece que sí. Que sin duda. Y bueno, las muestras que diste tú de aplicación me parecieron fantásticas. No sé cómo encontrar esa enzima para lo de los jabones. Que son cosas que las podemos hacer directamente en el liceo. Tah. Yo no trabajo en bachillerato tampoco. Pero el tema de la economía atómica que hablaste, me parece recontrainteresante para trabajar a nivel de tercero. Creo que se puede hacer cuando se trabaja con ecuaciones químicas. Y manejar esos conceptos.

**E:** ¿Y qué niveles te parece más adecuado para insertarlos? Vos me decías que tenés más experiencia en ciclo básico. Pero de todas maneras los programas de segundo ciclo, más o menos, los conoces.

**P:** Sí. Más o menos. Porque nunca he dado Segundo Ciclo.

**E:** ¿Y en ciclo básico te parece que se podría trabajar algo?

**P:** Sí. Yo creo que sí. A nivel de tercero. Que si bien es un curso muy básico de Química. Al menos mi idea es que terminen tercero de liceo hablando de Química. Sabiendo escribir y representar una ecuación. Igualarla y leerla, interpretándola. Esa es mi objetivo. Ahí yo creo que se pueden aplicar algunos de los principios de la Química Verde. Cuando hablan de los distintos

tipos de reacciones químicas, y los productos que se obtienen. Qué tipo de vínculo tienen con el medio. En esas cosas.

**E:** Bueno. Y eso ¿qué le podría aportar a los alumnos? Aunque ya lo estuvimos hablando desde un enfoque general.

**P:** Sí. Pero me parece que seguir creando una conciencia crítica y una conciencia de ciudadanía responsable para con el medio. Para con la sociedad, en realidad. Que me parece fundamental, porque si no estamos yendo todos... Nuestro planeta se va a vengar.

**E:** ¿Y cómo te parece que sería la mejor forma de insertarlo? ¿En forma teórica? ¿En forma experimental? ¿A través de los textos? En fin...

**P:** Me parece que en parte teórico. Como presupuestos. Como base. Pero sobre todo en la parte experimental. Me parece que estaría bueno que se pudieran hacer experiencias que sean coherentes con esa metodología. Con esos principios. Qué tal vez ahí. Qué me parece que es lo que estas haciendo tú. Estudiar programa a programa y encontrar como ser coherente con esos postulados. ¿No? En la práctica.

**E:** ¿Y qué opinas vos de la formación que tenemos los docentes en general sobre estos temas: Química Verde, el enfoque CTS, responsabilidades sociales de las ciencias?

**P:** Ah. Yo creo, que en cuanto a formación, ha sido siempre por motus propio. Yo de CTS, y bueno de Química Verde escuché recién, por primera vez el mes pasado con tu conferencia. Pero de CTS he escuchado también a partir de los congresos de Química, y a partir de ahí he leído. Pero siempre a partir de motus propio. El que va y escucha. O el que va y busca. En nuestra formación académica como docentes, esos temas no existían.

**E:** ¿Y vos crees que deberían existir? ¿Qué deberían estar incluidos?

**P:** Sí. También creo que es parte de la responsabilidad como ciudadano. Y cuando uno como ciudadano está vinculado a la

ciencia. Bueno. Ver como la ciencia influye en la vida en sociedad. Eso me parece que es parte de la responsabilidad ciudadana que le corresponde a cada uno.

**E:** ¿Entonces pensás que en la formación del IPA o en la Formación Docente en general, debería estar incluidos?

**M:** Sí. Pero como algo... No como una materia, si no como que la visión de quienes dictan esas asignaturas tengan ese corte. Ese sesgo. Porque parece que es una preocupación que debería estar intrínseca en la persona. Más allá de que exista una materia, una asignatura. En los programas de la UTU existe una materia que se llama CTS. Pero más allá de que exista eso, creo que cualquier conocimiento científico debería estar vinculado de esa manera, porque la ciencia es una actividad humana. Entonces tah.

**E:** Y para los docentes que no tuvimos esa formación ¿a vos te parecería bueno que se hicieran cursos, jornadas de actualización sobre esos temas?

**P:** Sí. Yo he participado sobre química en CTS. Me parece que la Asociación de Educadores ha hecho alguna que otra charla. Y participado. Y he visto experiencias de trabajo. Me parece que sí. Que es la manera que tenemos de formarnos. Y está bueno que sigamos promoviendo actividades de profesionalización. Me parece fundamental.

**P.:** ¿Algo más querés agregar sobre el tema?

**M.:** No. Qué estaría bueno que se difunda más. Y qué después que termines tu trabajo lo difundas.

## **Anexo V: Entrevistas a estudiantes**

### **Entrevista I**

**P:** ¿Qué orientación de bachillerato estás haciendo?

**E:** Científico.

**P:** ¿Por qué elegiste esa orientación?

**E:** Para mi carrera. De ingeniero en electrónica.

**P:** ¿Qué pensás vos de los programas de química que tuviste en los años pasados y qué tienes? Pensando en lo que se enseña hasta cuarto año ¿Qué cosas vos pensás vos que se deberían enseñar y cuáles no? De las cosas que vimos en tercero y en cuarto, y de lo que estás dando en quinto, ¿qué cosas piensas que está bien que se den y qué cosas piensas que se deberían sacar, o si hay alguna que otra que se te ocurra para agregarle?

**E:** La tabla periódica. Elementos de la tabla periódica. Aprender todo eso... ¿y después, haber más...? Algunos ejemplos de... en realidad todo.... Porque después precisamos todo. La distribución electrónica, la molaridad, todo eso sirve porque después depende de qué orientación vayas a elegir. Si elegís científico todo te va a servir. Si vas a seguir humanístico, algunas cosas, las más básicas.

**P:** ¿Cuáles son las más básicas?

**E:** Las más básicas son la tabla periódica, los elementos, los puntos de fusión, para qué sirven. Se deberían sacar los contenidos que se repiten, son cosas mínimas.

**P:** Bueno. ¿Vos consideras que hay problemas ambientales?

**E:** Sí.

**P:** ¿Cuáles?

**E:** Hay muchos problemas ambientales. Como ejemplos las fábricas. Aunque las fábricas también depende de la química. Para lo bueno y para lo malo. La química para construir cosas, como productos alimenticios, casas, computadoras. Muchas cosas. Y también para solucionarlas. Hay muchas cosas que contaminan. No solo las fábricas, los autos... todo contamina, en

menor grado o en un tiempo mayor. Las grandes cosas que lo aceleran.

**P:** ¿Quiénes tienen la responsabilidad de esos problemas?  
¿Quiénes tienen la culpa y quiénes deberían solucionarlos?

**E:** La culpa no la tiene nadie. La solución empieza de la casa. Por ejemplo yo encuentro un papel y lo tiré. Ahí estoy contaminando. Y después están las fábricas, como anteriormente nombré. Depende de lo que ponga el país como norma. Multa o algo. Depende. Pero si no depende más de las publicidades. Hay varios métodos para llegar a la ciudadanía. Para que consuma y también para dejar de contaminar. Hay muchas soluciones. También hay muchos problemas para llegar a esas soluciones. Pero lo necesario es primero en la casa como todo. Y después para gente importante pueda decir. Por ejemplo un presidente o algo ponga normas de esa constitución o algo.

**P:** ¿Vos decís que tienen que haber normas escritas? ¿Y por otro lado publicidad?

**E:** Normas escritas y publicidad para llegarles más. O sea esas como las políticas que llegan.

**P:** ¿Y la educación te parece que tiene algo que ver con eso?  
¿Tiene algo que hacer en eso? Vos me hablaste de la publicidad y de los gobiernos que tienen que poner normas. ¿Y la educación te parece que puede hacer algo o te parece que no?

**E:** ¿La educación....?

**P:** La educación en el liceo, en la escuela, en la universidad también. ¿Puede hacer algo para hacer algo para prevenir para solucionar esos problemas, para educar a la gente como vos decías?

**E:** Y hace tiempo lo hace. Pero la dificultad es como los chicos apliquen esas cosas. Pueden enseñarlas, como todo. Puede enseñar a no contaminar. Puede enseñar para que sirva cada sustancia. Puede enseñar que hacer después. Pero la dificultad que tienen esas cosas es aplicarla. Pero si hace está bien.

**P:** ¿Pero porque está esa dificultad?

**E:** Por ejemplo piense que nadie junta papeles. Usted les dice a los alumnos que tienen que juntar. Pero después no lo hacen.

**P:** ¿Vos decís que uno puede enseñar, pero la gente después no te hace caso?

**E:** No necesariamente. Algún caso te puede hacer. Algunos pueden aplicarlo, pero algunos no.

**P:** ¿Vos decís que es más efectiva la publicidad que la educación?

**E:** Depende de cada cosa. Puede haber una parte de justicia, una parte de publicidad, una parte de educación y una parte de la casa, una parte de donde la gente está. Hacer varias cosas y recoger de cada una.

**P:** Entonces a vos te parece que hay que trabajar esos temas en clase. Por ejemplo en Química tenemos que enseñar cómo es el átomo y todo los demás temas ¿no será perder tiempo enseñar cómo no contaminar?

**E:** No. Lo tiene que enseñar sí o sí. Para no contaminar. Para que saber seleccionar que sustancias usar. Puede aprender los átomos y todo lo demás. Pero también puede aprender esas cosas.

**P:** ¿Vos te acordás que es la Química Verde? No te estoy pidiendo que me des una definición tipo libro. Si de qué te acordás.

**E:** Sí me acuerdo. La Química Verde es una química alternativa para solucionar la contaminación. Para que no contamine.

**P:** ¿Y te acordás algo de los principios de la Química Verde?

**E:** Le digo la verdad. Ninguno. Pero si usted me nombra algo más tal vez me acuerde.

**P:** Yo te nombro alguno y vos me decís si te acordás algo de eso. Uno es la prevención. Otro el de economía atómica. Otro es el que habla de los materiales biodegradables.

**E:** A sí. Un ejemplo son las bolsas de basura, de esas que dan en los supermercados. Qué se pueden degradar en la tierra, pero con oxígeno. Si están enterradas totalmente no. Si están sin

oxígeno, en clases estuvimos viendo que tardan mucho más en degradarse.

**P:** ¿Y vos le ves algo importante a eso?

**E:** Y claro. Si más rápido se degrada, menos contaminación. Menos dura en el ambiente. Si demora más la contaminación va a estar más años ahí.

**P:** ¿Y a vos saber eso te sirvió de algo?

**E:** Estar al tanto. Para aplicarlo en mí casa. En todos lados.

**P:** ¿Cómo lo aplicas?

**E:** No tirando las cosas. Mejor si no se tiran vidrios, plásticos, esas cosas. Mejor poner aparte todo eso que sirve para reciclar por un lado. Y por otro lado frutas... las que tienen carbono, enlaces de carbono, que se degradan así.

**P:** Bien. Te acordás de alguna otra cosa de los principios de Química Verde que estábamos hablando.

**E:** De la prevención. En la clase hablamos que había productos químicos como... todos los químicos así peligrosos que no podíamos tirar en el agua porque pueden dañar el ecosistema como las plantas, los animales...

**P:** ¿Cómo qué químicos por ejemplo?

**E:** Jabones, petróleo, productos parecidos. Productos que duran más en el ambiente. Qué provocan cierto daño al sistema.

**P:** Y comparando lo que trabajamos en Química Verde con lo demás que trabajamos durante el año pasado, ¿a vos te pareció más fácil, más difícil, más útil, menos útil?

**E:** Me pareció más fácil y entretenido. Porque hacemos como experimentos y era la vida cotidiana. Y te ayuda.

**P:** ¿A qué te referís como experimentos?

**E:** Como ejemplo la bolsa degradable. Porque la biodegradable puede... o sea se degrada. Por eso es biodegradable. Pero las bolsas comunes no se degradan. Por eso demoran más tiempo. Las cáscaras también se pueden degradar en la tierra. Está bueno. Lo aprendí en grupo y es fácil y lo sigo entendiendo. La otra parte también lleva sus cosas. Pero no es tan fácil.

**P:** Bueno, y eso de haber trabajado Química Verde ¿A vos te hizo cambiar algo respecto al ambiente, al cuidado del ambiente, o son esas cosas que escuchaste en la clase y ahí quedaron, o eran cosas que tu escuchaste en la clase, pero para ti eran obvias?

**E:** No. Hay cosas y cosas. Hay cosas que sabía y cosas que las aprendí. Hay cosas que las uso. O sea, porque la contaminación siempre va existir. Pero depende de uno si va a ser más moderada. Podemos cambiarlo para que sea más tolerable para disminuir por ejemplo el calentamiento global.

**P:** Pero ¿pensás tu que el haber trabajado Química Verde te llevo a poner más cuidado en esas cosas o crees que no?

**E:** En la clase aprendes cosas. No vas a tirar lo mismo. Qué cosas sirven y qué cosas pueden contener. Como dije anteriormente. Estudiar Química Verde o solo Química. Y yo dije que hay que estudiar las dos. Y sirve.

**P:** ¿Hay alguna cosa que te acuerdes que tratas de aplicar ahora y qué antes no hacías, que tenga que ver con el cuidado del ambiente? ¿No?

**E:** Sí. Porque antes tiraba todo. Si no caía en el tacho lo dejaba. Antes tiraba todo en la misma bolsita. Ahora trato de separar plástico, vidrio o cartón de lo que se degrada. Ya no tiro ese papelito que se te cae afuera. Y guardar materiales orgánicos que se degradan para ponérselo de abono para las plantas. Y si yo apliqué. Pero eso es lo básico. También a veces no calculo las cosas que se degradan o no. Ya sabemos que cosas contaminan más y qué cosas contaminan menos. Qué cosas pueden dar soluciones para esas cosas. Eso ya lo sabes. A veces no lo aplicas. Pero ya lo sabes.

**P:** Bueno. Y para alguien que haga una carrera vinculada con química. Vos dijiste que vas a estudiar ingeniería en electrónica. El ingeniero en electrónica trabaja con materiales. ¿Estamos de acuerdo? ¿Vos pensás que el haber trabajado Química Verde te puede servir a ti, o para cualquier otra persona que vaya a

estudiar algo de química, que va estudiar química concretamente, saber algo de Química Verde, le puede servir de algo?

**E:** Claro. Porque, o sea, vos también si elige ser químico en una carrera industrial, sea ingeniería, va a trabajar con material. Ese material puede ser (no necesariamente) reciclado. También puede trabajar para la Química Verde. O sea para contaminar menos. Aplicar esos conocimientos. Por ejemplo como ingeniero en electrónica, diseñar una máquina que contamine menos. Y un ingeniero en una planta industrial puede estudiar otra manera de contaminar menos el ambiente. Depende de uno y depende...

**P:** Por ejemplo vos estabas hablando de ingeniería en electrónica y a mí se me ocurre una pregunta. Vos viste en el mundo y acá, en Uruguay, la cantidad de computadoras que van quedando...

**E:** Desechadas. Se pueden reciclar. Es como un círculo vicioso. Nada se destruye. Todo se transforma. Una cosa sirve para la otra. Si una computadora tiene el monitor roto, puede servir para, no se... una caja de zapatos, puede servir para un tostador. O puede sacarle unos chips, ponerle otros, y queda una computadora que funciona. No se puede tirar porque sí. Va a tardar millones de años para degradarse una parte del plástico, lo mismo la parte metal y la parte de vidrio, y... todo igual. La Química Verde busca juntar materiales para reciclar. Y más que beneficia.

**P:** Bueno. Hay algo que quieras agregar sobre el tema.

**E:** Agregar, agregar no. Pero recalcar sí. Qué sirve de mucho la Química Verde. Es un tema esencial. No está aparte, porque va vinculada al programa. Va asociada. Porque yo estoy en quinto, y cuando hablamos de radiaciones, de que contamina, de que no contamina, ya tenemos los conocimientos para volcarlos en opiniones. Si se instalara una planta nuclear aquí ya podemos pensar que riesgos y que beneficios tendría, podemos hablar más profundo. A veces los químicos dicen que no es esencial, pero lo más pequeño es una herramienta. Está bueno aprender Química Verde.

Yo puedo aprender como cambiar la electricidad y no me gustó. Pero si yo necesito hacer un circuito ya estoy con química aplicada. No necesariamente Química Verde. Yo puedo aplicar como hacer cosas para no contaminar. Para perjudicar menos el ambiente. Puedo hacer un círculo de consumo para no contaminar. Contamina, pero menos que lo que se puede tirar.

**P:** Vos nombraste la radiactividad como ejemplo de fuente de energía. ¿Vos te acordás si la Química Verde habla algo de la energía, o no?

**E:** La fuente de energía renovable. Hay varios tipos, las de viento, la eólica, la del agua, la energía hidráulica, que acá hay unas cuantas, y la nuclear, que contamina, pero es más barata porque dura mucho más, pero es más peligrosa. O sea, no es fácil controlarla. Hay varias fuentes de energía.

**P:** ¿Vos en que viniste hoy?

**E:** En moto.

**P:** ¿Y qué fuente de energía utiliza?

**E:** Combustible. O sea, del petróleo salen distintos tipos de combustibles. Es un tipo de energía que se usa para el transporte y que contamina demasiado, porque libera mucho dióxido de carbono para el ambiente. El combustible se va terminar. Pero el aire y el agua siempre van a estar, no se van a gastar.

**P:** ¿Qué otro tipo de energía renovable hay además de la eólica y la hidráulica?

**E:** La solar. Es media lenta, es... Acá no hay mucho. Es decir en el campo hay, pero sirve. Son varias energías renovables. No contaminan.

**P:** ¿Qué dice la Química Verde, respecto a los procesos químicos y la energía? ¿Si son mejores los procesos químicos que gastan poca energía o los que gastan mucha energía? ¿Si es mejor hacer las cosas a temperatura ambiente, o es mejor hacerlas calentando?

**E:**.... Desde mi punto de vista.... A la temperatura que contamine menos...

**P:** ¿Cómo se contaminará menos, calentando o trabajando a temperatura ambiente?

**E:** A temperatura ambiente. A veces precisamos más temperatura. Pero eso lleva más inversión... paneles solares... molinos de viento, o de energía de petróleo, en nuestro caso de ANCAP.

**P:** ¿Alguna otra cosa sobre el tema?

**E:** No, creo que ya hablé de todo.

### **Entrevista II:**

**P:** ¿Qué orientación de bachillerato estás haciendo?

**E:** Quinto biológico.

**P:** ¿Y por qué elegiste 5° Biológico?

**E:** Por qué siempre me interesó todo lo que tiene que ver con la biología y la medicina, y quiero estudiar algo vinculado con la enfermería.

**P:** Bien. ¿Qué piensas de lo que los programas de Química que tuviste el año pasado, y qué tuviste el año pasado, y que tienes este año.

**E:** Bien... Siempre están buenos... Especialmente el del año pasado. (Sonrisa). Na. Siempre tratamos de que los profesores nos enseñen y de sacarnos las dudas que tenemos,... por ejemplo con alguna materia.

**P:** Bueno y pensando en lo que trabajamos el año pasado. ¿Viste que tercero y cuarto, todo el mundo tiene Química?

**E:** Cierto.

**P:** Y pensando eso ¿vos cuáles temas piensas que se deberían enseñar y cuáles no?

**E:** ¿De la Química?

**P:** Sí. De la Química en general.

**E:** Estaría más bueno que nos explicaran. Por ejemplo cuando damos soluciones y eso, que no explicaran los tipos dicen hidróxido de sodio y tah. Sabemos la fórmula y nada más. Pero estaría bueno que nos explicaran que uso tiene cada sustancia y todo eso, que no nos quedáramos ahí una palabrita y la fórmula.

**P:** Qué estuvieran las aplicaciones. De cada sustancia...

**E:** Sí. Para qué sirve y eso...

**P:** Bueno.... ¿Y vos consideras que hay problemas ambientales?

**E:** Sí. Muchos.

**P:** ¿Cómo cuáles?

**E:** Por ejemplo la contaminación.

**P:** Sí pero ¿qué es la contaminación? o ¿qué tipo...?

**E:** Por ejemplo, estábamos hablando hace un rato en filosofía. Por ejemplo en las plantaciones de soja. Por ejemplo, que se hacen en muchos lugares plantaciones de soja, que sabemos que con los años esa tierra va a quedar infértil, porque le saca todos los nutrientes. Por ejemplo, eso es. Si se hacen plantaciones de soja, ver en qué lugares y en qué lugares no, para tratar de que no toda la tierra se pierda. Después el tema con la basura y todo eso tratar de clasificar más la basura y eso. Y el tema también del uso del agua. No desperdiciar tanto el agua.

**P:** ¿Y el aire?

**E:** Y el aire no contaminarlo tanto con las fábricas y eso... Yo que sé. Tratar de que, si hay... por ejemplo cuando se quema combustible y todo tratar de que sea en lugares más cerrados, que no afecte tanto.

**P:** ¿Por qué hablas de los combustibles? ¿Qué problemas hay con ellos?

**E:** El año pasado dimos el quema de los combustibles.

**P:** ¿Y qué problema tiene?

**E:** Me acuerdo que era... Qué el humo que sale de la quema de combustibles luego lo absorbe la tierra y luego forma la lluvia ácida o algo de eso. No me acuerdo mucho.

**P:** En la atmósfera no en la tierra. Del efecto invernadero ¿no recuerdas mucho?

**E:** El efecto invernadero... eso de que eran todas las cuestiones con el sol y eso...

**P:** ¿Y qué gases lo provocan no recuerdas?

**E:** Si quiere lo repaso y vengo el lunes.... (Risas).

**P:** No, no es necesario. (Risas). La pregunta es justamente para ver que te acordabas. Bueno y respecto a los problemas ambientales, tu estabas hablando hace un rato de la soja y estabas hablando de los combustibles y hablando de la lluvia ácida. ¿Vos quién piensas que tiene responsabilidad de eso?

**E:** Y depende de cada cosa. Yo creo que es un problema de todos. Porque por ejemplo la quema de combustible. Eso lo hacen las empresas grandes. Porque no todas las personas quemamos combustibles en nuestra casa. Pero también, si nosotros vemos que hay personas que están haciendo algo mal tenemos que tratar de impedirlo. Hacer algo para que dejen de hacerlo.

**P:** Bueno. ¿Y te parece que la educación tiene algo que ver con eso?

**E:** No. No tiene que ver directamente. No es que haga algo malo. La educación lo que tendría que hacer es abrir más las cabezas de las personas. Enseñarles las cosas que están mal y las cosas que están bien. Y más o menos qué hacer para cambiarlas.

**P:** ¿Y cómo podría hacer?

**E:** Por ejemplo que hubiesen clases que los profesores les dijeran: “miren chicos que la quema de combustibles está mal por tal y tal motivo.” Estaría bueno que se hiciera una organización y presentáramos... no se.... Hacer una carta de queja al estado y presentársela al estado. Eso debería realizarse en las escuelas y en los liceos.

**P:** ¿Entonces vos piensas que los principales responsables son las empresas grandes y el estado?

**E:** Claro. Me parece que sí, porque no es que sale de cada persona. Por ejemplo ANCAP y eso, que son las empresas más grandes que hay en el Uruguay. Son las responsables de las quemas y eso...

**P:** Bueno. ¿Y tú te acuerdas algo de lo qué es Química Verde?

**E:** Yo me acuerdo que la Química Verde es el empleo de los procesos químicos para tratar de evitar la contaminación y eso. Qué por ejemplo, en una sustancia era disminuir el porcentaje de

reactivo que quedaba o algo así. Qué por ejemplo una sustancia siempre hay un porcentaje que se pierde, digamos que queda afuera. Era tratar de disminuir ese porcentaje ¿No era eso?

**P:** Ese es uno de los principios. ¿Te acuerdas cómo se llama ese principio?

**E:** Economía atómica

**P:** Exacto.

**E:** Era el que más trabajamos el año pasado. Había pilas Con el tema del agua, también. Tratar de disminuir el... Así por ejemplo, no dejar las canillas abiertas para que no salga tanta agua. Después.... Tener cuidado con los derrames. Con los derrames de los pozos y eso...

**P:** ¿Derrames de qué?

**E:** De combustible, y de agua... No me acuerdo mucho, pero había una cantidad. Eran como 16 principios.

**P:** No. 12. ¿Y con la energía....?

**E:** Sí. Con la energía también, tener cuidado de no desaprovechar la energía. Utilizarla para lo esencial, digamos:

**P:** Y con respecto a... viste que hay sustancias que son más perjudiciales que otras....

**E:** Cambiar por ejemplo. Yo que se. Tenemos agua y alcohol. Y el alcohol yo que sé... para la esponja, el alcohol hace mal. Tratar de usar el agua. Aunque, yo que sé, supón, que es más lento el proceso, pero tratar de usar lo que haga bien, no solo para la esponja, sino para todo el ambiente.

**P:** Perfecto. Y si vos comparas lo trabajado en Química Verde con todo lo trabajado en el año ¿Cuáles cosas te parecen interesantes y cuáles te parecen más difíciles? ¿Lo que tiene que ver con la Química Verde, o el resto de los contenidos de Química.

**E:** No. El resto de los contenidos es capaz. El tema de Química Verde no es tan...

**P:** ¿Pero qué? ¿Es más interesante o es más difícil?

**E:** No. La Química Verde es más interesante., por el hecho de que te están enseñando cosas que no solo tienen que ver con la

materia química, sino con todo. Con cosas de vida cotidiana digamos. Por que vos eh.... Lo de economía atómica, tah, eso sí es algo solo de química, pero el de utilizar, yo que se..., alcohol en vez de un detergente, eso lo podemos utilizar en nuestras casas. Me parece más interesante, porque a veces, capaz que en un año, en una materia, por ejemplo en química, das la molaridad y eso, que son cosas que la vas usar en la materia, no la vas a usar en tu casa. No vas a hallar la molaridad del dióxido de carbono.

**P:** Bárbaro. ¿Y difícil? ¿Cuál de las dos cosas te pareció más difícil?

**E:** Eso capaz. Lo de cantidad de sustancia y eso. Estequiometría.

**P:** Y respecto a la forma que trabajamos Química Verde ¿Qué tipo de actividades fueron las que más te gustaron y cuáles te parece que se podían hacer y de repente no se hicieron? Cuando yo digo actividades, digo formas de trabajo; trabajo en grupos, leer noticias o hacer experiencias en el laboratorio...

**E:** Estaba bueno que empezamos a dar Química Verde al principio, y después, durante todo el año hacíamos trabajos y lo relacionábamos con eso. Eso estuvo bueno. Y después, capaz que, claro que hubiera estado bueno ver alguna noticia o algo... Aunque dimos durante el año diferentes noticias que las relacionábamos. Pero capaz que más noticias, más cosas, más eso... Como qué no dejarlo como un proyecto, si no trabajarlo durante todo el año. No solo que tiene que ver con tal concepto de Química Verde o con tal principio, si no buscarle más a fondo digamos.

**P:** ¿Cómo investigarlo más a fondo? ¿De qué manera?

**E:** Investigarlo más. Como por ejemplo, no solo ¿con qué principio de la Química Verde relacionas la engrapadora (la toma de la mesa), si no porque la relacionas.

**P:** ¿Vos decís no solo encontrar el vínculo sino profundizar más?

**E:** Claro. Ahí va.

**P:** Bien. ¿Y a vos te parece que, lo que trabajamos en Química Verde, a vos te cambió en algo la visión que tenías respecto a las responsabilidades que tenemos como ciudadanos frente al ambiente?

**E:** Algo sí. Porque, como decíamos al principio, hay cosas de los principios que las podemos relacionar al modo de vida de todos. Capaz que por ejemplo, no descuidarnos tanto, son las tres de la tarde y hay terrible sol afuera, y dejar las luces prendidas adentro, o dejar las canillas abiertas. Y mismo darnos cuenta, que, a veces por un beneficio económico, buscamos usar algo que es más rápido, y nos damos cuenta que no, que hay algo que hace menos daño, y tomarse el tiempo para esperar.

**P:** ¿Y hay alguna cosa que vos haces, o por lo menos te acuerdas “esto el año pasado lo estuvimos viendo...mejor hacerlo de otra manera”. ¿Hay alguna cosa que a vos te cambio la cabeza?

**E:** Capaz que, por ejemplo, estoy viendo el informativo o algo y dicen, no se....Por ejemplo cuando pasó todo lo de Japón, de decir ¡Uy! Acá hay cosas que lo vimos con el profesor, que lo relacionamos. Capaz que si hubiesen aplicado los principios, capaz que no hubiese pasado eso.

**P:** Bueno. ¿Y vos piensas qué, para alguien que va a estudiar química....? Hoy estábamos hablando de las cosas que serían buenas para todos. Porque lo de tercero y cuarto es para todos.

**E:** Claro.

**P:** Y para alguien que va a estudiar Química. Que va a seguir una carrera que esté relacionada con Química, ¿te parece que eso de la Química Verde le va a servir para algo después de haberlo visto en el liceo?

**E:** Me parece que sí porque ya si va estudiar algo de Química, va a profundizar en eso que tiene que ver con las sustancias y eso, y que ya sepa que hay sustancias que hacen menos daños que otra.

**P:** Bueno ¿hay algo que tú quieras agregar sobre este tema?

**E:** No. Que me parece que está bueno eso que usted está haciendo. Eso de agarrar. Que empiece como un proyecto de

usted, pero que después vaya tomando más fuerza. Qué otros profes de Química.... O sea, nosotros porque tuvimos cuarto con usted, y aprendí lo que es la Química Verde. Pero capaz que otros alumnos de cuarto que no lo tienen a usted no saben lo que es. Y está bueno que lo sepan. Que otros profesores empiecen a dar los mismos temas. Porque esta bueno porque es como abrimos la cabecita un poquito más, y darnos cuenta de cosas que antes no.

### **Entrevista III**

**P:** ¿Qué orientación de bachillerato estás haciendo?

**E:** Biológico.

**P:** ¿Por qué elegiste Biológico?

**E:** Porque me gusta la medicina y quiero ser fisioterapeuta, entonces necesito hacer Biológico.

**P:** ¿Qué piensas de los programas de Química que tuviste en estos años anteriores y que tienes ahora?

**E:** El de tercero fue aburrido....., el de cuarto estuvo bueno y el de quinto no me gusta, pero... es muy difícil, la Química es difícil.

**P:** Tú dijiste que el de cuarto estuvo bueno. ¿Lo dijiste en serio?

**E:** ¡Lo dije en serio!

**P:** ¿Qué fue lo que te gustó de cuarto?

**E:** ¿Qué me gustó de cuarto...? Lo de los nombres de los... de los... de las fórmulas.

**P:** ¿La parte de nomenclatura de las sustancias orgánicas, que fue lo que dimos?

**E:** Sí, eso me gusta.

**P:** ¿Qué cosas de química tú piensas que se deberían enseñar y cuáles piensas que están de más?

**E:** No si están de más, pero hay cosas que son aburridas.

**P:** ¿Cómo cuáles?

**E:** ¿Cómo cuáles...? La Química Verde es importante... ¿Algo aburrido de Química? Es que para mí todo es aburrido... pero es importante. Claro.

**P:** ¿Es aburrido pero es importante?

**E:** Sí, es importante saber lo aburrido también.

**P:** Bueno, pero tú también decías que hay cosas que te gustan como formulación y nomenclatura... Y tú estabas nombrando Química Verde ¿Tú piensas que hay problemas ambientales?

**E:** Sí. Muchísimos.

**P:** ¿Y cuáles por ejemplo?..... Silencio....

**E:** ¿Problemas ambientales importantes?.... La contaminación... Lo de las plantas nucleares. La inseguridad... Todo eso... Me parece que es lo más grave.

**P:** ¿Y vos quién o quiénes piensas que tienen la responsabilidad de los problemas ambientales?

**E:** Todos. Todos. Porque el contamina puede ser el tira un papelito de chicle está contaminado. Y el que hace experimentos grandes con sustancias tóxicas y peligrosas también. Así que todos tenemos la culpa.

**P:** Y entonces ¿vos pensás que habría que hacer algo para solucionarlo?

**E:** Siiiiii.

**P:** ¿Y qué cosas vos pensás que habría que hacer?

**E:** Educar a la gente. Educarla. Reeducarla. Porque se supone, ¡se supone! Que todos fuimos educados desde la escuela y en el liceo. Porque todos dicen, sí, la cantidad de problemas de contaminación que hay. Pero nadie hace nada para solucionarlo. Todos dicen sí hay problemas de contaminación, pero bueno qué vamos hacer...!

**P:** Así que ¿vos decís que en la escuela y en el liceo se trata de enseñar?

**E:** Sí. Se trata de enseñar.

**P:** ¿Y por qué se trata? ¿Por qué no se enseña? ¿Qué habría que hacer para dejar de tratar y se empiece a enseñar?

**E:** Yo creo que hay que mostrar diferentes...casos. Llevar a las personas donde realmente se vea la contaminación. Por ejemplo llevar a un basural y decirle "esto lo haces vos".

**P:** Vos decís que lo lleves por ejemplo un arroyo contaminado. ¿Y vos te parece que en Toledo no hay mucha contaminación?

**E:** ¿Cómo que no? Hay sí. Para dónde usted mira hay basura, hay... está todo contaminado.

**P:** ¿Vos te acordás de lo que estuvimos trabajando en el año sobre Química Verde? Si tú me tuvieras que dar una definición de lo que te quedó de Química Verde. Si tú me dijeras la Química Verde trata tal cosa...

**E:** La Química Verde lo que trata de hacer es utilizar cosas que no dañen tanto el ambiente.

**P:** ¿Y de alguno de los principios de la Química Verde te acordás?

**E:** Me acuerdo alguna idea. Lo de reutilizar las cosas, lo deeee... ¿cómo era? Consumir menos energía. Lo de cambiar las sustancias. Cuando son sustancias muy peligrosas no utilizarlas...

**P:** Bueno, y si tu comparas lo que trabajamos hablando de Química Verde con lo que hablamos de los demás temas de Química, hoy estabas hablando de lo que es más fácil y más difícil, ¿qué te parece más difícil? ¿todo lo que tiene que ver con Química Verde o el resto?

**E:** No. El resto.

**P:** ¿Y más útil? ¿Qué te parece?

**E:** Química Verde también. Lo demás. Lo que yo le decía, a mi me gustó la nomenclatura. Pero ¿para qué me va a servir? Para nada. Sin embargo la Química Verde digamos, que te abre un poco la cabeza. La Química Verde te ayuda en lo cotidiano también.

**P:** Bueno. Y de lo que trabajamos en Química Verde, ¿qué tipo de actividades fueron las que te gustaron más? ¿Te acordás que hicimos análisis de noticias?, planteábamos problemas ¿te acordás? Hicimos unos problemas sobre el ibuprofeno, que planteábamos ejemplos de cosas que contaminaban y otras no. De esos tipos de trabajo ¿cuál te gustó trabajar más? De esos o

alguna otra forma que a ti se te ocurra y que no hayamos trabajado.

**E:** De la forma más dinámica posible.

**P:** ¿Y qué es la forma más dinámica?

**E:** Los experimentos. Me gustan los experimentos profe. Es más fácil que teórico. Más entretenido. Más fácil de retener. El análisis de videos sirve también.

**P:** Haber trabajado Química Verde en clase. Vos decías que ayuda a cambiar la cabeza. ¿A vos te hizo cambiar en algo?

**E:** Si bien yo me preocupé siempre por el ambiente, con Química Verde muchísimo más porque había cosas que, póngale que no sabía, que usando, ... no sé... distintas sustancias se contamina menos. Entonces ahí aprendes.

**P:** ¿Y vos aplicas algo de eso, de lo aprendido en Química Verde, tratas de aplicarlo?

**E:** Sí. En mi casa apago todas las luces. Desenchufo la tele para que no quede con la lucecita prendida, eh.... No tiro nada profe. Guardo todo. Y cuando llego a casa todos los bolsillos son papel, papel, papel... (Risas). Y lo que puedo lo reutilizo. Hago manualidades.

**P:** Bueno. Y vos pensás qué para alguien que haga una carrera vinculada a la química, qué siga estudiando algo que tenga que ver con química, el haber aprendido algo de Química Verde. Tú nombraste que no vas a seguir Química. Vas hacer algo para el lado de la salud. Pero supón que un compañero tuyo va a seguir química. ¿Le servirá algo el haber aprendido algo lo de Química Verde?

**E:** Sí le importa el bien estar de todos (con énfasis y duda) y el ambiente, y qué su descendencia tenga un lugar dónde vivir, sí. Si no, no tiene porqué.

**P:** Y en el caso que le sirviera ¿qué le serviría?

**E:** Lo de reutilizar, para mi muchísimo. Todo lo que tenga que ver con prevenir le va a servir.

**P:** Bueno. Hay algo que quieras agregar sobre el tema.

**E:** No. Qué sigan enseñando Química Verde porque está bueno. Nada más.

**P:** Bueno. Muchas gracias!

**E:** No. Por favor profe.

#### **Entrevista IV**

**P:** Bueno, entonces, ¿Qué orientación de bachillerato estás haciendo?

**E:** Científico.

**P:** ¿Y por qué elegiste esa orientación?

**E:** Y porque me encanta lo que es la física, la... los números, todo menos las letras.

**P:** ¿Qué piensas de los programas de química que tuviste o que tienes? A partir de tercer año vos tenés química... ¿Qué pensás de los programas que has tenido?

**E:** Sí. Y me parecen que están muy buenos, porque en sí profundizan mucho. No es algo básico en sí. Se meten muchos temas, para mí.

**P:** ¿Vos decís que hay demasiados temas?

**E:** Nooo. O sea. Eso está bueno, porque nosotros que hacemos ingeniería y científico no dábamos por ejemplo alcanos, alquenos, alquinos, ponele, damos cosas más profundas. Más cosas. Están más buenas.

**P:** ¿Y de lo que dimos en cuarto año qué te acordás? ¿Hubo algunos temas que te gustaron más que otros?

**E:** En tercero y en cuarto se trabajan todos los temas básicos, que luego nos sirven para entender lo demás. Pero todos los temas están buenos. Sobre todo cuando los relacionan con la vida cotidiana. Yo me acuerdo que en cuarto hablamos mucho de los hidrocarburos que se encuentran en el petróleo, y aprendimos a nombrarlos y a escribir la fórmula. Eso ahora lo usamos para poder entender la fórmula de las proteínas, los glúcidos y los lípidos. También hablamos mucho de la Química Verde.

**P:** ¿A vos te parece que hay problemas de contaminación?

**E:** Sí. Hay muchos problemas de contaminación.

**P:** ¿Cómo cuáles?

**E:** La basura. El efecto invernadero.

**P:** ¿Y quién tiene la responsabilidad de esos problemas? ¿Quién o quiénes deberían solucionarlos?

**E:** La responsabilidad no la tiene nadie, o la tenemos todos.

**P:** Bueno, ¿quién o quiénes tienen responsabilidad? Dijeron que no ¿Habría que hacer algo para solucionarlos o atenuarlos esos problemas? ¿Qué y quiénes? ¿Qué se podría hacer para solucionar esos problemas?

**E:** Primero que nada, para mí, eso para solucionarlo, tiene que haber, la familia ser un poco más... eh.... Tiene que pensar bien primero que nada. Y tiene que haber una visión diferente, de un futuro mejor, inculcarles cosas a los gurises que estén bien. O sea, tah, valores y todas esas cosas, viste. Y no solo los padres, si no cuando vienen al liceo o la escuela o algo, también. Qué se empiece a hablar de por qué no se debe contaminar y todo eso. Porque si vos desde chico te acostumbras a tirar un papel por acá o por allá ¿viste? O sea. Lo vas a seguir haciendo siempre. Para mí, de mi punto de vista. Una costumbre es muy difícil de sacarla, y tah ¿Y quiénes lo tienen que hacer? Para mi, todos. Bien o mal....

**P:** ¿Así que es una cuestión de hábitos? ¿Y la Química Verde tiene algo que hacer? ¿Vos te acordás algo de lo que es Química Verde? Lo que te acuerdes.

**E:** Es la parte de la Química que se encarga de buscar soluciones. O sea, prevenir la contaminación del medio ambiente, porque siempre se dice que la Química es mala, que contamina, entonces esa parte de la Química, lo que hace es eso, tratar de buscar soluciones.

**P:** Bueno. ¿Te acordás que la Química Verde hablaba de algunos principios? Pero no quiero que me digas el principio número tanto decía tal cosa. No. ¿Qué cosas decían que había que hacer? Si te

acordás de alguno cosa puntual que tu digas “los químicos decían que había que hacer estas cosas para prevenir la contaminación”.

**E:** Ehh. De qué, a veces cuando se arma un químico, lo que sea, es mejor sacar algunos compuestos que lo forman, que son contaminantes y hacerlos así, que no contaminen.

**P:** Si hay compuestos que contaminan no usarlos entonces...

**E:** Sí. Dice que es mejor no usarlos, que tratar limpiar después. Es como tratar de arreglarla después que te mandaste una macana ¿no? (Risas). Es como después ir a llorarle la nota al profe de física después que no estudiaste para el parcial. Es irreversible. Es como prevenir.

**P:** Bueno ¿Y de lo que trabajamos en clase? Comparándolo con los demás contenidos ¿qué es lo que te fue más útil?

**E:** A mí me fue más útil lo otro porque es lo que estoy trabajando ahora este año y el año pasado. Porque ponele lo de isomería y todas esas cosas que dimos también me está sirviendo para este año. Esto es más útil respecto a los cursos que pueda seguir en sí. Y lo otro, la Química Verde, por ahí es más útil en el sentido de lo cotidiano.

**P:** Bárbaro. Respecto a la forma de trabajar Química Verde ¿Vos te acordás que cosas hacíamos respecto a Química Verde? ¿Cuál de esas formas te gustó más?.... ¿Te acordás como trabajamos Química Verde?

**E:** No. (Risas). No. Yo me acuerdo que arrancamos el año con Química Verde.

**P:** ¿Después te acordás que leíamos algunas noticias y las relacionábamos con eso?

**E:** Aaah Sí.

**P:** ¿Y te acordás que pusimos algún problema?

**E:** Sí. O sea, ahí lo llevó más a la realidad a... no me acuerdo bien si era una fábrica o qué contaminaba mucho, y uno decía está contaminando bastante. Porque una fábrica no es una cosa chica, es algo grande.

**P:** ¿Y te parece que esa forma de enseñar química puede ayudar para enseñar a ser responsable y no contaminar, que vos decís que hay que enseñar, o hay otras cosas que se podría hacer?

**E:** También me acuerdo que trabajamos sobre el problema de las bolsas.

**P:** Por eso, de todas las cosas que hicimos y las que no hicimos, ¿cuáles te parece que son las mejores para aprender?

**E:** Bueno. Primero que nada, me parece bien que esté esto de Química Verde y qué se le dé bolilla, por así decirlo. Porque mal o bien, a mi me quedaron cosas, pero estaría bueno que se diera, por lo menos, un poquito cada año. Y yo digo ¿no? Que si pasaran cosas terribles, es feo decirlos, fenómenos así la gente por ahí se daba más cuenta, de lo que no se le daba bolilla. En sí de la contaminación y todo eso. Como que se lo tomaba así nomás porque no veías nada.

**P:** ¿Vos querés decir que de repente sería útil, mostrar de alguna manera información que muestre ....

**E:** Para mí hay que mostrar publicidades o algo que muestren las cosas terribles que pasan debido a la contaminación. Me parece que estaría buenísimo, publicidad o algo de eso. Para que la gente entre un poquito en razón lo que provoca a largo plazo. Publicidades... que se hable más del tema. Hay un video de Green Peace que habla de los animales y eso. Y te das cuenta que solo uno ves publicidad así, propaganda así, y después las otras, no de cualquier cosa, ¿viste? Como que mucha bola no le dan. Es que hoy por hoy la sociedad es muy consumista y la contaminación va a raíz del consumo de las personas porque a lo que consumimos y consumimos mucha cantidad de productos, al hacer todo de nuevo estamos acentuando la contaminación. Por ejemplo estos locos que están haciendo la planta de celulosa... me alegro... porque hay gente que necesita trabajo, está bueno y yo gracias a Dios como de eso, pero para mí, ponele, abren una fábrica, contamina. Porque vamos a decir, contamina... ¿y después qué? ¿De qué te sirve? Te sirve el trabajo. Invierten en

algo que a largo plazo no les va a dar nada. Porque si contaminas a largo plazo vas a vivir mal. Porque el agua va a estar contaminada y todo eso. Y sin agua no vas a vivir. Y como eso todo...

**P:** ¿Y vos crees que el haber trabajado Química Verde en clase cambió en algo tu visión respecto a nuestra responsabilidad como ciudadanos frente al ambiente? ¿Hay alguna cosa que tú antes hacías y ahora no haces?

**E:** No. Es verdad. Yo antes iba en el auto y tiraba el papel, así o algo. No. Ahora no. Lo dejo en el costadito y después lo tiro. Mismo mi madre me decía, “no, no se tira. Júntalo y después tirá”. Y está bueno que haya papeleras para distintas cosas.

**P:** Bueno. Tú me decías que todavía no tenés bien claro que vas a seguir estudiando. Pero supongamos que siguieras estudiando algo que tenga que ver con química. ¿Vos crees que lo que aprendiste de Química Verde te puede servir de algo?

**E:** Tal vez si soy químico. Utilizaría alguna sustancia o algo que no tenga algunos componentes que nos vayan a perjudicar a largo plazo.

**P:** Muy bien. ¿Hay algo que quieras agregar?

**E:** No. Nada.

**P:** ¡Muchas gracias!

## Anexo VI Fichas de trabajo utilizadas en el curso

### Ficha Nº 1 Química Verde



La química ha sido considerada siempre una de las ciencias que más contribuye a la contaminación. Esto se debe a que uno de los mayores problemas de la industria química es la generación de residuos y productos que afectan al ambiente. Este hecho ha provocado que la química tenga una imagen negativa en la sociedad, ya que en muchas ocasiones se pone el énfasis más en los aspectos negativos que en los positivos de esta disciplina.

Como alternativa, Paul Anastas en 1992 propone el concepto de “Química Verde”. Según la EPA (Environmental Protection Agency), “*se denomina Química Verde (Green Chemistry en el ámbito anglosajón) al empleo de la tecnología química para prevenir la contaminación.*” En los países europeos se le llama “Química sustentable”.

#### **Actividad I:**

Utiliza el cuadro que figura a continuación para completar con un ejemplo de cómo la química impacta de manera positiva en el ambiente, la calidad de vida humana y la economía. También, escriba un ejemplo de cómo impacta de manera negativa.

	<b>Impacto positivo</b>	<b>Impacto negativo</b>
<b>Ambiente</b>		
<b>Calidad de vida</b>		
<b>Economía</b>		

#### **12 Principios de la Química Verde (Propuestos por Anastas)**

- I. ***“Prevención:*** *Es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya formado.*
- II. ***Economía atómica:*** *Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales*
- III. ***Uso de metodologías que generen productos con toxicidad reducida:*** *Siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente.*
- IV. ***Generar productos eficaces pero no tóxicos:*** *Los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan la eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad.*
- V. ***Reducir el uso de sustancias auxiliares:*** *Se evitará, en lo posible, el uso de sustancias que no sean imprescindibles (disolventes, reactivos para llevar a*

cabo separaciones, etcétera) y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuos posible.

- VI. **Disminuir el consumo energético:** Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes.
- VII. **Utilización de materias primas renovables:** La materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.
- VIII. **Evitar la derivatización innecesaria:** Se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).
- IX. **Potenciación de la catálisis:** Se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible), reutilizables en lo posible, en lugar de reactivos estequiométricos.
- X. **Generar productos biodegradables:** Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente sino que se transformen en productos de degradación inocuos.
- XI. **Desarrollar metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real:** Las metodologías analíticas serán desarrolladas posteriormente, para permitir una monitorización y control en tiempo real del proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas.
- XII. **Minimizar el potencial de accidentes químicos:** Se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el riesgo de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.”  
(Vargas y Pimiento, 2007: 30-31).

### **Actividad II:**

- a) Realiza una lista de palabras que aparecen dentro de los principios y que tú no comprendes su significado. Aclara el significado de estas palabras con tu profesor.
- b) Elige tres de los principios de la Química Verde y redáctalos con tus palabras.
- c) Piensa tres problemas que se podrían solucionar mediante la Química Verde y plantea cuáles serían las posibles soluciones.

Si leemos con atención estos principios el énfasis está en **prevenir la contaminación**, más que en cómo eliminar los residuos o contaminantes.

Para poder determinar si algo es sustentable o no, se deben tener en cuenta tres aspectos conocidos como las “**tres E**”.

- **Entorno natural (ambiente):** Se deben buscar aquellos procesos químicos y sustancias que afecten menos al ambiente.
- **Equidad social:** la química debe apuntar a desarrollar procesos en los cuales se beneficien en mayor cantidad de aspectos posibles a todas las personas, y no solo a algunas. No solo nos referimos a beneficios económicos, si no beneficios en su calidad de vida.
- **Economía:** No solo se refiere al dinero, si no y sobre todo, al uso racional de los recursos naturales. Entre aquellas formas de obtener algo para el hombre se debe buscar aquella que requiera menos recursos naturales, incluyendo la energía.

### Ejemplos de aplicación de la Química Verde en la vida cotidiana

Diseño de plásticos oxodegradables o biodegradables para hacer bolsas de supermercado que sustituyan a las no degradables.



Utilización de microorganismos que producen enzimas capaces de desintegrar las grasas (lipasas) para prevenir que se tapen las cañerías de cocina, en lugar de luego utilizar destapacaños a base de hidróxido de sodio, que contamina el ambiente.



la

### Actividad Domiciliaria:

- Considerando los dos ejemplos anteriores, ¿con cuáles de los 12 principios de la Química Verde cada uno?
- ¿Cómo definirías con tus palabras “Química Verde”?
- Piensa tres ejemplos de aplicaciones de química que contribuya al cumplimiento de algunas de las **tres E**. Por ejemplo antes de que la química creara nuevos colorantes solamente los reyes o personas muy ricas podían tener ropa de colores vistosos. Hoy todos los podemos usar esto es un ejemplo de cómo la química contribuye la equidad. No vale usar este ejemplo.

### Bibliografía:

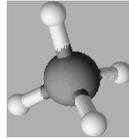
- Carmen Oralía Meléndez Pizarro; Alejandro A. Camacho Dávila, “Química Verde, la química del nuevo milenio” – Revista electrónica Sintesis, N<sup>o</sup> 45;

Disponible en:

[http://www.uach.mx/extension\\_y\\_difusion/synthesis/2008/10/21/quimica.pdf](http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2008/10/21/quimica.pdf),  
Consultada 27/12/09

- Fichas de trabajo de: <http://www.beyondbenign.org/> (en inglés, pero hay traducción de algunas fichas.)
- [http://grupoelectropositivos.blogspot.com/2009\\_09\\_01\\_archive.html](http://grupoelectropositivos.blogspot.com/2009_09_01_archive.html)

## Ficha de Trabajo N° 2 **El carbono y los seres vivos**



El carbono no es un elemento muy abundante, pues constituye el 0,032% de la corteza terrestre; sin embargo su importancia es fundamental, como veremos más adelante.

En la naturaleza se encuentra en yacimientos en forma de carbón en sus diferentes variedades (hulla, antracita, etc.), y en el petróleo y gas natural formando los hidrocarburos.

En la atmósfera (no contaminada) se lo encuentra bajo la forma de  $\text{CO}_2$ . En algunos minerales como el mármol, se lo puede encontrar formando ciertas sales llamadas carbonatos.

Como sustancia simple el carbono se presenta en diferentes formas alotrópicas

Se llama formas alotrópicas a las diferentes sustancias simples que se forman con un mismo elemento.

El carbono presenta dos formas alotrópicas más abundantes: el carbono y el grafito. Además presenta otra variedad muy estudiada los últimos años: los fullerenos (a uno de los cuales se le llama “futboleno” por el parecido a una pelota de fútbol que tienen sus moléculas).

Sin embargo la mayor importancia del carbono se debe a que en su mayor parte se encuentra combinado, formando sustancias que componen los seres vivos.

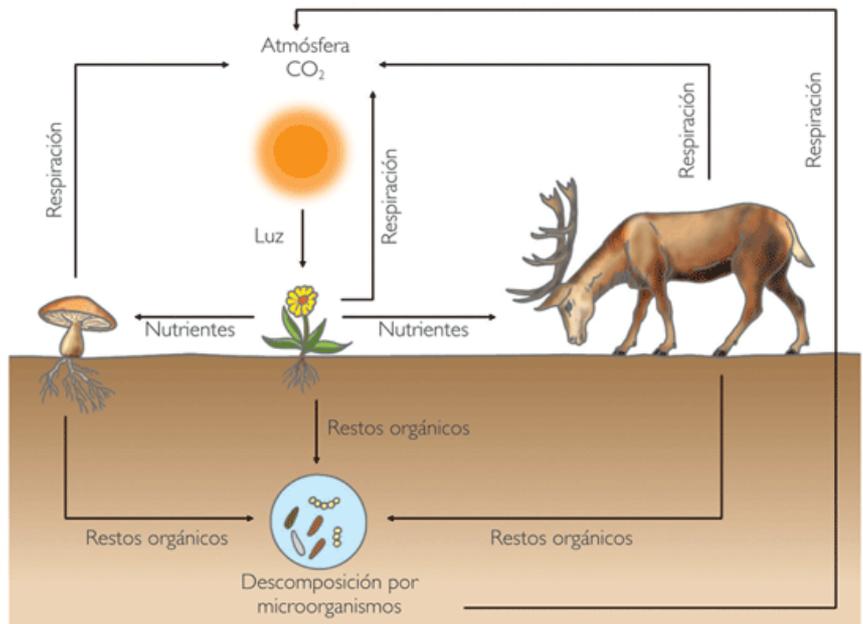
En 1807 el químico sueco Jöns J. F. Berzelius designó por primera vez con el nombre de **compuestos orgánicos al conjunto de sustancias que se obtienen de la materia viva.**

A partir de esto se empezó a clasificar como Química Orgánica a la parte de la química que estudia dichas sustancias.

Teniendo en cuenta la anterior definición de Química Orgánica, si se analiza la composición “seca” (sin agua) de la materia proveniente de los seres vivos, el elemento que más abunda en los mismos es el carbono. Esto se debe a que el carbono tiene la particularidad de unirse entre sí o con átomos de otros elementos, por ejemplo hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre, para formar cadenas o anillos estables. El proceso de formación de cadenas se llama **concatenación**. Estas cadenas pueden ser lineales, tener ramificaciones u originar anillos de distinto tamaño.

En la actualidad se conocen más de nueve millones de compuestos que contienen carbono. La Química Orgánica se define hoy simplemente como la química de los compuestos del carbono.

Los compuestos orgánicos siempre contienen carbono e hidrógeno. Muchos tienen oxígeno y nitrógeno, y unos pocos contienen azufre y halógenos.



Solo un pequeño número de compuestos que contienen carbono se clasifican como “inorgánicos”; entre ellos se encuentran el dióxido de carbono, el monóxido de carbono y los que contienen el ión carbonato ( $CO_3^{2-}$ ); el ión bicarbonato o hidrogenocarbonato ( $HCO_3^-$ ), el ión cianuro ( $CN^-$ ).

### Actividades I:

1) Clasifica las siguientes sustancias como orgánicas o inorgánicas a partir de la anterior lectura, justificando tu criterio:

- a)  $CH_4$ ;      b)  $CO_2$ ;      c)  $NaHCO_3$ ;      d)  $CH_3OH$ ;      e)  $NH_3$       f)  $CaCO_3$   
g)  $CH_2NH_2COOH$ ;      h)  $CO$ ;      i)  $HCN$ .

2) Para entender porque el carbono es capaz de formar estructuras tan variadas y formar parte de tanta variedad de compuestos vamos a realizar las siguientes actividades:

- Ubica el carbono en la tabla periódica, indicando en que grupo y período se encuentra.
  - Indica su número atómico (Z).
  - Representa su distribución electrónica.
  - Determina el número de electrones de valencia.
  - Realiza su diagrama de Lewis.
- 
- Realiza los pasos anteriores para el hidrógeno.
  - Determina el tipo de enlace que forman el carbono con el hidrógeno utilizando las electronegatividades de ambos.
  - Representa el diagrama de Lewis de la sustancia formada por un átomo de carbono y los necesarios átomos de hidrógeno.

## Contacto con Química Verde: Materiales Biodegradables



La biodegradación es el proceso por el cual algunos microorganismos transforman sustancias complejas (generalmente formadas por cadenas de carbono) en otras más sencillas. Es decir que la **biodegradación implica la ruptura de enlaces entre los átomos de carbono.**

En la naturaleza existen bacterias que pueden realizar estos **procesos de forma anaeróbica (sin aire) o aeróbica.** Esta es una forma de eliminación de residuos que generamos los humanos, y que de otra forma se acumularían permanentemente, hasta cubrir todo el planeta. El que un material sea biodegradable depende de la estructura química (los átomos enlazados y la forma en que están enlazados) y de que haya microorganismos capaces de romper dichos enlaces.

La mayoría de los plásticos (que están formados por carbono y otros elementos) no son biodegradables.

Una de las orientaciones de la **Química Verde** es la **generación de materiales biodegradables** que puedan cumplir la misma función de los no biodegradables.



### Actividades II:

- ¿Qué diferencias hay entre un material biodegradable y uno no biodegradable?
- ¿Qué es la biodegradación y quiénes las realizan?
- ¿Qué significa aeróbico y anaeróbico?
- ¿Con qué principio de la Química Verde está relacionada la generación de materiales biodegradables?

### Actividades domiciliarias:

- Averigua el nombre del compuesto representado en la parte 2) h) y dónde se encuentra en la naturaleza.
- Investiga el significado de la palabra concatenación y por qué esta es aplicable al carbono.
- Busca información sobre los problemas que generan los plásticos no biodegradables y sobre la generación de materiales biodegradables que los sustituyan.
- ¿Qué podemos hacer nosotros para disminuir la cantidad de desechos no biodegradables?

**Bibliografía:**

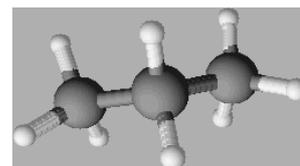
- Lahore y otros, 1998, "Química, un enfoque planetario" Ed. Monteverde.
- García – García – Varela, 1995, "Introducción a la química II" Ed. Barreiro y Ramos
- Garritz y Chamizo, 1994, "Química"
- Bulwik, Marta, Bosack, Alejandro y otros, 2002; "Polimodal, Química Activa" Ed. Puerto de Palos, Buenos Aires, Argentina.

**Páginas Web:**

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Carbono>
- <http://www.cienciateca.com/ctshotmol.html>
- <http://www.oviedo.es/personales/carbon/estructuras/estructuras.htm>
- <http://elblogverde.com/%C2%BFque-es-biodegradable/>

## Ficha de Trabajo N° 3

### Hidrocarburos



El gas de cocina, la gasolina y el asfalto son están integrados por sustancias compuestas que tienen algo en común. Estas sustancias están formadas por moléculas que contienen **hidrógeno** y **carbono** y por ellos se les denomina como **hidrocarburos**.

La mayoría de los hidrocarburos se aíslan del petróleo y de gas natural y constituyen una importante fuente de energía.

Los hidrocarburos se suelen clasificar según tengan o no todos sus enlaces simples. Los que solo tienen **enlaces simples** se les llama **alcanos**. Los que presentan algún **enlace doble** entre carbono y carbono se les llama **alquenos**. Y los que presentan **enlace triples**, **alquinos**.

#### Ejemplos:

Fórmula desarrollada	Nombre	Familia	Aplicaciones en la vida cotidiana
$  \begin{array}{cccc}  \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\    &   &   &   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    &   &   &   \\  \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H}  \end{array}  $	Butano	Alcano	Se encuentra presente en el súpergas.
$  \begin{array}{cc}  \text{H} & \text{H} \\  & \diagdown \quad \diagup \\  & \text{C}=\text{C} \\  & \diagup \quad \diagdown \\  \text{H} & \text{H}  \end{array}  $	Eteno	Alqueno	En las cámaras frigoríficas para maduración de las frutas.
$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$	Etino	Alquino	Soldadura autógena.

#### Notas:

- Cada raya representa un enlace covalente, es decir un par de electrones compartidos.
- Observa que la terminación de los nombres coincide con la terminación del grupo o familia.
- Se dice que los alcanos son hidrocarburos saturados porque no aceptan más hidrógenos unidos para la cantidad de carbonos que tiene. Los alquenos y alquinos son insaturados porque puede aceptar más hidrógenos al romper el enlace doble o triple. A los hidrocarburos saturados también se les suele llamar alifáticos.

**Actividad:** Señala con rojo el enlace doble en el eteno y el enlace triple en el etino.

Las fórmulas de los hidrocarburos se pueden representar de distintas maneras, además de las estructuras de Lewis que tú ya conoces. Tomando por ejemplo el propano: Fórmula global.

Estructura de Lewis	Fórmula desarrollada	Fórmula semidesarrollada	Fórmula global	Fórmula simplificada
	$  \begin{array}{ccc}  \text{H} & \text{H} & \text{H} \\    &   &   \\  \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    &   &   \\  \text{H} & \text{H} & \text{H}  \end{array}  $	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_8$	

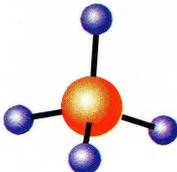
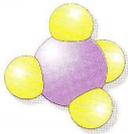
**Nota:** En la estructura simplificada se omiten los hidrógenos. Cada ángulo y cada extremo representan un carbono.

**Actividad:** Representa la estructura de Lewis del propano en el recuadro correspondiente.

### Modelos materiales para representar los hidrocarburos:

Son representaciones físicas que se utilizan para explicarnos mejor las fórmulas y estructuras.

Ejemplo metano:

Fórmula global	Modelo de bolas y varillas	Modelo compacto	Modelo en Origami
CH <sub>4</sub>			

### Nomenclatura de los hidrocarburos

El nombre de un compuesto orgánico consta de dos partes: un prefijo que indica el número de átomos de carbono de su cadena más larga y una terminación que identifica la función química. En la página anterior ya viste cuáles son las terminaciones para los alcanos y alquenos.

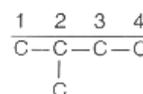
Se llama grupo funcional al grupo de átomos o enlaces responsables de las propiedades químicas de una familia de compuestos.

### Reglas de nomenclatura

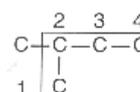
1) a) Se identifica la cadena de mayor cantidad de átomos de carbono, a la que llamamos cadena principal.

b) Los átomos de carbono que no forman la cadena principal se consideran ramificaciones.

2) Los átomos de carbono de la cadena principal se deben numerar a partir del extremo más próximo a la ramificación.



Ejemplo:



Estas dos cadenas de carbono corresponden al mismo compuesto, ya que tienen 4 átomos de carbono en su cadena más larga y una ramificación de 1 C unida al carbono nº 2.

3) Para nombrar la cadena principal y las ramificaciones se usan prefijos que indican el nº de átomos de carbono.

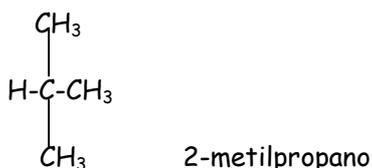
Nº de C	Prefijo	Nº de C	Prefijo
1	Met	6	Hex
2	Et	7	Hept
3	Prop	8	Oct
4	But	9	Non
5	Pent	10	Dec

4) La terminación del nombre para la cadena principal depende de la familia. En el caso de los alcanos la terminación es -ano. Para la ramificación es -il en todos los casos.

5) Se deben nombrar las ramificaciones en orden alfabético (si hay más de una), precedidas del nº asignado a los átomos de C de la cadena principal a los que están unidas.

A continuación se nombra la cadena principal.

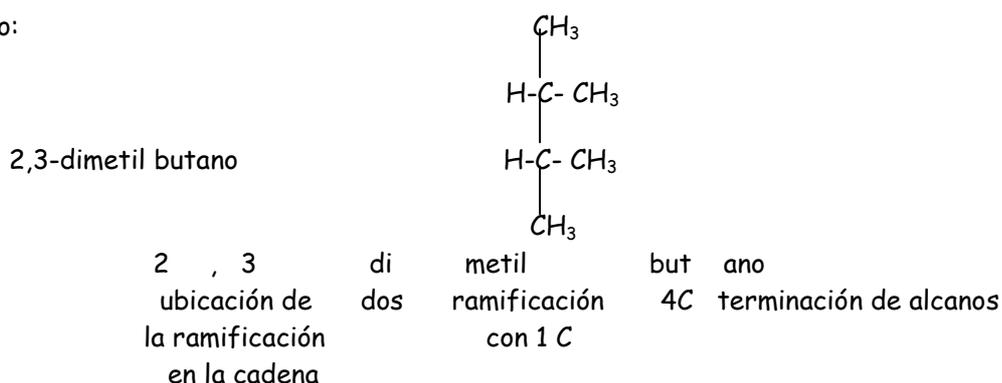
Ejemplo:



O simplemente, metilpropano, ya que la ramificación en este caso sólo puede estar en el segundo carbono.

6) En el caso de existir más de una ramificación con igual nº de átomos de C, se usan los prefijos di, tri, tetra, etc. Se escribe un nº por cada ramificación, separados por comas.

Ejemplo:



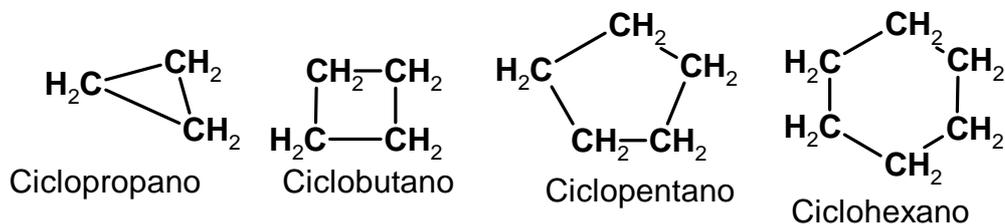
### Reglas complementarias para los hidrocarburos insaturados

- 7) Para los alquenos y alquinos se considera cadena principal a la cadena carbonada que contenga el doble o el triple enlace (según el caso).
- 8) Se comienza a numerar la cadena principal del extremo más cercano al enlace doble o triple. Ahora, estos tienen prioridad sobre las ramificaciones.
- 9) Se debe indicar la posición del enlace doble o triple colocando el menor de los números de los átomos de carbono que comparten el doble o el triple enlace.

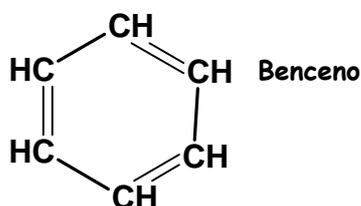
### Hidrocarburos cíclicos:

En algunos hidrocarburos la cadena de carbono se cierra sobre si misma formando un ciclo. Si los enlaces son simples se le llaman cicloalcanos.

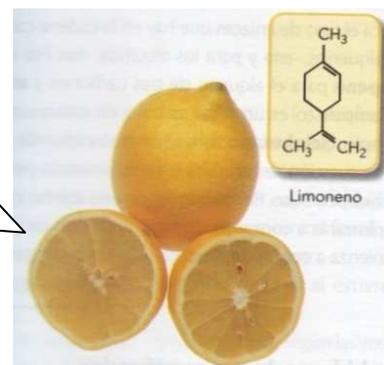
Ejemplos:



Algunos hidrocarburos cíclicos pueden tener dobles enlaces. Dentro de estos se destacan por sus propiedades los llamados compuestos aromáticos, de los cuáles, el benceno es el más conocido.



Dentro de los hidrocarburos cíclicos se encuentran diversas esencias vegetales, como el limoneno, la trementina, el mentol y otros.



### Isómeros

Para una misma fórmula global, generalmente son posibles varias estructuras desarrolladas. A esa característica se la denomina isomería.

**Isómeros:** Sustancias que tienen igual fórmula global pero distintas propiedades por poseer distinta fórmula estructural.

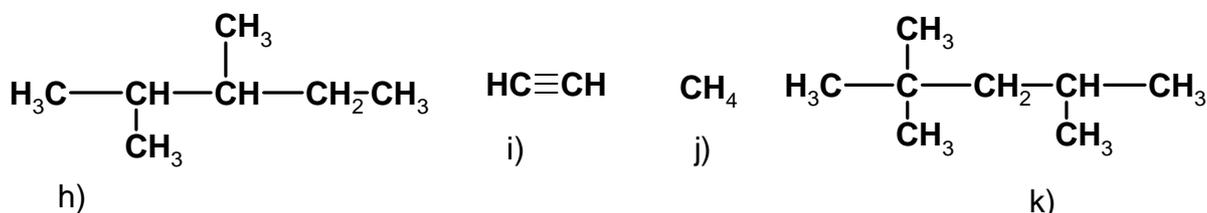
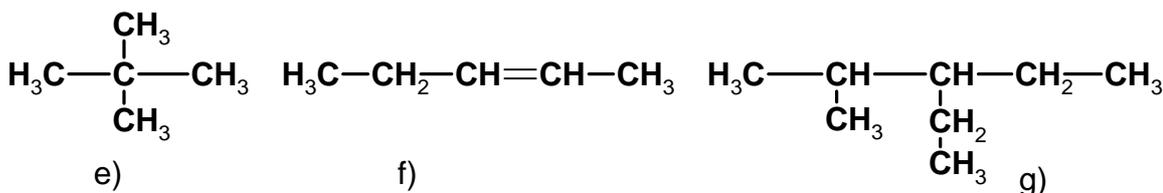
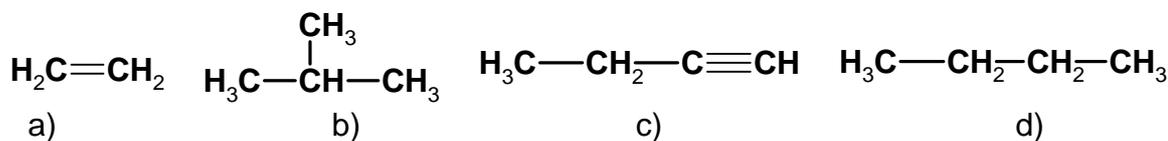
Debido a que cada isómero tiene un arreglo molecular característico, las fuerzas intermoleculares son ligeramente diferentes para cada uno de ellos, por lo que no presentan las mismas propiedades físicas.

### **Actividad grupal:**

- 1) Cada equipo recibe cinco C y doce H
  - a) Arma todas las estructuras posibles usando todas las esferas cada vez.
  - b) Nombra cada uno de los compuestos que armaste.
  - c) ¿Cómo son entre sí esos compuestos? Sus propiedades ¿serán iguales o diferentes? ¿Por qué?
  - d) Como tarea domiciliaria busca en tablas los valores de Punto de fusión y Punto de ebullición de cada uno de estos compuestos. ¿Se confirma la afirmación que realizaste en (c)?
- 2) Arma otros alcanos con menos átomos y nómbralos.
- 3) a) Explica qué diferencia hay entre alcanos alquenos y alquinos.  
b) ¿Dónde se encuentran dichas sustancias en la naturaleza?
- 4) ¿Qué tiene prioridad para numerar los átomos de carbono en la molécula de un alqueno o de un alquino, al nombrarlo?
- 5) Realiza un mapa conceptual con los siguientes términos: Hidrocarburos, alifáticos, saturados, cíclicos, insaturados, alcanos, alquenos, alquinos, aromáticos, doble enlace, triple enlace, cadena cerrada.
- 6) Escribe la fórmula global de cada uno de los cicloalcanos representados más arriba.

## Ejercicios de Formulación y Nomenclatura

1) Nombra las siguientes sustancias:



2) Escribe la fórmula desarrollada o semidesarrollada de cada uno de los siguientes hidrocarburos

- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| a) 2,3- dimetilbutano   | h) 3-hexino           |
| b) 2- metilhexano       | i) 3,4-dimetilheptano |
| c) 2,4-dimetilpentano   | j) 3-metil-1-hexino   |
| d) 2,3,3-trimetilhexano | k) 2-penteno          |
| e) 3-metil-2-buteno     | l) propino            |
| f) 3-hexeno             | m) 2-metil-2-buteno   |
| g) 3-metil-1-pentino    | n) 2-metil-1-buteno   |

### Isomería

- Formule y nombre cinco isómeros que correspondan a la fórmula global  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ . Indique cuáles son de cadena y cuáles de posición.
- Para el 1 penteno, formule y nombre: a) sus isómeros de posición  
b) sus isómeros de cadena  
c) un isómero de cadena y posición
- Para el 1 hexino, formule y nombre: a) sus isómeros de posición  
b) sus isómeros de cadena

### Actividades domiciliarias:

- Busca información sobre la formación del petróleo y el gas natural y haz un resumen sobre este tema.
- Investiga y responde en tu cuaderno como tarea domiciliaria:

- a) ¿Qué es el benceno y cuál es su fórmula? ¿Qué aplicación tiene? ¿Qué son las estructuras de resonancia?
- b) ¿Qué son los compuestos aromáticos y cuáles son sus principales características? Menciona algunos importantes, aparte del benceno, y sus aplicaciones?
- c) ¿Quién fue Kekulé y cómo llegó a explicar la estructura del benceno?

Para responder estas preguntas te puedes apoyar en las siguientes páginas web, además de los libros de texto recomendados a principio del curso:

- [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec\\_8.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec_8.html)
- <http://elpetroleo.aop.es/Tema1/Index1.asp>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Benceno>
- <http://www.geocities.com/micadesa/educacion/edukekule.html>

### **Bibliografía:**

- Lahore y otros, 1998, “Química, un enfoque planetario” Ed. Monteverde.
- García – García – Varela, 1995, “Introducción a la química II” Ed. Barreiro y Ramos
- Bulwik, Marta, Bosack, Alejandro y otros, 2002; “Polimodal, Química Activa” Ed. Puerto de Palos, Buenos Aires, Argentina

## Hoja de trabajo N° 5

# PETRÓLEO Y GAS NATURAL

El petróleo está formado por una mezcla de sustancias compuestas, dentro de la que predominan los hidrocarburos. También posee pequeñas cantidades de compuestos con azufre, como el sulfuro de hidrógeno, y algunos con nitrógeno.

Es un líquido de alta viscosidad, de color oscuro, que flota sobre el agua.

Según una de las teorías más aceptadas, el petróleo se originó hace cientos de millones de años por la descomposición de seres vivos unicelulares, y quedó atrapado en su mayor parte en yacimiento bajo rocas.

El gas natural está formado por hidrocarburos de moléculas más pequeñas, hasta con cuatro átomos de carbono. Recordamos de la ficha anterior que los hidrocarburos de cadena pequeñas son gaseosos en condiciones ambientales. El gas natural generalmente se encuentra atrapado sobre el petróleo en los yacimientos.

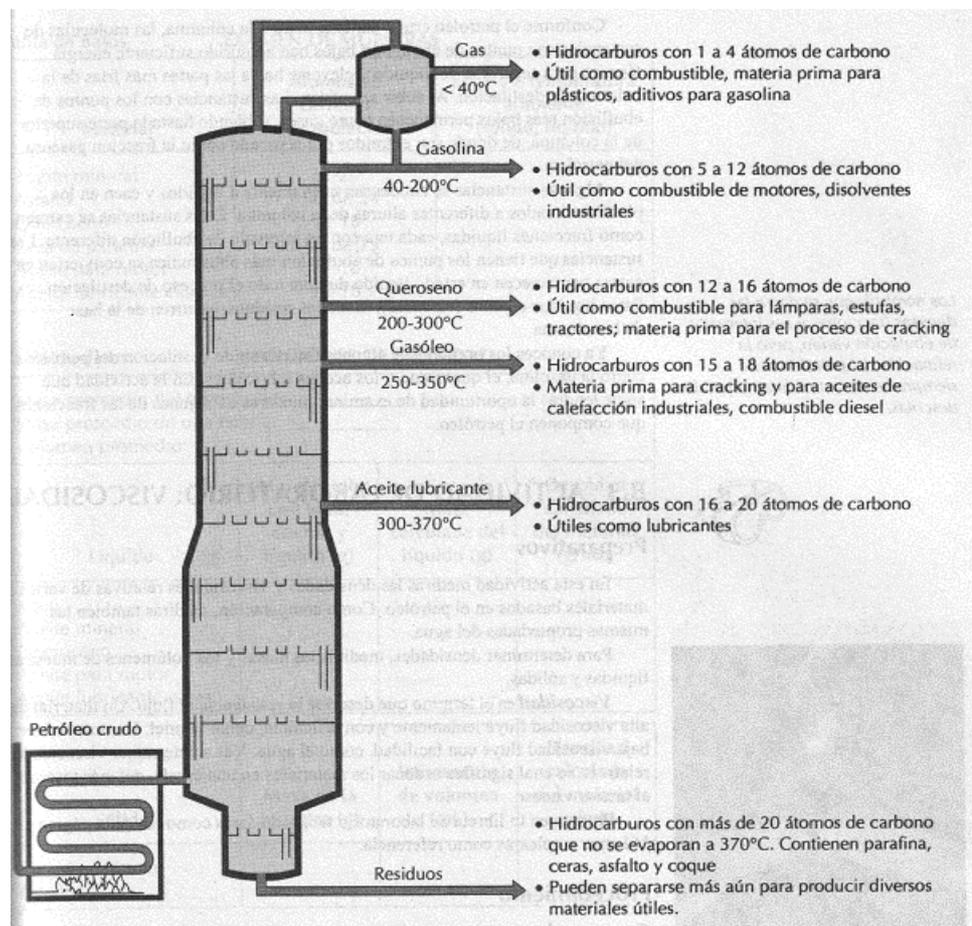
### Procesamiento del Petróleo

Tal como se bombea del subsuelo, el petróleo se conoce como petróleo crudo.

Este se transporta por tuberías, tren, camión tanque, o buque tanque hasta las refinerías (en nuestro caso perteneciente a ANCAP).

Ahí, luego de eliminadas las sales y los ácidos, los hidrocarburos se refinan, es decir se separan en mezclas características de sustancias con puntos de

ebullición similares. Este proceso se lleva a cabo por destilación fraccionada, en la cual el petróleo crudo se calienta a cerca de 400°C en un horno. A continuación se bombea hacia la base de una columna de destilación que suele tener más de 30 metros de altura. Se sitúan platillos de recolección a diferentes alturas dentro de ella. Al subir por dicha columna la temperatura es más baja. Los hidrocarburos formados por moléculas más pequeñas se evaporan a menor temperatura, como ya vimos, y por lo tanto pueden llegar a mayor altura en la columna de destilación (ver figura).



A todo el proceso de destilación y redestilación se le llama **TOPPING**.

### **OCTANAJE DE UNA NAFTA**

Los motores están diseñados para que la gasolina gasificada sea admitida por el pistón, y luego de ser comprimida, la chispa de la bujía provoque su explosión. No conviene que explote antes de ser comprimida pues ello provoca que el pistón retroceda antes de que el cigüeñal haya completado un ciclo, lo que se escucha como un golpeteo, llamado “cascabeleo”, que provoca el mal funcionamiento y la rotura del motor.

El llamado comunmente iso octano (isómero del octano) es el 2,2,4 - trimetil pentano. Durante algún tiempo este compuesto fue el hidrocarburo con las mejores características antidetonantes, mientras que el heptano fue el peor. Debido a esto, se definió una escala para medir las características antidetonantes de un combustible, en la que estos dos hidrocarburos determinaban los extremos de la misma. A esta escala se le llama **índice de octanos** u **octanaje**.

Un octanaje de 100 significa que el combustible tiene una idéntica detonabilidad que el iso octano puro; el octanaje cero significa que la detonabilidad del combustible es igual al heptano puro. El octanaje mejora cuanto más ramificado es el compuesto. Esto también es mejorado si hay compuestos aromáticos, o si en medio de la cadena de carbonos hay átomos de oxígeno (función éter que se estudiará más adelante). Cuando decimos que una nafta tiene un 87 octanos estamos diciendo que se comporta como una mezcla de 15 % de n – heptano y 85 % de iso octano. En nuestro país ANCAP produce tres tipos de nafta: ESPECIAL 87SP, SÚPER 95SP y PREMIUM 97SP. El número al final indica el octanaje y la sigla SP significa “sin plomo”. Esto último se debe a que antes para mejorar el octanaje se le agregaba a la nafta sustancias con plomo como por ejemplo el tetraetilo de plomo,  $Pb(C_2H_5)_4$ . Este al pasar a la atmósfera era un contaminante más que se agregaba, por lo que ya no se lo utiliza.

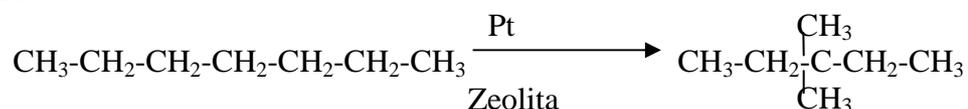
### **PROCESOS DE CONVERSIÓN DE LOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO**

Para mejorar la calidad y el rendimiento se llevan adelante algunos procesos en los cuales algunos de los productos de la refinación por destilación son modificados por medios químicos:

#### **a) Reforming catalítico**

En él se convierten las cadenas lineales de algunos compuestos en isómeros ramificados, lo que mejora su octanaje. Para ello se utilizan como catalizador (ver definición de catalizador en FichE: Propiedades químicas de hidrocarburos platino sobre zeolita (mineral compuesto por aluminio, silicio, hidrógeno y oxígeno)).

Ejemplo:



#### **b) Hidrodesulfuración**

Para eliminar pequeñas cantidades de azufre y algunos hidrocarburos inestables que contienen el queroseno y el gasoil obtenidos de la destilación se les somete un tratamiento químico a alta presión y alta temperatura, utilizando níquel o molibdeno como catalizadores. El azufre se desprende como  $SO_2$ .

#### **c) Cracking catalítico**

Consiste en la ruptura de las moléculas más grandes que forman el gasoil y el queroseno en moléculas más pequeñas, que puedan formar parte de las naftas o del supergas. Para ello se utilizan óxidos de silicio y de aluminio como catalizadores.

### Actividades:

1) En qué propiedad se basa la separación de los distintos hidrocarburos que forman el petróleo.



Figura 6 Del petróleo crudo a los productos.

- 2) ¿Qué significa decir que la nafta Súper tiene 95 octanos?
- 3) a) Escribe la fórmula semidesarrollada del iso octano.  
b) Escribe la ecuación de combustión completa de este hidrocarburo.  
c) ¿Dónde puedes ver ejemplos de este proceso en la vida cotidiana?
- 4) ¿Qué significa el SP en la nafta y qué ventaja presenta?
- 5) ¿A qué proceso químicos se somete el petróleo luego de destilado?
- 6) Cada subgrupo trabaja con uno de los grupos de productos de la figura y responde:
  - a) ¿Cómo afectaría a nuestra vida si por escases de petróleo desaparecieran esos productos?
  - b) ¿Cómo se los podría sustituir?
  - c) ¿El petróleo es un recurso renovable o no renovable? Justifica tu respuesta.
- 7) Actualmente se utiliza etanol o benceno en lugar de tetraetilo de plomo para mejorar el octanaje de la nafta ¿Cómo relacionarías esto con la Química Verde?

### Bibliografía:

- ☞ American Chemical Society, 1998, QuimCom Química en la Comunidad, segunda edición Adison Wesley, México
- ☞ Asimov, Isacc, 1984, “Como descubrimos el petróleo”, edición en español, Ed. Molino, Barcelona, España
- ☞ Chow Pangtay, Susana - “Petroquímica y Sociedad” Disponible en: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/petroqui.htm>

☞ Hill y Kob, 1999; "Química para el nuevo milenio", octava edición, Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México

### Actividades domiciliarias:

- 1) ¿Cuál es la composición química del petróleo y del gas natural?
- 2) ¿Qué países son los que más consumen petróleo? ¿A qué se debe?
- 3) Investiga y realiza un pequeño informe en tu cuaderno sobre las siguientes cuestiones:
  - a) ¿Qué es la OPEP y cuál es su cometido?
  - b) ¿Qué investigaciones se han llevado a cabo en Uruguay para buscar petróleo y cuáles han sido los resultados?
  - c) ¿Qué es el efecto invernadero y cuáles son sus consecuencias?
  - d) ¿Qué conflictos bélicos han tenido como causa principal o importante el petróleo?
  - e) ¿Qué problemas originan los derrames de petróleo y cómo se combaten?
- 4) ¿Qué opinas tu sobre la problemática del petróleo y sus posibles soluciones?

## Dos formas diferentes de solucionar un derrame de petróleo (noticias extraídas del diario El País)



### Incendiarán la mancha de petróleo en Golfo

**Con esta técnica esperan controlar el avance hacia la costa**

NUEVA ORLEANS | Equipos de emergencia lanzaron una operación para realizar un "incendio controlado" que detenga la expansión de un gigantesco derrame de petróleo en el Golfo de México, tras el hundimiento de una plataforma petrolera cerca de la costa ecológicamente frágil de Louisiana la semana pasada.

Una flota de lanchas desplegada por el servicio de Guardacostas y la firma británica de energía BP comenzaron a barrer las concentraciones más densas de



crudo hacia una barrera flotante resistente al fuego que mide 150 metros de largo.

"Este petróleo será luego desplazado hacia una zona más alejada, donde se encenderá y se quemará de manera controlada", según un comunicado conjunto. "El plan consiste en fuegos restringidos y controlados de varios miles de galones de petróleo que deberían durar cerca de una hora cada uno".

La decisión de encender un fuego en el mar es vista como una intervención necesaria debido a que la gigantesca mancha de petróleo ha avanzado a una distancia de casi 40 kilómetros de los pantanos de Louisiana, un importante santuario para aves acuáticas y especies salvajes. Sin embargo, el incendio de la mancha de petróleo podría tener sus propios problemas ambientales, despidiendo enormes nubes de humo negro tóxico hacia el cielo y dejando residuos aceitosos en

el mar. Los estados sureños de Florida, Alabama y Mississippi se preparan ante la posibilidad de que las playas y áreas pesqueras, cruciales para la economía de la región, se vean afectadas desde este fin de semana por el lodo aceitoso derivado del derrame de 965 kilómetros de circunferencia. AFP

**Fuente:** Diario El País Edición 29/04/2010. Disponible en:

<http://elpaisweb2.elpais.com.uy/100429/pinter-485420/mundo/incendiaran-la-mancha-de-petroleo-en-golfo>

**FotografíE:**

<http://www.terra.com.mx/noticias/articulo/903631/Descarta+Mexico+impacto+en+sus+aguas+por+derrame+de+petroleo.htm?ref=1>

## Tecnología uruguaya para degradar derrames de petróleo

Un equipo de científicos uruguayos, pertenecientes a la Facultad de Química, desarrollaron un producto que puede degradar manchas de petróleo, a partir de una bacteria existente en el suelo de nuestro país.

A nivel mundial, la tecnología que se aplica para combatir los derrames incluye el uso de productos similares a éste, que ha sido descubierto por científicos uruguayos que trabajan en la Universidad de la República.

La iniciativa, a cuyo frente está la catedrática de Microbiología de la Facultad de Química, Matilde Soubes, comenzó con las investigaciones realizadas en el ámbito de la Cátedra de Microbiología, contando con la participación de estudiantes, docentes y becarios.

Asimismo, el equipo apoyó su investigación en los trabajos realizados por la Cátedra de Farmacognosia de la citada Facultad, a fin de caracterizar el producto. Soubes destacó también la importante colaboración de integrantes del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), MGAP.

En relación con el proceso que derivó en el desarrollo del producto, Soubes, explicó que se trata de una labor de aislamiento de microorganismos tomados de muestras del suelo. Como consecuencia de los estudios efectuados, se logró caracterizar un microorganismo, así como el emulsificante que produce.

Por emulsificante se entiende un producto que facilita la mezcla de dos sustancias que normalmente no lo harían, como agua en aceite, o querosene y agua.

Con el apoyo de otros grupos científicos de Facultad de Química, se logró determinar la estructura del compuesto. Desde un punto de vista químico, se trata de un polisacárido novedoso, explicó Soubes. Es decir, que es un glúcido formado por una larga cadena de monosacáridos, tal como el almidón, la celulosa y el glucógeno, cuya composición química es diferente a la de los polisacáridos conocidos.

El compuesto es un microorganismo que no fue modificado genéticamente, capaz de degradar compuestos de baja solubilidad en agua, como naftaleno, y fenantreno, y contiene un emulsificante que el mismo microorganismo produce y libera al medio.



Además, el producto sobre el cual trabaja la Cátedra de Microbiología tiene diversos usos. En ese sentido, es posible utilizar la mezcla del microorganismo con el emulsificante, como el emulsificante sin microorganismos; por ejemplo, para favorecer la dispersión y degradación de petróleo que se derrame en agua, o en el suelo.

**Fuente:** Resumido de Diario El País – 05/09/2008 – Disponible en:

[http://www.elpais.com.uy/08/09/05/ultmo\\_368114.asp](http://www.elpais.com.uy/08/09/05/ultmo_368114.asp)

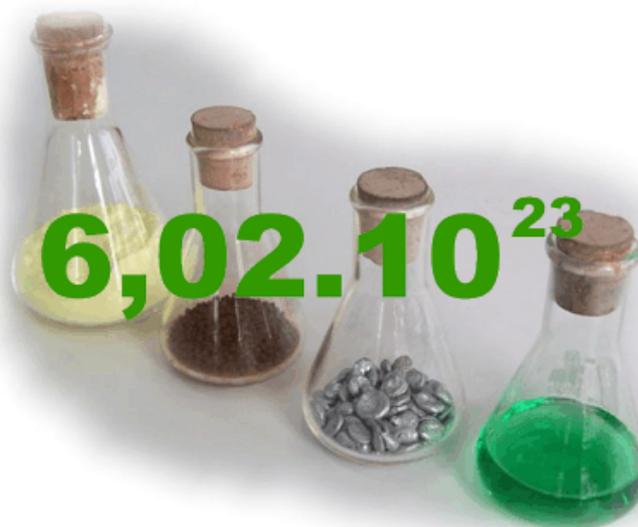
**Actividades:**

- 1) a) Explica brevemente qué métodos para solucionar un derrame de petróleo se plantean en los dos artículos anteriores.  
b) ¿Qué ventajas y desventajas presenta cada uno según tu punto de vista  
c) ¿Cuál de estos métodos es más cercano a la Química Verde? Explica por qué.  
d) ¿Con cuál o cuáles de los principios de Química Verde está relacionado ese método?
- 2) a) ¿Qué es una emulsión?  
b) ¿Qué es un emulsificante?
- 3) ¿Sabías que en Uruguay se llevan adelante este tipo de investigaciones? ¿Qué opinas de ellas?
- 4) **Tarea domiciliaria:**
  - a) Investiga qué son las siguientes sustancias: glúcidos, polisacárido, monosacárido, almidón, celulosa, glucógeno.
  - b) Investiga que fórmula tienen el naftaleno y el fenantreno respectivamente. ¿Qué tipo de sustancias son?

## Hoja de trabajo N° 6

# CANTIDAD DE SUSTANCIA O CANTIDAD QUÍMICA

En las actividades anteriores estuvimos trabajando con fórmulas y ecuaciones químicas. Para trabajar con reacciones químicas, además del **qué**, importa el **cuánto**. Por eso ahora nos introduciremos en el tema cantidad de sustancia o cantidad química, para luego aplicarlo a las ecuaciones con las que seguiremos trabajando. Los átomos, moléculas, iones y partículas subatómicas no pueden contarse directamente, por eso se llegó al concepto de cantidad de sustancia o



cantidad química para determinar la cantidad de partículas. <http://blog.educastur.es/bitacorafyq/>

La **cantidad de sustancia o cantidad química** es una de las unidades fundamentales del Sistema Internacional de Unidades. La IUPAC la define como una magnitud “... **proporcional al número de entidades elementales –especificadas por una fórmula química- de las cuales la sustancia está compuesto**. El símbolo de cantidad de sustancia es

**MOL: Es la cantidad de sustancia que tiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0,012 Kg (12 g) de carbono-12.** Las entidades elementales deben especificarse cuáles son.

n. La unidad de cantidad de sustancia es el **mol** y su símbolo es la propia palabra **mol**. La pregunta que surge es ¿cuántos átomos hay en 12 g de  $^{12}\text{C}$ ? Experimentalmente se ha determinado que en 12 g de carbono-12 hay  $6,02 \times 10^{23}$  átomos (602.000.000.000.000.000.000.000). Es decir seiscientos dos mil trillones de átomos. A este número se lo llamó **número de Avogadro ( $N_A$ )**.

**¿Qué tan grande es este número?**

**Resolvamos el siguiente problema para evaluarlo.**

La población de la tierra es aproximadamente 5000 millones de personas. Supongamos que todas las personas del planeta empiezan a contar monedas al mismo tiempo y todos cuentan a razón de una moneda por segundo. ¿Cuánto tiempo deberían estar para contar el número de Avogadro entre todos (es decir seiscientos dos mil trillones)?

Así como las medias se miden de a pares, los huevos por docenas, los átomos, las moléculas, los iones, los electrones y demás partículas subatómicas se miden en moles. Entonces, a **escala macroscópica:**

Como no existe un instrumento que pueda medir la cantidad de sustancia, esta se relaciona con la masa que si se puede medir. Por ejemplo si quisiéramos saber cuántas moléculas de agua hay en un vaso de agua y supiéramos la masa de una molécula, si dividimos la masa de



## Relación entre cantidad de sustancia y masa



### Actividades de laboratorio

- 1) a) ¿Cuántos moles de sacarosa (azúcar de mesa) tiene el recipiente que te entregó el profesor, si su fórmula es  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ?  
b) ¿Cuántas moléculas contiene ese recipiente?
- 2) a) Determina la masa molar de la sal de mesa (NaCl).  
b) Mide un mol de NaCl y colócalo en el frasco que te entregó el profesor.
- 3) a) ¿Qué cantidad de agua hay en 100 mL de esa sustancia?  
b) ¿Cuántas moléculas contiene un vaso de agua de 200 mL?
- 4) Investiga cuántos átomos de carbono tiene aproximadamente el grafo de un lápiz

### Bibliografía:

- Lahore y otros, 1998, "Química, un enfoque planetario" Ed. Monteverde.
- García – García – Varela, 1995, "Introducción a la química II" Ed. Barreiro y Ramos
- Bulwik, Marta, Bosack, Alejandro y otros, 2002; "Polimodal, Química Activa" Ed. Puerto de Palos, Buenos Aires, Argentina.

## Hoja de trabajo N° 7

### Estequiometría

En un libro de texto se lee:

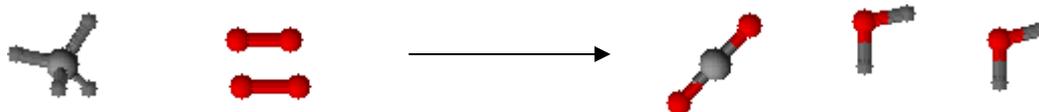
*“La estequiometría es la parte de la química que estudia las relaciones cuantitativas entre los átomos que constituyen las sustancias y entre las sustancias que reaccionan y se obtienen en las reacciones químicas.”*



A partir de esta definición podemos deducir primero, que la palabra estequiometría se refiere a medidas, y segundo que se refiere a dos tipos de medidas:

- ☞ La proporción de cada elemento forma una sustancia. Esto fue lo que estuvimos trabajando en la ficha anterior.
- ☞ Qué relaciones cuantitativas existen entre:
  - los diferentes reactivos que participan en una reacción química,
  - los diferentes productos,
  - cada uno de los reactivos con cada uno de los productos.

La herramienta fundamental para resolver problemas de estequiometría en este último sentido es la ecuación química, que representa a la reacción que estamos estudiando. Por eso vamos a analizar el significado de una ecuación química, tomando como ejemplo la combustión del metano:



$\text{CH}_4(\text{g})$		+	$2 \text{O}_2(\text{g})$		$\longrightarrow$	$\text{CO}_2(\text{g})$		+	$2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$		
<b>Reaccionan</b>				<b>Producen</b>							
1 molécula de $\text{CH}_4$		2 moléculas de $\text{O}_2$		1 molécula $\text{CO}_2$		2 moléculas de $\text{H}_2\text{O}$					
1 mol de $\text{CH}_4$		2 moles de $\text{O}_2$		1 mol de $\text{CO}_2$		2 moles de $\text{H}_2\text{O}$					
16 g de $\text{CH}_4$		64 g de $\text{O}_2$		44 g de $\text{CO}_2$		36 g de $\text{H}_2\text{O}$					

¿Para qué sirve todo esto?

Veamos un ejemplo

Sabemos que el dióxido de carbono, producto de la combustión de hidrocarburos, es uno de los responsables del efecto invernadero. **¿Cuánto dióxido de carbono se producirá cuando se quema un kilogramo de metano?**

De acuerdo a la información que obtenemos de la ecuación química por cada molécula de  $\text{CH}_4$  que reacciona se forma una molécula de  $\text{CO}_2$ . Si esta relación la establecemos en moles, por cada mol de moléculas que reaccionan  $\text{CH}_4$  se produce un mol de moléculas de  $\text{CO}_2$ . Un mol de moléculas de  $\text{CH}_4$  tiene una masa de 16 g, y un mol de moléculas por  $\text{CO}_2$  tiene una masa de 44 g, por lo tanto podemos decir que cuando reaccionan 16 g de metano se producen 44 g de  $\text{CO}_2$ . Contestando la pregunta inicial:

$$\begin{array}{ccc} 16 \text{ g de } \text{CH}_4 & \text{—————} & 44 \text{ g de } \text{CO}_2 \\ 1000 \text{ g de } \text{CH}_4 & \text{—————} & x \end{array}$$

$$\frac{1000\text{g } \text{CH}_4 \times 44\text{g } \text{CO}_2}{16\text{g } \text{CH}_4} = 2750\text{g } \text{CO}_2$$

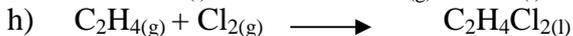
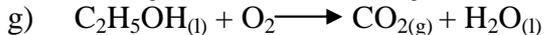
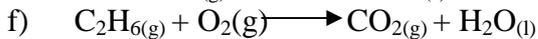
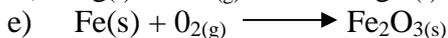
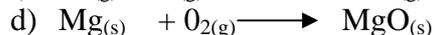
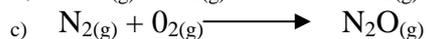
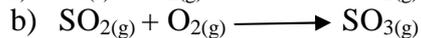
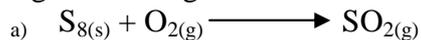
Por lo tanto cuando se quemara un kilogramo de metano se producen 2,750 kilogramos de dióxido de carbono.

Como vemos, **para poder trabajar estequiometría es fundamental saber igualar ecuaciones químicas.**

### **Actividades:**

1) Realiza un resumen explicando que es la estequiometría y para qué sirve.

2) Iguala las siguientes ecuaciones:



### **Problemas de Estequiometría:**

1) a) Plantea la ecuación igualada de la combustión completa del eteno.

b) Determina cuántos moles de oxígeno reaccionan con 0,50 moles de eteno.

c) ¿Cuántos moles de dióxido de carbono se producen?

d) ¿Cuántos gramos de dióxido de carbono se producen?

2) Tú ya sabes que la lluvia ácida es una de las consecuencias de la combustión de combustibles, debido a que estos tienen alguna proporción de azufre.

Por reacción del trióxido de azufre con agua se forma ácido sulfúrico, cuya fórmula es:  $H_2SO_4$ .

a) Plantea la ecuación química de la reacción de formación del ácido sulfúrico.

b) ¿Qué masa de agua reacciona con 1,5 mol de trióxido de azufre?

c) ¿Qué cantidad de ácido sulfúrico se forma a partir de esos 1,5 mol de trióxido de azufre?

3) a) Plantea la ecuación de combustión del butano.

b) ¿Qué masa de butano reacciona con 0,25 mol de oxígeno?

c) ¿Qué cantidad de agua se produce en ese caso?

d) ¿Qué volumen de dióxido de carbono a PTN se produce?

### **Problemas domiciliarios:**

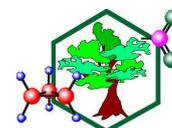
1) a) Plantea con fórmulas globales la ecuación de adición de cloro al eteno.

b) Determina qué cantidad de  $Cl_2$  se necesitan para que se formen 0,30 moles de  $CH_2Cl_2$ .

c) ¿Qué volumen de eteno a PTN es necesario que reaccione para que se formen esos 0,30 mol de  $CH_2Cl_2$ ?

- 2) Supongamos que la nafta está formada solo por octano. Sabiendo que su densidad es aproximadamente 680 g/L resuelva las siguientes cuestiones:
- Plantee la ecuación de combustión completa del octano.
  - ¿Qué masa de oxígeno es necesaria para quemar un litro de nafta?
  - ¿Qué cantidad de agua se produce en ese caso?
  - ¿Qué volumen de dióxido de carbono a PTN se produce?
- 3) El etino, llamado acetileno en el lenguaje vulgar, se utiliza en la soldadura llamada con autógena, en la cuál se suelda por fusión de los metales mediante calor suministrado por la combustión de este hidrocarburo.
- Plantee la ecuación de combustión completa de etino.
  - ¿Qué masa de oxígeno reacciona con 20 L de etino gaseoso a PTN?
  - ¿Qué masa de agua se produce en ese caso?
  - ¿Qué masa de dióxido de carbono se produce en esa reacción?

## Estequiometría y Química Verde: el concepto de economía atómica



La economía atómica apunta a que en el producto deseado se incorpore la mayor cantidad posible de los átomos que forman los reactivos, y por lo tanto, que la menor cantidad posible de átomos de los reactivos formen productos de desecho.

El porcentaje de economía atómica se calcule:

$$\% E.A. = \frac{\text{masa de producto deseado}}{\text{masa de reactivo}} \times 100$$

Cuanto más alto sea el porcentaje de economía atómica menos contaminante es el proceso.

Un ejemplo de aplicación de esto se presenta en un nuevo proceso para sintetizar Ibuprofeno. El ibuprofeno es un analgésico casi tan utilizado como la aspirina, que en un principio se utilizó por su efectividad para tratamiento de la artritis. El antiguo proceso de síntesis del ibuprofeno constaba de seis etapas en las que se producían gran cantidad de productos de desecho. En 1990 se desarrolló una nuevo proceso de síntesis del ibuprofeno en 3 tres etapas, que producía menos residuos y consumía menos energía.



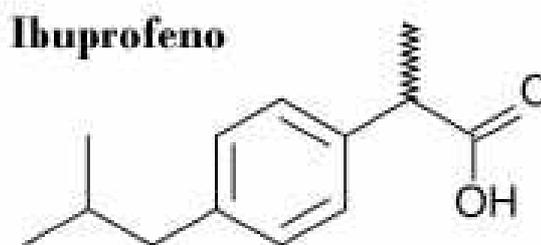
### Actividades:

En el antiguo proceso de producción, para obtener 206 g de Ibuprofeno se consumían 514,5 g de distintos reactivos, siendo el resto materiales de desecho.

En el nuevo proceso, para obtener 206 g de Ibuprofeno se consumen 266 g de distintos reactivos.

a) Calcula el porcentaje de economía atómica para ambos casos.

b) ¿Qué masa de residuos se producen en cada caso para obtener 206 g de ibuprofeno.



- c) En la década de los 90 se vendían a nivel mundial 46 toneladas de ibuprofeno. ¿Qué masa de residuo se producían por el método antiguo y por el método nuevo respectivamente?
- d) ¿Qué principios de la Química Verde se aplican en el nuevo proceso de obtención de Ibuprofeno?
- e) Escribe la fórmula global del ibuprofeno.
- f) ¿Qué grupo funcional presenta el ibuprofeno?
- g) ¿Qué importancia puede tener el principio de economía atómica para nuestra vida? Explica.

**Bibliografía:**

- ✓ Alegría, Mónica; Bosack, Alejandro; Dal Favero, Alejandra; Franco, Ricardo; Jaul, Mariana; Rossi, Ricardo; (1998) "Química I, Sistemas Materiales. Estructura de la materia. Transformaciones químicas." colección Polimodal de Editorial Santillana, , Argentina.
- ✓ González, Luz; Valea, Ángel; (2009) "El compromiso de enseñar química con criterios de sostenibilidad: la Química Verde" Educació Química, n. 2 (2009), p 48-52. Disponible en:  
<http://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000063/00000009.pdf> (25/05/10)

## Hoja de trabajo N° 8

# Intercambios energéticos en las reacciones químicas

## Entalpía

Las reacciones de combustión están acompañadas de importantes desprendimientos de calor. El calor es una forma de transferir energía desde un sistema al entorno, o desde este al sistema. En un sistema que experimenta un cambio a presión constante, consideramos a la transferencia de energía con el ambiente como el cambio de **entalpía (H)** del sistema. Para una muestra de determinada sustancia, la **entalpía** depende del estado físico, de la temperatura, de la presión y también de la cantidad de la muestra, por lo tanto la entalpía es una propiedad extensiva.

La **variación de entalpía ( $\Delta H$ )** de un sistema es igual al calor intercambiado, medido a presión constante ( $Q_p$ )

$$\Delta H = Q_p$$

En una reacción química:  $\Delta H = H_{\text{productos}} - H_{\text{reactivos}}$

### Proceso exotérmico

Aquel que se al producirse desprende calor. Está acompañado por una disminución de entalpía.

Ejemplo:



Cuando se produce la combustión completa de un mol de eteno se liberan 1411,1 kJ a los alrededores del sistema.

**En un proceso exotérmico:  $H_p < H_r$  , por lo tanto:  $\Delta H < 0$**  (signo negativo)

En la combustión completa del eteno:  $\Delta H = -1411,1 \text{ kJ/mol}$

### Proceso endotérmico

Es aquel en el que al producirse se transfiere calor del entorno al sistema. Está acompañado por un aumento de entalpía.

Ejemplo.

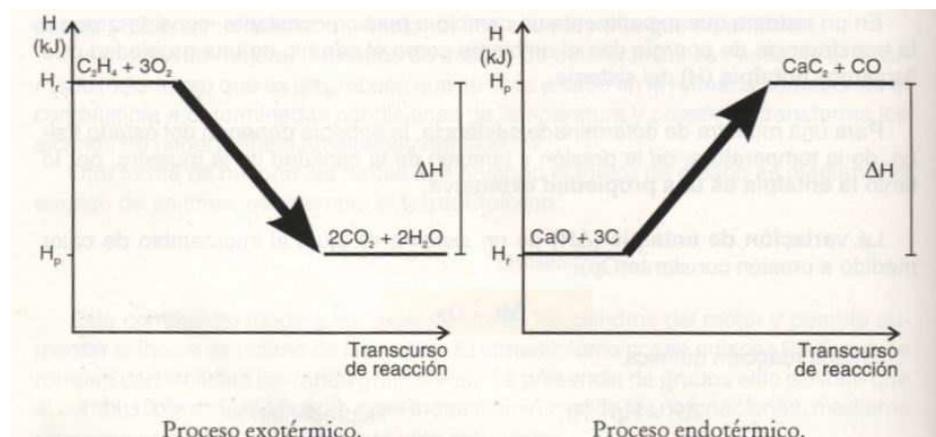


Cuando se producen esta reacción se transfieren 462,2 kJ desde el entorno hacia el sistema que está reaccionando.

**En un proceso endotérmico  $H_p > H_r$**   
El  $\Delta H = 462,2 \text{ kJ}$  para esta reacción.

### Diagramas entálpicos:

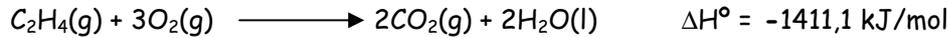
Son representaciones gráficas de los procesos termoquímicos. Para los ejemplos anteriores.:



### Ecuaciones termoquímicas:

Son ecuaciones químicas igualadas en las cuáles se indica: **el estado de agregación** de reactivos y productos y la entalpía correspondiente a esa reacción tal como está escrita, **incluyendo su signo**.

### Ejemplo:



El signo  $^\circ$  en el  $\Delta H$  indica que fue medido en condiciones estándar. Se define condiciones estándar como la forma más estable de la sustancia a una atmósfera de presión, y a cierta temperatura que normalmente es  $25^\circ\text{C}$ .

Las unidades para la entalpía son las mismas que para la energía: el Joule (J) y su múltiplo el kilojoule (kJ), pertenecientes al S.I.; o la caloría (cal) y la kcal.

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

El ser humano, como el resto de los seres vivos, necesita energía para realizar todas sus actividades; esta energía proviene de la combustión lenta de los alimentos.

Actividad	Gasto de energía (kJ/hora) *
Dormir	330
Estar sentado	420
Mirar TV	490
Conducir automóvil	500
Estudiar sentado	560
Estar de pie	580
Comer	630
Trabajo casero liviano	750
Caminar a 4 km/h	880
Andar en bicicleta a 8,8 km/h	880
Cortar el césped	1050
Jugar bolos	1130
Caminar a 6 km/h	1250
Voleibol , patinaje	1460
Tenis	1760
Natación de pecho	1800
Jugar fútbol	2100
Trotar	2300
Andar en bicicleta a 21 km/h	2760
Correr a 12 km/h	3550

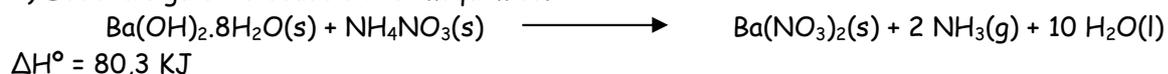
\* Con base a una persona de 68 kg

Entalpías de combustión de alimentos:	
Alimento	$\Delta H^\circ$ (kcal/100g)
Leche materno	- 67
Leche pasteurizada	- 64
Huevo (yema)	- 353
Huevo (clara)	- 48
Aceite de girasol	- 898
Pescado (merluza)	- 77
Carne vacuna (costilla)	- 223
Pollo (pechuga)	- 99
Arroz	- 347
Pan	- 238
Manzana	- 50
Naranja	- 44
Acelga	- 23
Zanahoria	- 27
Lentejas	- 310
Cebolla	- 33

### Problemas

- a) Plantea la ecuación termoquímica correspondiente a la combustión del butano sabiendo que su  $\Delta H^\circ$  de combustión es  $-890 \text{ kJ/mol}$ .  
b) Representa su diagrama entálpico.  
c) ¿Qué cantidad de calor a presión constante se desprende si se queman  $1000 \text{ kg}$  de butano?

- Dada la siguiente ecuación termoquímica.



- Indica si es exotérmica o endotérmica justificando tu respuesta.
- Realiza su diagrama entálpico.

- c) ¿Cuánto calor es intercambiado por el sistema con el ambiente a presión constante si reaccionan 100 g de nitrato de amonio,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ? ¿Ese calor es liberado o absorbido por el sistema?
- 3) El Requerimiento Energético Basal (REB) de una persona es la cantidad de energía que necesita una persona para vivir, sin contar lo que haga realizando cualquier actividad
- a) Calcula el gasto energético diario de una joven de 15 años sabiendo que su Requerimiento Energético Basal (REB) es de 5520 kJ por día, y que realiza las actividades normales de una chica de su edad.
- b) Crea una dieta que tu consideres conveniente para cubrir esos requerimientos energéticos utilizando las dos tablas que tienes abajo.
- 4) Gran parte de la energía que nuestro cuerpo utiliza se obtiene a partir de la combustión lenta (en respiración) de la glucosa que está disponible en nuestra sangre, y que se formó a partir de los alimentos que ingerimos.
- a) Plantea la ecuación termoquímica de la combustión completa de la glucosa, sabiendo que su fórmula es  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , y su  $\Delta H^\circ = -2,790 \text{ kJ/mol}$ .
- b) ¿Cuántos gramos de glucosa debo "quemar" para caminar 6 km?
- c) Representa el diagrama entálpico de la combustión de la glucosa, e indica si esta reacción es exotérmica o endotérmica.
- d) La fotosíntesis es la reacción exactamente inversa a la combustión, y la realizan las plantas gracias a la energía solar.
- i) Representa la ecuación termoquímica de la fotosíntesis.
- ii) Representa el diagrama entálpico de la fotosíntesis e indica si esta reacción es exotérmica o endotérmica.

### Tareas domiciliarias:

- 1) Consigue etiquetas de alimentos donde aparezca la cantidad de calorías. En la mayoría de las etiquetas aparece la energía expresada en Cal, esta expresión con mayúscula no representa calorías, sino kilocalorías.
- 2) A partir de estas etiquetas y los datos de la tabla de alimentos elabora un menú diario que contemple el requerimiento energético diario (RED) de una persona que necesite 2500 kcal/día. (Recuerda que el requerimiento energético depende de cada persona y de las actividades que realice).
- 3) a) Ingresa a la siguiente página y calcula cuál es aproximadamente tu consumo de calorías ideal para un día.  
<http://www.fundaciondelcorazon.com/corazon-facil/recursos-didacticos/calculadora-calorias.html>
- b) Escribe un menú para un día que tenga aproximadamente esta cantidad de calorías. Para eso te puedes ayudar con la calculadora de la siguiente página o con las etiquetas que conseguistes y las tablas que aquí aparecen.  
<http://www2.esmas.com/salud/consumocals.php>



## Enlace con Química Verde:

### **Sexto Principio:**

*Disminuir el consumo energético: Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes.*

- 1) ¿Por qué el sexto principio recomienda que las reacciones químicas se realicen a temperatura y presión ambiente?
- 2) ¿Cómo podemos aplicar este principio en nuestra vida cotidiana y en nuestra casa?

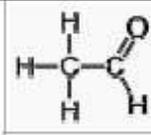
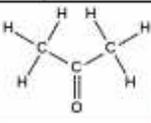
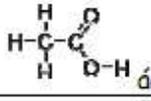
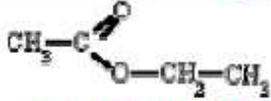
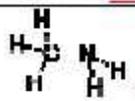
### **Bibliografía:**

- American Chemical Society, 1998, QuimCom Química en la Comunidad, segunda edición Adison Wesley, México
- Garritz y Chamizo, 1994, "Química
- Lahore y otros, 1998, "Química, un enfoque planetario" Ed. Monteverde
- Polimodal Química II Dinámica de las transformaciones. Introducción a la Química biológica, ambiental e industrial, Editorial Santillana

## Hoja de trabajo N° 9

### OTRAS FAMILIAS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS ADEMÁS DE LOS HIDROCARBUROS

Además de los hidrocarburos, existen otras familias de compuestos orgánicos muy importantes, en las que aparecen unidos al carbono otros elementos, además del hidrógeno. Varios de estos compuestos contienen oxígeno. A estos se les llama **compuestos oxigenados**.

Función	Grupo funcional	Nombre del grupo funcional	Terminación del nombre	Ejemplo
Alcohol	$\begin{array}{c}   \\ -C-OH \\   \end{array}$	Oxidrilo	ol	$H_3C-CH_2-OH$ <u>etanol</u>
Aldehídos	$\begin{array}{c} H \\   \\ -C=O \end{array}$	Carbonilo en carbono primario	al	 <u>etanal</u>
Cetonas	$\begin{array}{c} \diagup \\ C=O \\ \diagdown \end{array}$	Carbonilo en carbono primario	ona	 <u>propanona</u>
Ácido Carboxílico	$\begin{array}{c} OH \\   \\ -C=O \end{array}$	Carboxilo	oico	 <u>ácido etanoico</u>
Éster	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C-O- \end{array}$	éster	... ato de ... ilo	 <u>etanoato de etilo</u>
Amina	$\begin{array}{c}   \\ -C-NH_2 \\   \end{array}$	amino	amina	 <u>metilamina</u>

#### Grupo funcional:

Grupo de átomos o enlaces responsables de las propiedades químicas de una familia de compuestos.

#### Reglas complementarias de nomenclatura:

- 1) La cadena principal es la más larga que contiene al grupo funcional.
- 2) Los carbonos se numeran desde el extremo más próximo al grupo funcional

#### Carbonos primario, secundario y terciario:

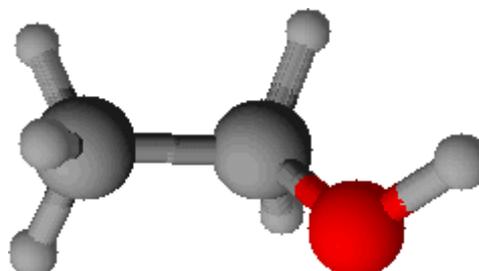
**Carbono Primario:** el que está unido directamente a un solo átomo de carbono.

**Carbono secundario:** el que está unido directamente a dos átomos de carbono.

**Carbono terciario:** el que está unido directamente a tres átomos de carbono.

**Carbono cuaternario:** el que está unido directamente a 4 átomos de carbono.

A partir de esto se pueden clasificar los alcoholes en primarios secundarios y terciarios. Si el carbono al que se une el grupo OH está unido a un carbono primario, el alcohol es primario. Si el carbono unido al OH es secundario, el alcohol es secundario. Es equivalente para un carbono terciario.



### Problemas domiciliarios:

1) Escribe la fórmula de los siguientes alcoholes y clasifícalos en primarios secundarios y terciarios:

- a) 2 - propanol      b) 1 - butanol      c) 2 - metil - 2 - butanol.

2) Escribe la fórmula de las siguientes sustancias:

- a) 2 - butanona      b) etanal      d) ácido propanoico      d) metanol      e) ácido pentanoico

3) Escribe la fórmula de las siguientes sustancias.

- a) El alcohol que forma las bebidas alcohólicas.  
b) El alcohol que se extrae de la madera.  
c) La sustancia que se utiliza como solvente para quitar el esmalte de las uñas.  
d) El ácido que se encuentra en el vinagre.  
e) El ácido que se encuentra en el veneno que inyectan las hormigas al picar.  
f) Investiga qué proceso químico relacionado con los temas tratados en clase ocurre cuando el vino se convierte en vinagre.  
d) Investiga que sustancias químicas forman el aceite de mesa, y cuáles son sus fórmulas. ¿Qué grupo funcional tienen?



4) Nombra las siguientes sustancias:

- a)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C}(=\text{O})\text{-H}$       b)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$       c)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C}(=\text{O})\text{-OH}$   
d)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C}(=\text{O})\text{-CH}_2\text{-CH}_3$       e)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C}(=\text{O})\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$       f)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$

5) Piensa y responde las siguientes preguntas, justificando tus respuestas:

- a) ¿Puede existir un ácido carboxílico secundario? ¿Por qué?  
b) ¿Puede existir un aldehído secundario? ¿Por qué?  
c) ¿Hay cetonas secundarias?, ¿y terciarias?  
d) ¿Existen alcoholes cuaternarios?

### Bibliografía:

- Lahore y otros, 1998, "Química, un enfoque planetario" Ed. Monteverde
- <http://www.alonsoformula.com>

<http://es.wikipedia.org/wiki/WikipediE:Portada>

## Enlace con Química Verde



### **Biopetróleo: Biocombustible a partir de algas**

El "biopetróleo", un combustible ecológico elaborado a partir de algas, podría ser una de las soluciones al incierto futuro energético, ya que al ritmo actual, expertos consideran que las reservas de crudo se agotarían en unos 50 años.

Empresas como Aquaflow Bionomic Corporation, de Nueva Zelanda, o la española Bio Fuel-System desarrollan proyectos en el que las algas constituyen la fuente principal para producir este tipo de petróleo ecológico.

Elaborado a partir de fitoplancton, surge como una alternativa a biocombustibles como el bioetanol, uno de los responsables de la crisis mundial de alimentos.

Para producir bioetanol, por ejemplo, es necesario utilizar grandes cantidades de energía destinada al transporte de esos cultivos y al cuidado de la tierra. "Si obtienes esa energía de combustibles fósiles, acabas emitiendo más CO<sub>2</sub> de lo que emitirías simplemente usando gasolina del coche", afirmó Harmut Michel, premio Nobel en Química, en una entrevista concedida al diario español El País.

"Para producir una tonelada de aceite de girasol, que corresponde a nueve millones de kilocalorías, se tienen que gastar 19 millones de kilocalorías para el cultivo, el tratamiento (...). Esto evidencia que al final, se emite dos veces más CO<sub>2</sub> que con un petróleo fósil", asegura el presidente de la compañía española.

La producción de algas utilizadas para la producción de combustibles no es algo nuevo. A finales de la década del 70, Estados Unidos puso en marcha el llamado "Programa de Especies Acuáticas" debido a la crisis petrolera.

"Utilizamos las microalgas porque es un sistema de fotosíntesis eficaz. Recuperamos el ciento por ciento de la energía solar, en tanto con otros biocombustibles se recupera una parte ínfima de la planta".

<http://grupoelectropositivos.blogspot.com/search/label/Biocombustibles>

1) Accede al sitio web indicado observa los videos que allí aparece y realiza las siguientes actividades:

- ¿Qué ventajas parece presentar el biopetróleo frente a otros biocombustibles?
- Describe brevemente como se obtiene el biopetróleo.
- Explica lo gráfica de barra que aparece en este sitio.

2) Accede a los siguientes sitios y analiza las expectativas que se plantean en los periódicos de nuestro país frente a este posible nuevo método de obtener biocombustibles.

<http://www.larepublica.com.uy/cultura/315638-el-oceano-proveeria-del-combustible-mas-ecologico-el-petroleo-verde-de-las-algas>

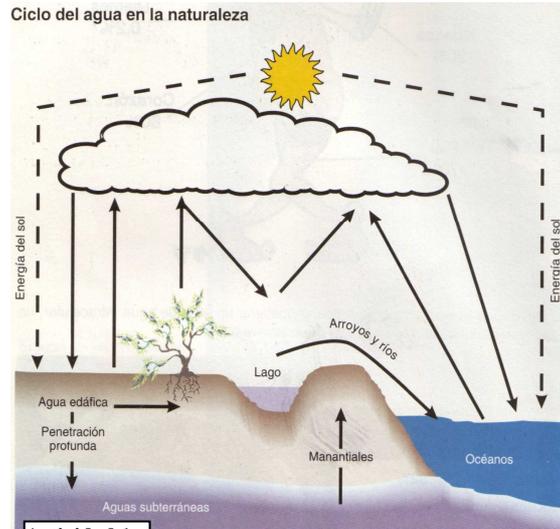
<http://www.elpais.com.uy/090726/pinter-431965/internacional/industria-piensa-en-combustible-basado-en-algas>

## Hoja de trabajo N° 11

### El Agua en la Naturaleza

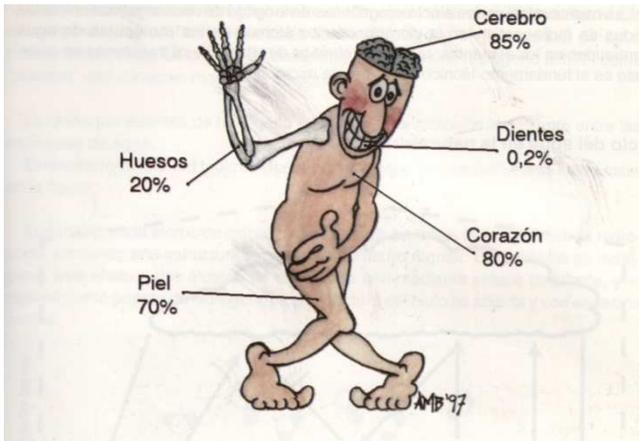
El agua constituye las dos terceras partes de la superficie de nuestro planeta. De esta solo un 2,5 % es agua dulce, es decir, posible de ser consumida por el ser humano con procesos sencillos de potabilización, siempre que su grado de contaminación lo permita.

El agua como el oxígeno, es imprescindible para la vida. Toda célula, animal o vegetal, puede contener un 70 % de agua o más. El agua se encuentra en la naturaleza en las tres fases: sólida, líquida y gaseosa. En la fase gaseosa no es visible. Lo que vemos cuando miramos vapor o nubes son pequeñas gotitas de agua líquida dispersas en el vapor de agua.



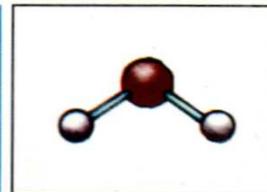
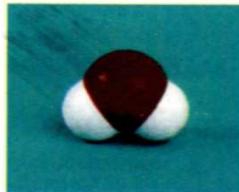
#### Actividad 1

- Algunas flechas corresponden a cambios de estado de agregación. Identificarlos.
- Interpretar el sentido de las flechas para explicar el ciclo del agua.
- ¿En cuáles de estas etapas puede el hombre contaminar el agua?
- ¿Dónde se encuentra el agua en estado sólido en la naturaleza, que aquí no aparece? ¿Participa del ciclo? ¿Cómo?

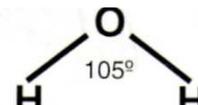


Del 65% en peso, el cuerpo humano cc  
17% de agua intersticial, y un 6% de agua in

Modelo compacto de la  
molécula de agua  
(izquierda) y modelo de  
varillas (derecha).



Fórmula estructural del  
agua. El ángulo de  
enlace es de 105°.



#### Actividad 2:

Para explicar la importancia del agua y el por qué de su presencia en tantas formas y sistemas realiza la siguiente actividad.

- Realiza el diagrama de Lewis del oxígeno y del hidrógeno y explica por qué la fórmula del agua es  $H_2O$ .
- Determina el tipo de enlace que tiene el agua utilizando los valores de electronegatividad de los elementos que la forman.

- c) La siguiente tabla corresponde a sustancias que forma el hidrógeno con los elementos del grupo VI A de la tabla periódica.

Elemento del grupo VIA	Sustancia	$\bar{M}$ (g/mol)	P.F. (°C)	P.Eb. Normal (°C)	Estado de agregación en condiciones normales
	H <sub>2</sub> O				
	H <sub>2</sub> S		-85,5	-60,7	
	H <sub>2</sub> Se		-60,4	-41,5	
	H <sub>2</sub> Te		-48,9	-2,2	

- I) Completa la tabla.  
 II) Para las tres últimas sustancias grafica el punto de ebullición en función de la masa molar.  
 III) Observando esa gráfica, y considerando que el agua continuara con la misma tendencia, ¿cómo debería ser el punto de ebullición del agua, comparado con el de estas tres sustancias? ¿Cómo relacionas tu respuesta con el valor real? ¿Tendrá esto que ver con tipo de enlace que determinaste?  
 d) Analiza con tu profesor como se relaciona el tipo de enlace que determinaste con el hecho de que el agua se encuentre en la naturaleza en los tres estados de agregación, y forme parte de los seres vivos en un porcentaje tan alto.

### ¿Por qué el hielo flota sobre el agua líquida?



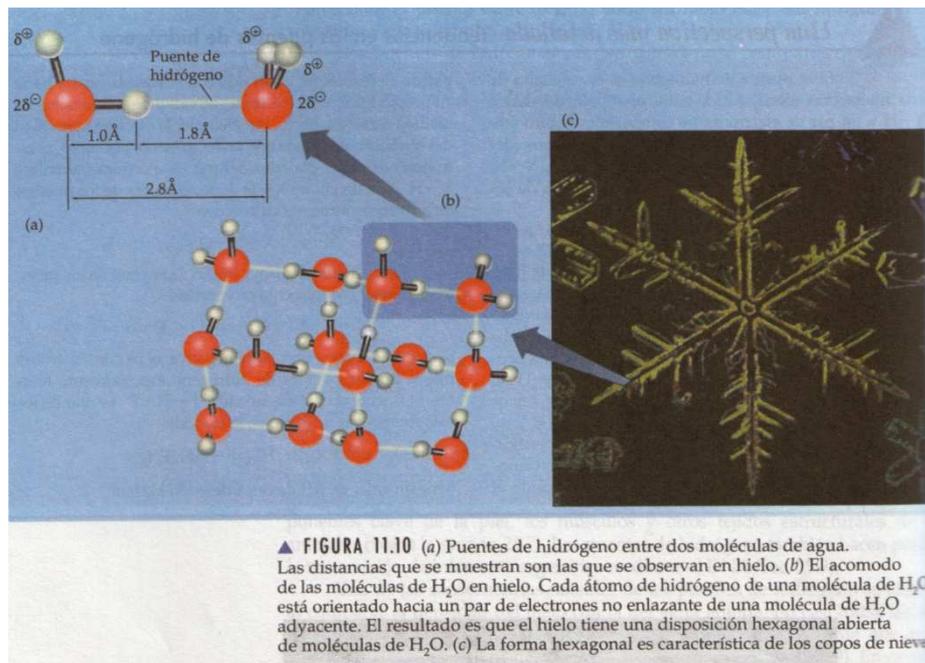
### **Veamos que dicen los libros de texto:**

En el hielo los dos átomos de hidrógeno de una molécula forman uniones por puente de hidrógeno con los átomos de oxígeno de otras dos moléculas.

La unión por puente de hidrógeno es consecuencia de la elevada electronegatividad del oxígeno, y es posible porque cada átomo de oxígeno en la molécula de agua posee dos pares de electrones sin compartir; los átomos de hidrógeno actúan como “puentes” que conectan las moléculas de agua...

En el hielo cada átomo de oxígeno está rodeado por otros cuatro átomos de hidrógeno, formando una estructura similar a un tetraedro regular. Cada átomo de hidrógeno, está unido a dos átomos de oxígeno (a uno mediante enlace covalente y al otro mediante puente de hidrógeno). La estructura del hielo es abierta y con espacios vacíos.

Extraído de *“Química, un enfoque planetario, 4º año”* de Lahore y otros.



Extraído de “*Química, la ciencia central*” de Brown y Le May

### Actividad 3:

- ¿Cómo relacionas el hecho de que el agua forme puentes de hidrógenos con la diferencia de electronegatividad entre el oxígeno y el hidrógeno, y con el tipo de enlace que forman?
- ¿Por qué el hielo flota sobre el agua líquida? ¿Cómo es la densidad de ambos? ¿Qué relación tiene esto con el puente de hidrógeno?
- En la imagen de la derecha pinta con lápiz los puentes de hidrógeno y con bolígrafo rojo los enlaces covalentes.
- ¿Por qué los copos de nieve tienen la forma que tienen?

### Actividades domiciliarias:

- ¿A qué se le llama agua dulce?
- ¿A qué se le llama agua potable?
- ¿Existe en la naturaleza el agua pura? ¿Porqué?
- ¿Qué es agua destilada? ¿Cómo se obtiene? ¿Para qué se utiliza?
- ¿Cómo y de dónde se obtiene el agua mineral? Consigue por lo menos dos etiquetas de marcas diferentes de agua mineral. Compara las sustancias que tienen disueltas y las concentraciones de estas. Anota las diferencias. Trae las etiquetas a la clase para compartirlas con los compañeros.
- ¿Qué es el agua dura? ¿Qué problemas presenta? ¿Cómo se pueden solucionar?
- ¿Qué es la tensión superficial? ¿Cómo es la tensión superficial del agua? Ponga ejemplos.
- ¿Qué es el calor específico? ¿Cómo es el calor específico del agua comparada con otras sustancias?
- Analiza la capacidad del agua como solvente de otras sustancias y relaciónalo con el tipo de enlace que esta presenta.
- ¿Qué es un acuífero? ¿Qué acuífero hay en nuestra región? ¿Qué importancia tiene?
- Abre una canilla de agua, de manera que caiga un chorro delgado. Toma una regla de plástico. Frótala en el cabello. Acércala al chorro de agua sin que la toque. Observa y explica lo que sucede relacionándolo con el tipo de enlace que determinaste para el agua.

## **El papel del agua en la Química Verde:**



El agua es, como estuvimos hablando, un muy buen solvente. Es capaz de disolver una gran cantidad de sustancias. A la vez es un solvente no contaminante, como lo son muchas sustancias utilizadas habitualmente como solventes, como por ejemplo los llamados COVs (Compuestos Orgánicos Volátiles). Por esta razón es deseable, desde el punto de vista de la Química Verde, utilizar agua como solvente. Sin embargo, si bien el agua es muy buen solvente, no puede disolver todas las sustancias. Especialmente no puede disolver sustancias orgánicas, ya que muchas de ellas son no polares, y por lo tanto no tienen afinidad con el agua. Una de las tareas de Química Verde es buscar reacciones útiles que se puedan realizar en solución acuosa, y a la vez buscar utilizar el agua como solvente de diversos productos. Un ejemplo de esto son las pinturas en base de agua.

Otra forma utilizar el agua en Química Verde, es utilizar el agua en “estado supercrítico”. En una forma muy simplificada, se puede decir que una sustancia se encuentra en estado supercrítico cuando está a una temperatura y a una presión superiores a las que normalmente hierve. En estas condiciones el agua presenta propiedades intermedias entre las de un líquido y las de un gas. Su capacidad como solvente cambia. Puede disolver mejor sustancias no polares, y a la vez disminuye su capacidad de disolver sustancias iónicas.

### **Actividades:**

- 1) ¿Qué ventaja presenta el agua como solvente, desde el punto de vista de la Química Verde?
- 2) ¿Por qué es necesario utilizar el agua en estado supercrítico en algunos casos?
- 3) ¿Con qué principio de la Química Verde relacionarías el uso del agua como solvente? Explica.

### **Bibliografía:**

- Lahore y otros, 1998, “Química, un enfoque planetario” Ed. Monteverde
- Brown y Le May, 1998, “Química, la ciencia central” séptima edición, Prentice Hall, México
- Diego P. Fernández y Roberto Fernández Prini (1997) “Fluídos supercríticos” – Disponible en: <http://www.cienciahoy.org.ar/hoy43/fluid3.htm>

## Hoja de trabajo N° 12

### Soluciones

La mayor parte de los materiales que interactuamos en la vida cotidiana son mezclas de sustancias puras. Muchas de esas mezclas son homogéneas; es decir sus componentes están entremezclados de manera uniforme a nivel de partículas. Las mezclas homogéneas se denominan soluciones. Por lo tanto se forma una solución cuando una sustancia se dispersa de forma homogénea en otra. Vamos a recordar del curso anterior algunos conceptos:

**Solución:** Sistema homogéneo formado por más de una sustancia.

**Disolvente:** Es el componente de la solución que se encuentra en mayor proporción en cuanto a la cantidad de partículas (iones o moléculas).

**Solutos:** Son los componentes de la solución que se encuentran en menor proporción.

**Solución saturada:** Es aquella solución que no acepta la disolución de más soluto.

**Solución diluida:** Es la que tiene una baja proporción soluto/solvente.

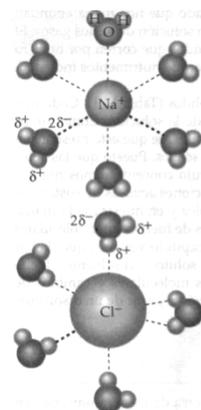
**Solución concentrada:** Es aquella que tiene una alta proporción de soluto/solvente. (Los conceptos de diluida y concentrada son relativos).

En nuestro caso pondremos el énfasis en las soluciones acuosas. Es decir aquellas en las que el solvente es el agua.

El proceso por el cual las moléculas de agua rodean a los iones o moléculas del soluto se llama **hidratación**. (Se emplea el término más general

**solvatación** cuando un soluto es disuelto en un solvente distinto del agua). En

la figura se muestra como ejemplo la hidratación de los iones que forman el cloruro de sodio al disolverse la sal de mesa en agua.



### Concentración de Soluciones:

Lee con atención el siguiente texto:

Para entender la química no basta observar, es necesario medir.

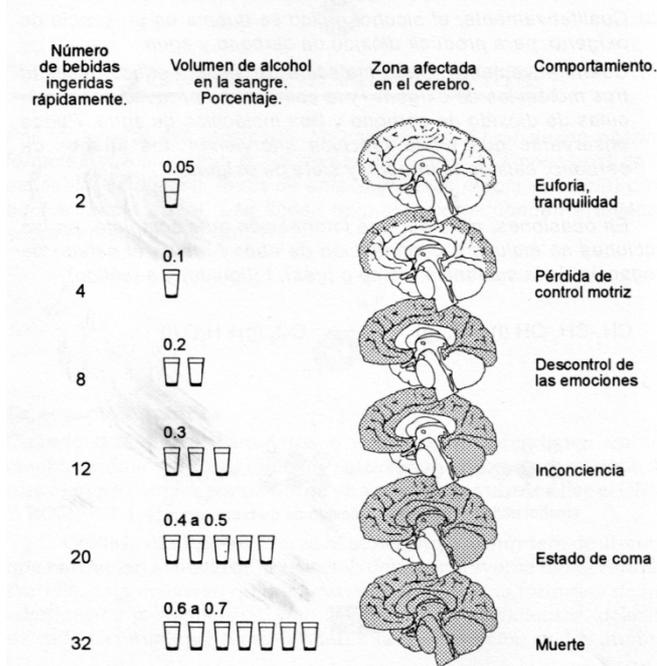
El ejemplo del alcoholismo, desafortunadamente familiar, nos será útil. Con seguridad has visto tomar bebidas alcohólicas, y tal vez tú mismo lo hayas hecho; también debes saber que muchas sustancias son tóxicas: el alcohol es una de ellas.

Tomar una cerveza puede parecer de lo más apartado de algo como la química, pero al hacerlo se hecha a andar la más eficaz fábrica química: el hígado. Es allí donde se metaboliza el alcohol. La velocidad con la que el hígado transforma el alcohol es la clave de que una persona se embriague o no. Si se da el tiempo suficiente al hígado (entre copa y copa) para metabolizar el alcohol, la persona no se embriagará. La velocidad promedio a la que el hígado oxida el alcohol –para una persona de 75 kg – es de una bebida cada 75 minutos<sup>2</sup>. La ebriedad se produce cuando se incrementa la cantidad de alcohol en la sangre, la cual al llegar al cerebro produce diversos comportamientos.

---

<sup>2</sup> NOTA: Una bebida = 1 botella de cerveza chica o 30 mL de licor destilado (tequila, ron, vodka, etc.)

### La importancia de la concentración



☞ Una concentración de 0,05% de alcohol en la sangre (0,5 mL de alcohol en 1 L de sangre) actúa sobre la parte exterior del cerebro, el centro de inhibición y juicio. Ello produce euforia o tranquilidad porque se relajan las inhibiciones personales.

☞ Si la concentración se duplica (0,1%) el alcohol ataca el área motriz del cerebro. El individuo empieza a tambalear y no coordina adecuadamente las palabras. Se alcanza una “intoxicación media”.

☞ Si duplicamos otra vez la concentración de alcohol (0,2%), éste alcanza el cerebro medio, que controla las emociones. El individuo se acuesta, necesita ayuda para caminar y finalmente se pone violento, eufórico

o triste.

☞ Cuando se alcanza el 0,4% o 0,5% de alcohol en la sangre, se pierde toda la percepción y el individuo cae en estado de coma.

☞ En concentración de 0,6% a 0,7%, el alcohol llega a los centros que controlan la respiración y el latido del corazón y sobreviene la muerte. ¡Tú decides!

Lo importante es que aprecies la diferencia entre 0,05% y otra 0,6% con medidas de concentración que marcan la diferencia entre “estar eufórico” o morir. Eso sí, hay que tener en cuenta de todas maneras también que el alcohol tiende a producir en nuestro hígado la enfermedad llamada cirrosis, que es mortal.

Adaptado del libro “Química” de Garritz y Chamizo

### Actividad I

- ¿Es lo mismo tomar una copa que cuatro? ¿Cuál es la diferencia?
- Busca información sobre la absorción del alcohol en el aparato digestivo y los factores que determinan su rapidez. Explica porqué se recomienda no beber bebidas alcohólicas sin haber comido.
- Busca información de qué significa exactamente la graduación alcohólica de las bebidas.
- Problema ¿Cuánto alcohol ingresa al organismo de una persona que bebió un litro de vino? ¿En qué parte del gráfico anterior lo ubicarías?

### Unidades de medida de la concentración de las soluciones:

Existen muchas formas de expresar la concentración de las soluciones, pero nosotros trabajaremos con dos:

a) **Gramos por litros (g/L):** Indica la masa en gramos de soluto disuelta por cada litro de solución. Se calcula:

$$\frac{g}{L} = \frac{m(g) \text{ soluto}}{V(L) \text{ solución}}$$

b) **Molaridad o concentración molar (M):** Indica la cantidad de soluto que hay disuelta por cada litro de solución. Se calcula:

$$M = \frac{n \text{ (mol) soluto}}{V \text{ (L) solución}}$$

### Actividad II:

1) El vinagre es una solución de ácido etanoico que contiene 5 g de soluto por cada 100 mL de solución.

- ¿Cuál es la concentración en gramos por litro del ácido etanoico en el vinagre?
- ¿Cuál es la molaridad de dicha solución?

2) a) Calcula la concentración en gramos por litro y la molaridad de cada uno de los componentes (no del residuo seco) del agua mineral “Salus” utilizando la siguiente etiqueta.

SE RECOMIENDA  
BEBER 2 LITROS DIARIOS

ANÁLISIS  
CERTIFICADO DE ENSAYO Nº 773693

Residuo seco (a 180°C)	147 mg/l
Calcio (como Ca)	33 mg/l
Magnesio (como Mg)	9 mg/l
Sodio (como Na)	6 mg/l
Potasio (como K)	0,7 mg/l
Cloruros (como Cl)	6,9 mg/l
Nitratos (como NO <sub>3</sub> )	2,9 mg/l
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> )	4,5 mg/l

- ¿Qué masa de sulfato tiene un vaso de agua Salus de 200 mL?
- ¿Cuántos moles de cationes sodio hay en una botellita de medio litro de agua Salus?
- ¿Qué volumen de agua tengo que beber para consumir 1 g de magnesio?
- ¿Cuántos bidones de agua de 5 litros son necesarios para tener un mol de cationes potasio?

3) Una cucharadita de azúcar de mesa (sacarosa) tiene una masa aproximada de 5 gramos.

- Calcula que concentración aproximada tiene la sacarosa en una taza de té de 200 mL que le puse tres cucharaditas de azúcar.
- ¿Cuál es la molaridad del azúcar en el té? Recuerda que la fórmula global de la sacarosa es C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>.

4) El Comportán Gel es un medicamento que se utiliza para el tratamiento de la gastritis. Uno de sus componentes es el fosfato de aluminio Al<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. Determina la concentración en gramos por litro y la molaridad del fosfato de aluminio en ese medicamento si la etiqueta dice que cada 100 mL contiene 4,50 g de esa sustancia.

5) En el laboratorio hay un frasco con 120 mL de solución 0,50 M de ácido clorhídrico (HCl).

- ¿Cuántos moles de HCl hay en ese frasco?
- ¿Cuántos gramos de ácido clorhídrico tiene el frasco?

6) ¿Qué masa de cloruro de sodio (NaCl) necesito para preparar 50 mL de solución 0,15 M de esa sustancia?

7) ¿Qué masa de hidróxido de sodio contiene un frasco que hay en el laboratorio cuya etiqueta dice 120 mL de NaOH de 0,15 M?

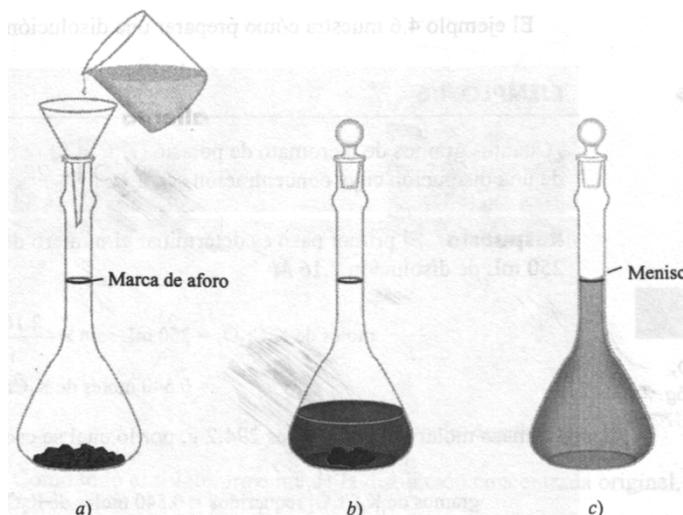
8) Un paquete de jugo “clight” dice que tiene 30 mg de Na<sup>+</sup>

- ¿Cuál es la molaridad del sodio si disuelvo ese sobre en un litro de agua?
- ¿Y si a ese jugo preparado le agrego un litro más de agua?

- c) ¿Cómo se llama ese proceso de agregarle solvente a una solución?
- d) Investiga una ecuación que te permita relacionar la concentración molar inicial con la concentración final, en ese proceso.

### **Procedimiento para preparar una solución de molaridad conocida**

- 1) Calcular la masa de soluto necesaria para preparar el volumen de solución con la concentración deseada.
- 2) Medir esa masa en la balanza y colocarla en un matraz aforado con el volumen de solución deseada.
- 3) Agregarle agua al matraz hasta aproximadamente la mitad (a).
- 4) Agitar hasta que se disuelva todo el soluto (b).
- 5) Seguir agregando agua hasta cerca del aforo.
- 6) Secar el cuello con una varilla de vidrio envuelta en papel absorbente para evitar que, luego de enrasar, esas gotas diluyan la solución.
- 7) Agregar agua hasta el aforo con cuenta gotas (c).
- 8) Homogeneizar invirtiendo varias veces el matraz tapado.
- 9) Guardar en un frasco etiquetado indicando soluto, concentración, fecha de preparado y responsable de la preparación.



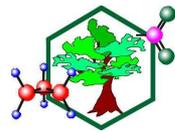
### **Actividad III (Experimental en equipos):**

- 1) Realice los cálculos necesarios para preparar la solución que le indique el profesor, considerando volumen a preparar, soluto y concentración.
- 2) Preparar dicha solución tomando en cuenta el procedimiento indicado anteriormente.
- 3) Realice los cálculos necesarios y explique todo el procedimiento que seguiría para preparar 200 mL de solución de glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ).

### **Bibliografía:**

- Lahore y otros, 1998, "Química, un enfoque planetario" Ed. Monteverde.
- García – García – Varela, 1995, "Introducción a la química II" Ed. Barreiro y Ramos
- Garritz y Chamizo, 1994, "Química"
- Chang, 1996, "Química", sexta edición, McGRAW-HILL, México

## Enlace con Química Verde: Los líquidos iónicos



Los líquidos iónicos son sales orgánicas líquidas a temperatura y presión ambiente, pero que por ser sales se evaporan muy poco (son poco volátiles): Desde el punto de vista de su estructura química, normalmente son sales formadas por un catión orgánico y un anión poliatómico

Los líquidos iónicos, frente a otros solventes, presentan las siguientes ventajas: al evaporarse poco no contaminan el aire, son resistentes a temperaturas relativamente altas, tienen bajo punto de fusión, presentan mayor densidad que el agua, más viscosos que la misma, se descomponen muy poco con el paso de la corriente eléctrica y son buenos conductores eléctricos, pueden tener diferentes propiedades, actuando como ácido o como base, dependiendo de la sal que se trate, son incoloros en estado puro. Estas propiedades hacen que se le puedan dar aplicaciones muy variables.

### **Actividad:**

Busca información en Internet de alguna aplicación útil para la sociedad que se le haya dado a algún líquido iónico.

## **Anexo VII Diseño de una actividad experimental para educación media aplicando los principios de la Química Verde – Artículo publicado**

### **OBTENCIÓN ENZIMÁTICA DE JABÓN: UNA REVISIÓN VERDE PARA UN EXPERIMENTO CLÁSICO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA.**

Pedro Casullo, Pilar Menéndez y David Gonzalez

Laboratorio de Biocatálisis y Biotransformaciones, Facultad de Química - UdelaR, CC 1157 - Montevideo - Uruguay

#### **Resumen**

*La obtención de jabón mediante la hidrólisis de grasa o aceite con hidróxido de sodio, empleando etanol para favorecer la interacción entre el aceite y el agua y cloruro de sodio para precipitar el jabón y separar el glicerol, es una actividad industrial muy antigua y un experimento de laboratorio de amplio uso en Educación Secundaria. En este trabajo se propone una alternativa que incorpora elementos de Química Verde para dicho proceso: la obtención de jabón mediante la hidrólisis de aceite de girasol enriquecido en ácido oleico por la acción de una lipasa, seguida de un tratamiento con carbonato de sodio y cloruro de sodio a temperatura ambiente.*

#### **Abstract**

*The production of soap by hydrolysis of fats or oils with sodium hydroxide, using ethanol to facilitate the interaction between oil and water and sodium chloride to precipitate the soap and remove the glycerol, is a well known industrial process and a widely used laboratory experiment performed in secondary education. In this paper we describe an alternative experiment that incorporates green chemistry elements to the process. We have optimized the production of soap by the hydrolysis of oleic acid enriched sunflower oil by the action of a lipase, followed by treatment with sodium carbonate and sodium chloride at room temperature.*

### **OBTENCIÓN ENZIMÁTICA DE JABÓN: UNA REVISIÓN VERDE PARA UN EXPERIMENTO CLÁSICO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA.**

Pedro Casullo, Pilar Menéndez y David Gonzalez

Laboratorio de Biocatálisis y Biotransformaciones, Facultad de Química - UdelaR, CC 1157 - Montevideo - Uruguay

#### **Resumen**

*La obtención de jabón mediante la hidrólisis de grasa o aceite con hidróxido de sodio, empleando etanol para favorecer la interacción entre el aceite y el agua y cloruro de sodio para precipitar el jabón y separar el glicerol, es una actividad industrial muy antigua y un experimento de laboratorio de amplio uso en Educación Secundaria. En este trabajo se propone una alternativa que incorpora elementos de Química Verde para dicho proceso: la obtención de jabón mediante la hidrólisis de aceite de girasol enriquecido en ácido oleico por la acción de una lipasa, seguida de un tratamiento con carbonato de sodio y cloruro de sodio a temperatura ambiente.*

#### **Abstract**

*The production of soap by hydrolysis of fats or oils with sodium hydroxide, using ethanol to facilitate the interaction between oil and water and sodium chloride to precipitate the soap and remove the glycerol, is a well known industrial process and a widely used laboratory experiment performed in secondary education. In this paper we describe an alternative experiment that incorporates green chemistry elements to the process. We have optimized the production of soap by the hydrolysis of oleic acid enriched sunflower oil by the action of a lipase, followed by treatment with sodium carbonate and sodium chloride at room temperature.*

#### **Introducción**

La síntesis de jabón es una de las reacciones químicas de las que hay referencias más antiguas. Según los romanos fue descubierto accidentalmente al mezclarse los restos de grasas procedentes de sacrificios animales con las cenizas de la madera (que contiene óxido de potasio) utilizada en la incineración de los mismos. Según esta leyenda, se percibió que el agua que había arrastrado esta mezcla lavaba mucho mejor que el agua sola. Por otro lado, los franceses afirman que sus

druidas hacían una mezcla de grasa de carnero y cenizas para pasarles a sus caballos. Las referencias más antiguas del jabón tal como lo conocemos actualmente proceden de los árabes (Villén, 2009).

En los laboratorios de química de educación secundaria la obtención de jabón por reacción de grasa o aceite con hidróxido de sodio, agregando alcohol para favorecer la interacción entre las dos sustancias inmiscibles, y cloruro de sodio para precipitar el jabón, se lleva a cabo desde hace muchos años como una práctica destinada a contextualizar los contenidos de los programas relacionados con el tema lípidos. La hidrólisis básica de los triglicéridos se muestra en ese caso como un ejemplo de las propiedades químicas de los mismos.

#### **Objetivos:**

- Mostrar una forma alternativa de obtener jabón en el laboratorio.
- Aplicar los principios de la Química Verde a una actividad experimental de aula.
- Vincular distintos contenidos de un programa a través de una sola actividad experimental: lípidos, enzimas, equilibrio químico.
- Presentar una actividad experimental viable de ser coordinada entre biología y química

#### **Antecedentes y observaciones**

La Educación Secundaria (intermedia entre la educación escolar y la universitaria) en Uruguay abarca dos períodos de tres años cada uno, llamados ciclos. Ciclo Básico que normalmente abarca las edades de 12 a 14 años y Bachillerato Diversificado que habitualmente va desde los 15 a los 17 años. El tema lípidos, centrado generalmente en los triglicéridos y sus reacciones, se encuentra dentro del programa de química de esta segunda etapa educativa. En este contexto entendemos por “programa” el documento oficial en el cual las autoridades educativas del país establecen cuales deben ser los contenidos educativos a trabajar en cada nivel y dentro de cada asignatura.

En el Programa de Química de tercer año de Bachillerato del Plan Educativo vigente a partir del año 1976, se establecía la obtención de jabones como una de las prácticas obligatorias en el Programa de Química de Tercer Año de Bachillerato (Consejo de Educación Secundaria; 1991). En el Plan 2006 aparece como una de las actividades sugeridas (Consejo de Educación Secundaria, 2006 a). En el programa de Primer Año de Bachillerato del Plan 2006, la obtención de jabones aparece como un uno de los ejemplos de procesos industriales entre los que el docente puede optar (Consejo de Educación Secundaria, 2006 b).

De igual manera esta actividad experimental aparece en diversos manuales de amplio uso en Educación Secundaria. Citamos como ejemplos “*Prácticas para química de 6º año*”, de la profesora Cristina Rebollo (Rebollo, 1996), y *Experimentos en Contexto*, de Cerezetti y Zaltz (Cerezetti y Zaltz, 2002).

La práctica de obtención de jabón tiene como principales dificultades la utilización de una solución concentrada de hidróxido de sodio, el cual es altamente corrosivo e irritante. Asimismo, su reacción con agua es altamente exotérmica y las condiciones de reacción requieren calentamiento intenso. Esto va en contra de dos de los principios de la Química Verde: “Disminuir el consumo energético.” Este principio apunta a que, en la medida de lo posible todos los procesos se lleven adelante a temperatura y presión ambiente. Otro de los principios de la Química Verde recomienda “Minimizar el riesgo de accidentes”. El tener que calentar una solución con hidróxido de sodio sobre un mechero, implica en sí mismo un riesgo de accidente, especialmente para estudiantes con poca experiencia en la manipulación de materiales de laboratorio.

Todo esto hace que la obtención de jabón en el laboratorio, si bien es una actividad experimental muy rica desde el punto de vista didáctico por los diversos contenidos que se trabajan y por estar muy vinculada con la vida real, sea también una práctica cuya manipulación encierra ciertos riesgos para los estudiantes, y por otro lado esté bastante alejada de los Principios de la Química Verde, cuya aplicación en la educación recomiendan diversos autores. (Garritz, 2009).

En el laboratorio de Biocatálisis y Biotransformaciones, de la Facultad de Química, en el marco de una pasantía de investigación, se llevó a cabo obtención de jabón utilizando lipasas. De esta manera se logró el mismo producto sin utilizar hidróxido de sodio, ni calentar la mezcla de reacción.

#### **Hipótesis:**

La obtención de jabón mediante la utilización de enzimas, evitando el uso de hidróxido de sodio y elevadas temperaturas, contribuye por un lado a eliminar algunos de los riesgos de esta actividad didáctica experimental, y por otro a la concientización favorable hacia los principios de la Química Verde.

#### **Metodología:**

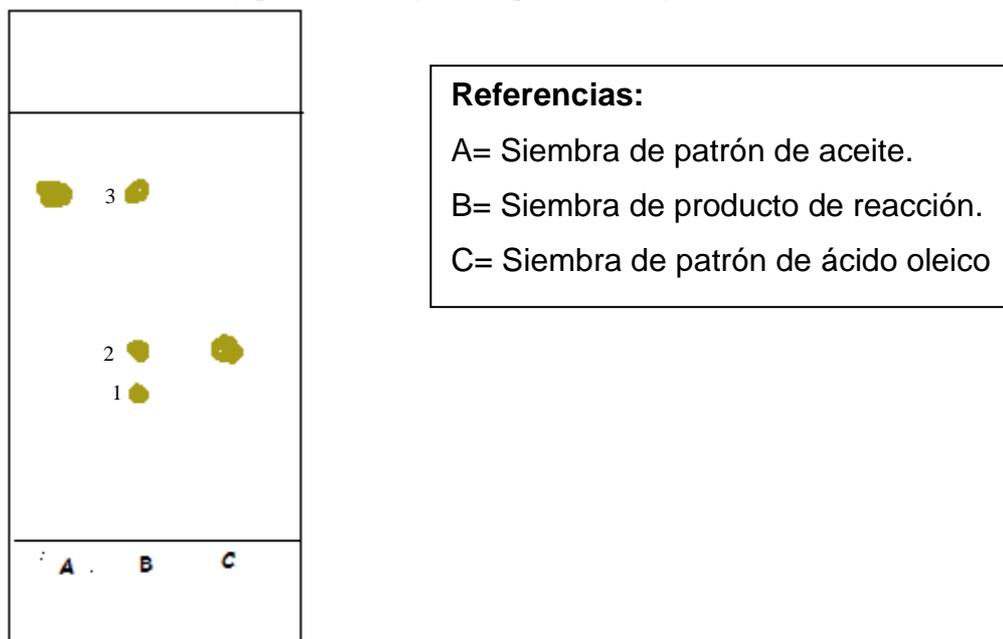
Se colocó aceite de girasol enriquecido con ácido oleico, y agua, en presencia de la enzima comercial Multizyme (Novozymes, inc.) con actividad proteolítica, alfa-amilolítica y lipolítica utilizada en la fabricación de detergentes. La mezcla se agitó a 28 °C en un agitador orbital a 150 r.p.m. Otra muestra de aceite, agua y enzima de iguales características a la anterior, se dejó reaccionar a temperatura ambiente, sin agitación. Asimismo se realizaron ensayos

“blanco” sin el agregado de enzima y sin agregado de aceite. El avance de la reacción se siguió mediante cromatografía en capa fina (TLC), en períodos de 24, 48 y 72 horas. Para realizar la siembra se retiraron 3 gotas de la capa superior (orgánica) del sistema de reacción y se diluyeron en 2 mL de acetato de etilo. La reacción se controló con un patrón de ácido oleico (1 gota en 2 mL de acetato de etilo); y con un patrón de aceite (1 gota en 2 mL de acetato de etilo). Para realizar las cromatografías, se utilizó como fase móvil, acetato de etilo y hexano. Luego de probar con diferentes proporciones, encontramos que la más adecuada es una mezcla de acetato de etilo y hexano, en una proporción 20/80. Las placas cromatográficas se revelaron en cámara de yodo.

El líquido resultante de la reacción se separó del sólido (la enzima) mediante centrifugación. A dicho líquido, que se encuentra en dos fases (una acuosa y otra orgánica), se agregó una solución concentrada de carbonato de sodio, hasta lograr un medio básico, comprendido entre un pH 8 y 10. Luego se agregaron 2 mL de solución saturada de cloruro de sodio para superar la solubilidad de la sal del ácido graso y formar el jabón constituido por el exceso de dicha sal sin disolver.

#### **Análisis de resultados:**

En la Figura 1 se muestra un ejemplo típico de las cromatografías realizadas. Los resultados fueron similares en todos los casos, con la diferencia de que al aumentar el tiempo de reacción, la señal o mancha superior (3), correspondiente a los triglicéridos, se hacía más tenue al comparar con las dos señales inferiores (1 y 2) correspondientes a los productos de reacción. Dentro de dichos productos de reacción se observa que el correspondiente a la señal 2 exhibe, en estas condiciones de separación la misma relación de frente (Rf) que el ácido oleico, lo que sugiere que se trata de esa sustancia. La señal identificada como 1 y que parece ser un producto minoritario de la hidrólisis se trata posiblemente de otro ácido graso distinto del ácido oleico y que también integra la composición del triglicérido utilizado.



**Figura 1.** Esquema de un análisis por cromatografía en capa fina de la mezcla de reacción.

No se observaron diferencias apreciables cuando la reacción se llevo a cabo en agitador orbital termostatzado y cuando se llevó a cabo a temperatura ambiente sin agitación. Sí se observó diferencia al dejar transcurrir durante mayor tiempo la reacción. Pero en ningún caso, ni aún luego de transcurridas 72 horas, desapareció totalmente la mancha superior (3). Por esto puede suponerse que la reacción nunca fue completa. Al agregar solución de carbonato de sodio y agitar, inmediatamente se forma un sólido. Al dejar en reposo el sistema, este sólido se acumula formando una capa intermedia entre la acuosa y la orgánica. La formación del sólido y su acumulación es favorecida por el agregado de solución saturada de cloruro de sodio. Al retirar el sólido (jabón) se encuentra que ha formado una estructura consistente. Este tiene la propiedad de formar espuma con el agua y disminuir la tensión superficial de la misma.

### **Conclusiones:**

Por este método se logra una alternativa para la reacción de obtención de jabón, que se utiliza en Educación Secundaria como ejemplo de reacción de lípidos. Además de mostrar un camino diferente para un mismo proceso, el método aquí presentado tiene otras ventajas a considerar:

Se utiliza un procedimiento de Química Verde. Esto contribuye a evitar o atenuar la contaminación que se produce al realizar la propia actividad didáctica. Por otro lado sirve como un ejemplo de Química Verde para los estudiantes, demostrando que es posible sustituir tecnologías tradicionales por alternativas menos agresivas para el ambiente. La técnica de trabajo aquí aplicada implica muy pocos riesgos de manipulación, a diferencia de la técnica tradicional, donde se manejan reactivos peligrosos y alta temperatura. Esto disminuye los peligros para los estudiantes y hace que esta técnica pueda ser aplicada sin problemas por alumnos con menos experiencia en manejo de material de laboratorio.

Asimismo, se trata de una actividad que fácilmente puede ser utilizada como tema de coordinación entre química y biología ya que combina un experimento clásico de química con el uso de catalizadores biológicos.

La reacción se llevó a cabo sin problemas simplemente dejando reposar la mezcla a temperatura ambiente, por lo que no es necesario ningún instrumental caro o de difícil acceso. La manipulación se realiza en un módulo de clase (45 minutos), incluyendo la cromatografía. La reacción se puede dejar de un período de clase al otro, para verificar la formación del jabón y estudiar sus propiedades.

### **Bibliografía**

- 1) Ceretti – Zaltz (2002) “Experimentos en contexto” Ed. Pearson
- 2) Consejo de Educación Secundaria (1991) “Programa de Química de tercer año de Bachillerato Diversificado (modificación 1991). Disponible en: [http://www.ces.edu.uy/ces/index.php?option=com\\_content&view=article&id=986](http://www.ces.edu.uy/ces/index.php?option=com_content&view=article&id=986) (20/06/10)
- 3) Consejo de Educación Secundaria (2006 a) “Programa de Química de tercer año de Bachillerato Diversificado- Plan 2006. Disponible en: <http://www.ces.edu.uy/ces/images/stories/reformulacion06sextobd/quim6biol.pdf> (20/06/10)
- 4) Consejo de Educación Secundaria (2006 b) “Programa de Química de primer año de Bachillerato Diversificado- Plan 2006. Disponible en <http://www.ces.edu.uy/ces/images/stories/reformulacion2006primerobd/quimica4.pdf> (20/06/10)
- 5) Garriz Ruiz; Andoni (2009) “Química Verde y reducción de riesgos” Revista Educación Química, volumen XX, año 4, Octubre de 2009. Disponible en: [http://garriz.com/andoni\\_garriz\\_ruiz/documentos/edit\\_Vol\\_20-4\\_Quimica\\_verde.pdf](http://garriz.com/andoni_garriz_ruiz/documentos/edit_Vol_20-4_Quimica_verde.pdf) (23/05/10)
- 6) Rebollo, Cristina. (1996) “Prácticas de Química” Ed. Rosgal.
- 7) Villén Pérez, María Aracelli (2009) “Fabricación de Jabón en el laboratorio” – Revista Digital Didáctica y Ciencia, N° 26 Editorial Enfoques Educativos, Jaen – España. Disponible en: [http://www.enfoqueseducativos.es/ciencia/ciencia\\_26.pdf](http://www.enfoqueseducativos.es/ciencia/ciencia_26.pdf) (23/05/10)

## Effect of Free Fatty Acids on the Efficiency of the Supercritical Ethanolysis of Vegetable Oils from Different Origins

L. Vieitez, B. Irigaray, P. Casullo, M. J. Pardo, M. A. Grompone, and I. Jachmanian\*

Laboratorio de Gasas y Aceites, Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Química, Universidad de la República Avenida General Flores 2124, 11400 Montevideo, Uruguay

**ABSTRACT:** This work studied the effect of the addition of free fatty acids (FFAs) at various proportions to different vegetable oils (soybean oil, rice bran oil, and high oleic sunflower oil) on the efficiency of their conversion to ethyl esters by a continuous supercritical ethanolysis. When the continuous reactor was operated at 300 °C and 20 MPa with soybean oil using an alcohol/oil molar ratio of 4:1, an ester content of 51% was obtained. Under identical conditions but processing soybean oil with 10% of FFAs, the ester content rose to 91%. A similar favorable effect of the addition of FFAs on the efficiency of the process was observed when processing rice bran oil and high oleic sunflower oil. Processing oils from different origins lead to different ester contents in the final product because of the occurrence of decomposition phenomena at different ratios depending upon oil composition and stability. Results showed that the addition of FFAs is a useful tool for favoring alcoholysis against its competition, with the consequence of a substantial increase in process efficiency.

### 1 INTRODUCTION

Research into alternative sources of renewable energy has been largely stimulated by the increasing demand for energy and the need to gradually reduce the consumption of fossil fuels on account of both their detrimental effects on the environment and their increasing scarcity.<sup>1</sup> The importance of biodiesel fuel is mostly due to its similarity to and compatibility with petroleum diesel and the fact that conventional diesel engines may be powered by biodiesel without requiring substantial mechanical modification.<sup>2–4</sup>

Biodiesel is traditionally obtained by transesterification of vegetable oil with a short-chain alcohol, usually methanol, in the presence of a basic chemical catalyst.<sup>5</sup> This method, although convenient due to high efficiency and low cost, has several disadvantages, such as the need of pretreatment of highly acidic oils, the inability to use recycled ethanol (because of its water content), the low quality of the glycerol produced, and the production of high volumes of effluents.<sup>6–7</sup> On the other hand, however, ethanol is readily available from fermentative processes using biomass from varied sources, ethanol biodiesel is a true 100% renewable alternative, which additionally enables the replacement of highly toxic methanol traditionally used.<sup>8</sup>

There are many reports indicating that high efficiency can be achieved in the synthesis of biodiesel by oil exposure to supercritical methanol without using catalysts.<sup>9–14</sup> A first advantage of this technology is the high purity of the products obtained because of the absence of catalyst. Besides, the reaction kinetics benefit from the homogeneity of the reacting system at the supercritical state, which reduces the diffusion involved with mass-transport phenomena. When both pressure and temperature are varied, the solvent power of alcohol is modified and thus, complete conversion can be obtained in shorter reaction times because the mixture is homogeneous in supercritical conditions.<sup>5</sup> Therefore, the reaction time is shorter than in conventional catalytic reactions and if high

ratio of methanol/oil are used, full conversion can be reached within minutes. Additionally, low-quality raw materials may be used (including a high content of free fatty acids and water) without any negative effects on the reaction.<sup>15</sup> This is an important difference with reactions performed using basic catalysts, because they are very sensitive to the presence of water (which must be less than 0.06 wt %/wt) and free fatty acid content (which must be less than 0.5 wt %/wt).<sup>16</sup> However, this technology has some disadvantages: high pressures (30–40 MPa) and temperatures (300–375 °C) must be used, and high methanol/oil molar ratios (4/1) are needed, which also implies a high energy cost for the recovery of excess alcohol.

Additionally, the drastic conditions needed for the completion of the reaction trigger the occurrence of negative events involving the decomposition of fatty acids.<sup>9</sup> Therefore, the temperature appears to be a critical parameter for the purpose of maximizing the efficiency of the process. This is due to the fact that the temperature has two opposite effects: it increases the rate of transesterification, but at the same time, it favors the occurrence of decomposition.<sup>17–21</sup> In addition, when the reaction is performed above 300 °C, the occurrence of isomerization of the double bonds in the fatty acid chain from *cis* to *trans* and the partial decomposition of polyunsaturated fatty acids have been reported, reducing the yield of the reaction and also affecting the properties of the biodiesel produced.<sup>11,22,23</sup> As a result, the conversions cannot be enhanced over 80% when using the supercritical method.<sup>17,19,24</sup>

For this reason, the possibility of increasing the efficiency of the supercritical process is strongly linked to the selection of the proper reaction parameters to maximize the relative rate of

Received: November 19, 2011

Revised: February 20, 2012

Published: February 20, 2012

the transesterification reaction against that of the degradation processes.

Yang and coworkers<sup>20</sup> reported an alternative for increasing the efficiency of the process involving the addition of a small amount of organic or inorganic acids to the reaction system. In this work, experiments were conducted in a batch continuous flow reactor at temperatures between 270 and 350 °C, with pressures of up to 1.5 MPa. A methanol/oil molar ratio from 20:1 to 40:1 was tested, and soybean oil was acidified to values of 5–30 mg of KOH/g of sample. The presence of an organic acid (oleic acid) produced a favorable effect on efficiency, and the addition of an inorganic acid (phosphoric acid) was even more effective. The aim of this work is to study the effect on the efficiency of the continuous conversion of oils to alkyl esters under supercritical ethanol (SC-EtOH) of the addition of free fatty acids to the starting oil. Three from different origins were used [soybean oil (SBO), rice bran oil (RBO), and high-oleic sunflower oil (HO-SFO)] to determine the effect of varying the fatty acid composition of the raw material on the process efficiency.

## 2. EXPERIMENTAL SECTION

**2.1. Materials.** Refined SBO (provided by Rio de la Plata, Santa Catarina, Brazil), RBO (provided by Sarmat, Montevideo, Uruguay), HO-SFO (provided by Corau, Mierlevedes, Hungary) and absolute ethanol (provided by Merck, 99.96%) were used for the synthesis of biodiesel. Other solvents, standards and reagents used for the analysis were supplied by Sigma-Aldrich. The fatty acids of the different oils were obtained by oil hydrolysis as described by Kallimtzidis and coworkers.<sup>21</sup>

**2.2. Apparatus and Experimental Procedure.** The experimental reaction system used was similar to that previously described,<sup>18</sup> it comprised a flask for the mixture of reactants a liquid pump (a corotic dispensing high-pressure syringe pump, Scientific Systems, Inc., series III pump), a molecular reactor (with total volume of 34 ml, composed of two coils of 16 L stainless-steel tube  $\frac{1}{4} \times \frac{3}{16}$  in. hot water jacket (HWP) located inside an oven, a water bath for cooling the fluid after it passed through the reactor, and a high-pressure recirculating valve for the decomposition of the product and controlling the reaction pressure.

Ethanol and oil were added to the mixer at a molar ratio of 40:1 (or an alcohol/total fatty acid molar ratio of 40:3). The mixture was agitated until achieving an homogeneous dispersion. The pump started to operate at the desired flow rate (0.4, 1.0, 1.5, 2.0, or 2.5 mL/min), and the oven set at the reaction temperature (300 or 350 °C). Finally, the pressure was maintained at 20 MPa by means of a high-pressure liquid pump, and once the system was stabilized at the desired operating conditions, samples were collected in quadruplicate. Alternatively, different percentages of free fatty acids (FFAs) (previously obtained from oil hydrolysis) were added to the oil.

Before analysis, samples were subjected to a gentle nitrogen flow at 40 °C until they reached a constant weight, ensuring elimination of excess ethanol. The residue was dissolved in 1 mL of n-hexane, washed twice with 2 mL of water, and centrifuged (10 min at 1500g), to guarantee the elimination of glycerol generated during the reaction. The organic phase was then dried using anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , and the solvent was removed until a constant weight was achieved. Samples were stored under  $\text{N}_2$  at  $-20$  °C until analyzed, as described below.

**2.3. Ester Content and Fatty Acid Composition.** A total of 200  $\mu\text{L}$  of an n-hexane solution of the sample (4 mg/mL) was combined with 200  $\mu\text{L}$  of an n-hexane standard solution of methyl heptadecanoate (4 mg/mL) and directly analyzed by gas chromatography (GC) using an equipment Shimadzu GC-2014 equipped with a flame ionization detector (FID) and a capillary column Squal 30 x 0.25 mm x 0.25  $\mu\text{m}$ . The temperature program started at 160 °C, followed by a heating ramp (4 °C/min) to 230 °C, which was kept constant for 10 min. Nitrogen was used as the carrier gas (70 kPa, split 1:80). Samples

were analyzed in duplicate, and peak identification was accomplished through the analysis of authentic standards (alkyl palmitate, stearate, oleate, laurate, and linoleate).

**2.4. Percentage of Lipid Decomposition.** Samples were treated with  $\text{K}_2\text{CO}_3/\text{MeOH}^{22}$  to determine all of the fatty acids (FFAs and their constituents of mono-, di-, and triglyceride and also ethyl ester) to the corresponding alkyl esters and then analyzed as described by GC as described before. The percentage of decomposition was calculated assuming palmitic acid not liable to decomposition,<sup>17,23</sup> according to the following equation:

$$\text{decomposition (\%)} = 100 \left[ 1 - \left( \frac{\sum P_i}{P_{\text{total}}} \right) \left( \frac{P_{\text{EtO}}}{\sum P_i} \right) \right] \quad (1)$$

where  $\sum P_i$  is the summation of all fatty acid methyl ester percentages,  $P_{\text{total}}$  is the percentage of total alkyl ester, and subscripts "i" and "EtO" indicate that the operations between parentheses were evaluated considering the composition of the sample product and its original oil, respectively.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

**3.1. Effect of the Addition of FFAs to SBO.** It is known that the presence of FFAs in the starting oil increases the rate of conversion to alkyl esters when the process is performed under supercritical alcohols. That effect was attributed to the triggering of a faster reaction mechanism, involving the direct esterification of FFAs.<sup>18</sup>

Figure 1a shows that, when SBO was processed at 300 °C, 0.8 mL/min, and 20 MPa, an ester content of 53% was achieved and, as expected, the conversion dropped as the flow rate increased (lower residence periods). At the same conditions but adding 10% of FFAs to the starting oil, the ester content increased to 94% and remained high at higher flow rates. These results indicate that, in the presence of a relative low level of FFAs, the kinetics was improved and high efficiencies can be achieved at shorter residence periods.

As previously reported, the temperature is determinant on triacylglyceride conversion when the ethanocysis is performed using the supercritical catalytic-free method. However, although increasing the temperature above 300 °C could enhance the kinetic of the process, it could lead to a lower ester content in the product because of the occurrence of different decomposition phenomena.<sup>19–21,23</sup> Figure 1b shows that much higher ester contents were obtained from non-acidified SBO by increasing the reaction temperature from 300 to 350 °C, and as observed at 300 °C, the ester content dropped with the flow rate. It can be observed that increasing the reaction temperature to 350 °C did not strongly affect the ester content obtained from SBO with 10% of FFAs (which already showed high ester contents when processed at 300 °C). Conversely to that observed with non-acidified SBO, yields obtained with SBO and 10% of FFAs increased at higher flow rates. This apparent incoherence (higher conversions corresponding to lower residence periods) can be explained if it is considered that, because of the improvement of the kinetics promoted by the addition of FFAs, a short residence period is enough for achieving high conversions; however, if residence time is increased, lipids are exposed for a longer period to the extreme reaction conditions, permitting the decomposition phenomena to occur to a higher extent. Results confirmed that the yield is a consequence of two phenomena: the desired conversion of the raw materials to alkyl esters and the unwanted decomposition of both products and raw materials.<sup>18</sup> The kinetics of both phenomena are, obviously, temperature-dependent and in-

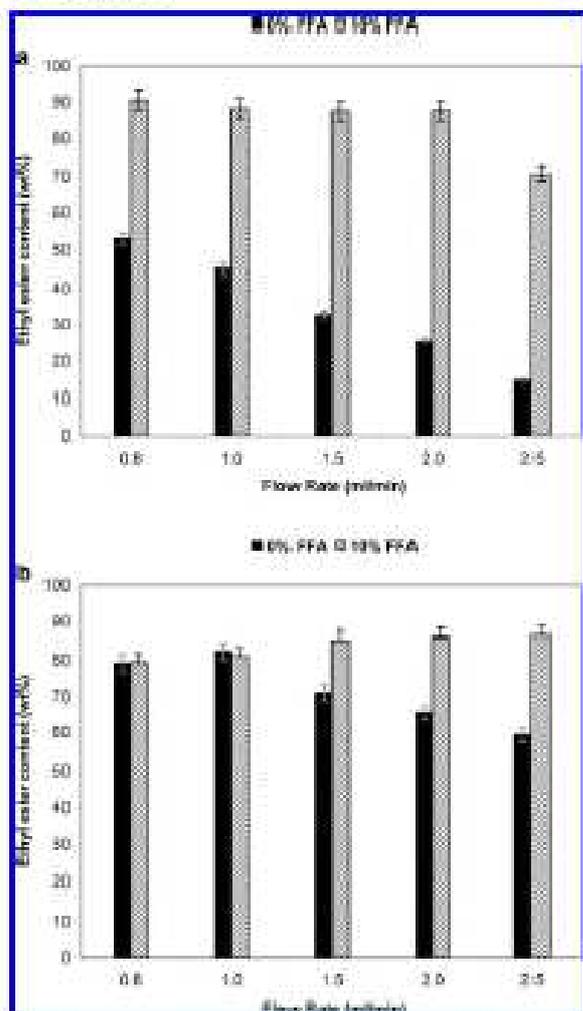


Figure 1. Effect of the addition of 10% of FFAs to SBO on the ethyl ester content in the products obtained by continuous transesterification in supercritical ethanol at 20 MPa and different temperatures: (a) 300 °C and (b) 350 °C.

creased as the temperature increased. Thus, increasing the temperature to 350 °C had a net positive effect on the ester yield when converting SBO with 0% of FFAs, because of the relative acceleration of the transesterification process, but had a negative effect on the ester yield when using oil containing 10% of FFAs, because of the relative acceleration of the decomposition phenomena.

### 3.2. Effect of the Oil Origin on Process Efficiency.

Considering that decomposition phenomena may be strongly affecting the ester content of the products and that the chemical stability is mainly determined by the saturation degree of a fatty material, it is of major interest to study the behavior of oils with different fatty acid compositions in this process. Table 1 shows the composition of the different oils studied and their corresponding iodine value (IV) and oxidizability (Ox). Both parameters indicate that, concerning solely the fatty acid composition, HO-SFO should be the oil with the higher stability (lower IV and Ox), followed by RBO and SBO.

Table 1. Fatty Acid Composition of the Different Oils Studied and Their Corresponding IV and Ox

fatty acid	RBO	SBO	HO-SFO
16:0	10.9	10.6	5.5
18:0	3.5	3.5	2.5
18:1	36.0	41.3	87.6
18:2	52.7	34.7	4.7
18:3	5.0	1.4	0.2
TV <sup>a</sup>	131.1	103.5	92.5
Ox <sup>b</sup>	0.63	0.58	0.068

<sup>a</sup>TV was calculated according method AOCS Cd 1c-85.<sup>28</sup> <sup>b</sup>Ox was determined according to ref 29.

In Figure 2, the ester content in the products obtained from processing SBO is compared to that obtained from RBO and HO-SFO at different reaction conditions. Without the addition

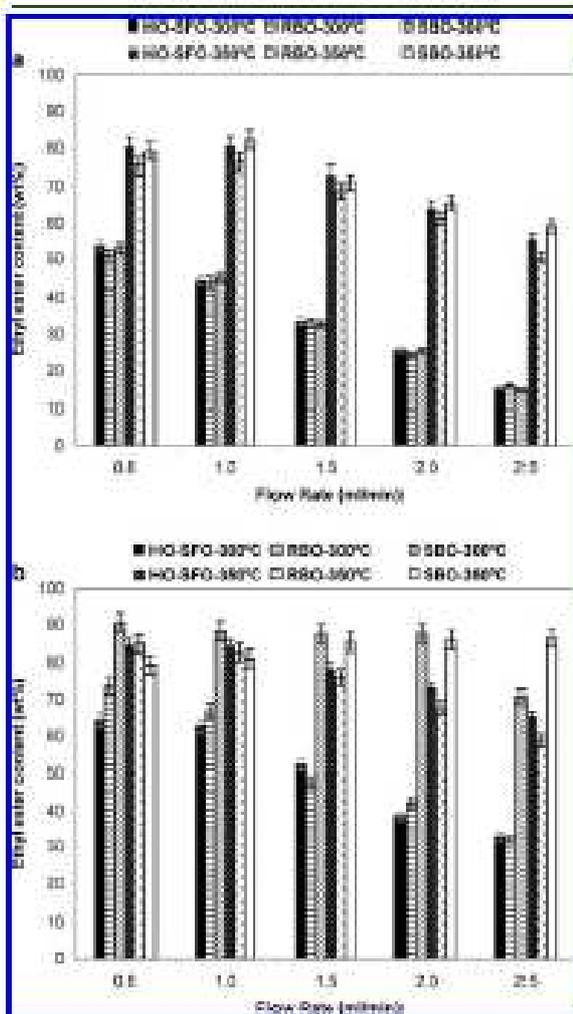


Figure 2. Effect of the oil composition (HO-SFO, RBO, and SBO) on the ethyl ester content in the products obtained by continuous transesterification in supercritical ethanol at 20 MPa, different temperatures (300 and 350 °C), and different FFA concentrations in the starting oil: (a) 0% and (b) 10%.

of FFAs (Figure 3a), the ester content did not significantly depend upon the origin of the oil. Both RBO and HO-SFO show a similar behavior to SBO. The ester content decreased as the flow rate increased and increased when the temperature was increased from 300 to 350 °C. With the addition of 10% of FFAs to HO-SFO and RBO (Figure 2b), the conversion increased significantly; thus, as observed when processing SRC, the addition of FFAs improved the efficiency of the transesterification process. However, unexpectedly, the conversion corresponding to SBO was the highest when the reactor was operated at 300 °C and was also the highest at 350 °C and flow rates over 1.0 mL/min. As previously stated, the final composition of the products is the result of two processes occurring simultaneously: the formation of alkyl esters and the decomposition of the lipid, which should preferably occur with the more unsaturated fatty acids.<sup>17</sup> Thus, these results are not consistent with the high instability expected for SBO according to its highly unsaturation degree (Table 1); thus, it could be the result of the higher concentration of natural and synthetic antioxidants in this oil (according the information provided by the oil manufacturer).

To determine the extent of the decomposition as competing phenomena, the decomposition percentage was determined for the products obtained from the different oils using eq 3, which considered palmitic acid not liable to decompose (parts a and b of Figure 3). Without the addition of FFAs and operating the reactor at 300 °C, the major levels of decomposition were achieved at the lowest flow rate (0.8 mL/min): 8.5, 8.1, and 3.0% for SBO, RBO, and HO-SFO, respectively (Figure 3a), while decompositions decreased to 3.6, 4.0, and 2.3%, respectively, if 10% of FFAs was added to the oils (Figure 3b). The same trend was observed at 350 °C and 0.8 mL/min, where 18.3, 16.7, and 8.2% decompositions were achieved for SBO, RBO, and HO-SFO, respectively (Figure 3a), while if 10% of FFAs was added to the oils, the decompositions decreased to 15.2, 13.4, and 9.0%, respectively (Figure 3b). As expected, the decomposition percentage dropped as the flow rate increased, because of the corresponding reduction in the period that lipid was exposed to the drastic reaction conditions. These results indicate that the nature and composition of the starting oil affect the extent of the decomposition phenomena. Effectively, the lowest decomposition percentage corresponded to HO-SFO, which is in agreement with the low IV and CN of this oil (Table 1) and its lowest vulnerability to undergo decomposition. Additionally, the reduction in the decomposition level was obtained for identical reaction conditions, but when 10% of FFAs was added to the oils, it cannot be explained by the improvement in the kinetics previously described. To elucidate the effect of the presence of FFAs in the oil, further work was performed using a wider range of initial acidity, until reaching 100% of FFAs.

**3.3. Conversion of Highly Acidic RBO.** Crude RBO is well-known to be often obtained with high levels of FFAs because of the high activity of the native lipases from the rice bran,<sup>18</sup> thus, RBO is an interesting raw material to study the yield of the process if oils with high levels of FFAs are supplied to the reactor.

Figure 4a shows that the ester content obtained from the reaction of RBO at 350 °C increased as the percentage of FFAs increased from 0 to 100%, an effect that was stronger at the highest flow rates studied. It should be pointed out that, at higher levels of FFAs added, even at 100% of FFAs, and operating at the highest flow rate (and therefore the lowest

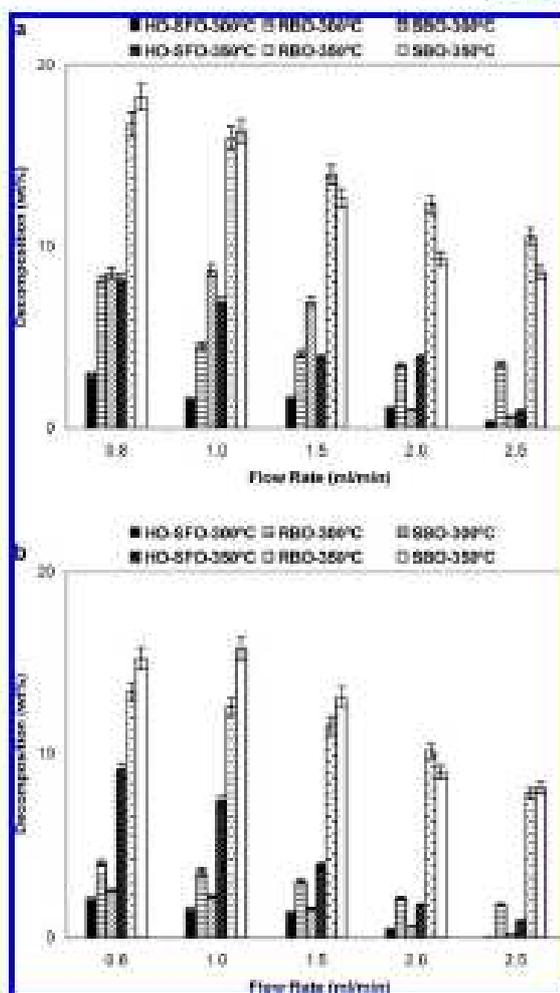


Figure 3. Effect of the oil composition (HO-SFO, RBO, and SBO) on the decomposition degree of the products obtained by continuous transesterification at 20 MPa, different temperatures (300 and 350 °C) and different FFA concentrations in the starting oil: (a) 0% and (b) 10%.

residence time), 2.5 mL/min, the ester content achieved was extremely high. The ester content at this flow rate increased from 76.7% without the addition of FFAs to 84.8, 86.8, 92.8, and 95.1% when oil containing 10, 25, 50, and 100% of FFAs was used, respectively. For both 50 and 100% of FFAs in the starting oil, the ester content in the product was nearly not dependent upon the flow rate, suggesting that the reaction was extremely fast. The ester content in the products obtained from RBO containing 0–25% of FFAs showed, as expected, a gradual reduction as the flow rate increased. These results are in agreement with the reduction in the percentage of decomposition as the percentage of initial FFAs increased, as shown in Figure 4b. At 350 °C and the highest residence time (flow rate of 0.8 mL/min), the decomposition percentages gradually dropped from 16.7%, when no fatty acids were added to the oil, to only 7.2%, if 100% of FFAs was processed.

Although previous results suggested a catalytic effect of the FFA addition and that esterification should proceed by a faster

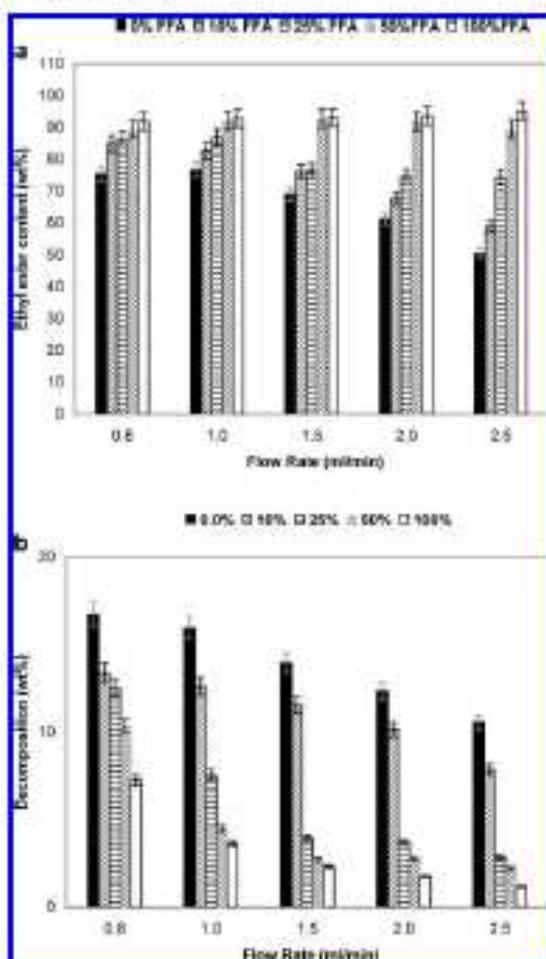


Figure 4. Effect of the initial FFA percentage (from 0 to 100%) on the (a) ethyl ester content and (b) percentage of decomposition in the products obtained by continuous esterolysis of RBO at 20 MPa and 150 °C.

reaction mechanism than transesterification, the gradual reduction of the decomposition percentage as the percentage of FFAs increased must be due to some other effect. Effectively, such a high level of FFAs had a substitution effect on triacylglycerols and, as a direct consequence, a dilutive effect on glycerol. Previous work had pointed out that glycerol could participate and promote in several side reactions during the supercritical exposure of lipids to supercritical alcohols, involving the formation of different low-molecular-weight compounds (such as acrolein, acetic acid, and acetaldehyde) and several glycerol ethers (such as glycerol mono-, di-, and trialkyl ethers).<sup>31,32</sup>

Thus, considering that the percentage of decomposition determined by eq 1 included all of the possible side reactions that fatty acids could undergo, the reduction in the decomposition as the percentage of FFAs increased must be a consequence of the gradual dilution of glycerol. Results are in agreement with that from previous studies on the stability of

fatty acid ethyl esters exposed to supercritical ethanol,<sup>19,22</sup> which found that the ethyl esters presented a decomposition level lower than that of the triacylglycerols, confirming that the presence of glycerol facilitated the occurrence of such side reactions.

Figure 4b also shows that, when the reactor was operated with the lowest residence time (2.5 mL/min), the extent of the decomposition was very low indeed and, if at least 25% of FFAs is added to the reaction medium, the decomposition could be maintained below 3%.

#### 4. CONCLUSION

Unlike occurring in the conventional chemical catalysis, the presence of FFAs in the raw material increased the yield of the supercritical esterolysis of vegetable oils. The addition of a relatively low percentage of FFAs, such as 30%, to SBO, HO-SFO, and RBO permitted us to achieve higher conversions in short reaction periods. Therefore, the addition of FFAs could be a useful tool for improving the supercritical transesterification of oils with a low initial acidity and low-quality fats, such as highly hydrolyzed RBO, which could be efficiently converted to biodiesel using this technology. Several favorable effects on the process can be attributed to the presence of high levels of FFAs in the raw material: a catalytic role on the transesterification of triacylglycerols, a high esterification rate of FFA themselves (as suggested by Kusdiana and Saka<sup>19</sup>), and a dilutive effect on the glycerol in the reaction media (thus avoiding several unwanted side reactions). The contribution of all of these factors permitted us to achieve high efficiencies even at milder reaction conditions, thus minimizing the decomposition phenomena, which have been pointed out as one of the main drawbacks of the supercritical method. Further studies must be performed on the effect of the natural and synthetic antioxidants on the efficiency of the supercritical transesterification process.

#### ■ AUTHOR INFORMATION

##### Corresponding Author

\*Telephone: +59829290707. Fax: +59829241906. E-mail: jgachman@iqi.edu.uy.

##### Notes

The authors declare no competing financial interest.

#### ■ ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Dr José Valdimir de Oliveira for providing several parts for the configuration of the reaction system and Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas (PEDECIBA) and Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) for the financial support and scholarships.

#### ■ REFERENCES

- (1) Artalejo, G.; Tizabi, F. V.; Briceño, Y.; Castro, V.; Pizar, C.; Ramirez, A. I. *Biomass Technol.* 2002, 83, 111–114.
- (2) Ai, Y.; Hanna, M. A. *Biomass Technol.* 1994, 47, 131–134.
- (3) Knothe, G.; Dunn, R. O.; Hughy, M. O. *Inform* 1996, 7 (4), 827–829.
- (4) Dunn, R. O. *J. Am. Chem. Soc.* 2002, 79 (7), 708–715.
- (5) Bello, A. C.; Granero, L. L. N.; Baranda, M. J. C.; Ribera, N. M.; Torres, E. A.; Lopez, W. A.; Panim, P. A. P.; Aranda, J. B. *J. Biom. Chem. Soc.* 2003, 16, 1311–1312.
- (6) Shimada, Y.; Watanabe, Y.; Sankawa, T.; Sugihara, A.; Noda, H.; Fukuda, H.; Tominga, Y. *J. Am. Chem. Soc.* 1999, 76 (7), 789–793.

- (7) Mittelbach, M.; Ramschmid, C. *Biodiesel, The Comprehensive Handbook*; Beamanick Gowrish.H.; Wien, Austria, 2004.
- (8) Marchetti, J. M.; Miguel, V. U.; Brown, A. P. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 2007, 11, 1100–1111.
- (9) Kashiwa, D.; Saka, S. *Fuel* 2001, 80, 225–231.
- (10) Duránias, A. *Energy Convers. Manage.* 2002, 43, 2149–2156.
- (11) Kashiwa, D.; Saka, S. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2004, 115, 781–792.
- (12) Cao, W.; Han, H.; Zhang, J. *Fuel* 2003, 84, 147–151.
- (13) Madala, G.; Kollam, C.; Kumar, R. *Fuel* 2004, 83, 2029–2033.
- (14) Wachi, Y.; Kashiwa, D.; Saka, S. *Biomass Technol.* 2004, 90, 281–287.
- (15) Kashiwa, D.; Saka, S. *J. Chem. Soc. Lett.* 2001, 14, 380–387.
- (16) Kashiwa, D.; Saka, S. *Biomass Technol.* 2004, 91, 289–295.
- (17) Ha, H.; Tao, W.; Zhu, S. *Fuel* 2007, 86, 442–447.
- (18) Vainier, I.; Silva, C.; Borges, G. R.; Coimbra, F. C.; Oliveira, J. V.; Gonçalves, M. A.; Jachymski, I. *Energy Fuels* 2009, 23, 2005–2009.
- (19) Vainier, I.; Silva, C.; Acleris, I.; Borges, G. R.; Coimbra, F. C.; Oliveira, J. V.; Gonçalves, M. A.; Jachymski, I. *Energy Fuels* 2009, 23, 558–561.
- (20) Vainier, I.; Silva, C.; Acleris, I.; Borges, G. R.; Coimbra, F. C.; Oliveira, J. V.; Gonçalves, M. A.; Jachymski, I. *Renewable Energy* 2010, 35, 1976–1981.
- (21) Vainier, I.; Pardo, M. J.; Silva, C.; Bando, C.; Coelho, F.; Oliveira, J. V.; Gonçalves, M. A.; Jachymski, I. *Separat. Purif. Technol.* 2011, 54, 271–276.
- (22) Irahama, H.; Mizuta, E.; Hori, S.; Saka, S. *Fuel* 2008, 87, 1–6.
- (23) Vainier, I.; Silva, C.; Acleris, I.; Coelho, F.; Oliveira, J. V.; Gonçalves, M. A.; Jachymski, I. *J. Separat. Purif. Technol.* 2011, 54, 263–270.
- (24) Mizuta, E.; Saka, S. *Fuel* 2008, 87, 2479–2483.
- (25) Wang, C.; Zhou, J.; Chen, W.; Wang, W.; Wu, Y.; Zhang, J.; Chi, R.; Ying, W. *Energy Fuels* 2008, 22, 1479–1483.
- (26) Rahmatullah, M. S. K. S.; Shukla, V. K. S.; Mukherjee, K. D. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1994, 71, 561–567.
- (27) American Oil Chemists' Society (AOCS). *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society (Method AOCS G-2-66)*, 4th ed.; Walker, R. E., Ed.; AOCS: Champaign, IL, 1990.
- (28) American Oil Chemists' Society (AOCS). *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society (Method AOCS G-1-63)*, 4th ed.; Walker, R. E., Ed.; AOCS: Champaign, IL, 1990.
- (29) Congrove, J. P.; Church, D. F.; Poynt, W. A. *Lipids* 1987, 22, 288.
- (30) Nasirullah, M.; Krishnamoorthy, N.; Nagaraj, K. V. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1980, 57 (5), 661–663.
- (31) Aramami, N.; Marudá, D. L.; Martínez, V. M.; Vera, C. R.; Yoon, J. C. *Energy Fuels* 2004, 18, 1076–1080.
- (32) Aramami, C.; Dasgupta, A.; Tardif, L. L. *Energy Fuels* 2008, 22, 1191–1199.

## Anexo IX

### **Capítulo 1.- Química Verde: Metas, Desafíos y Formas de Contribuir a su Desarrollo desde la Enseñanza Media**

*Pedro Casullo, Emy Soubirón*

**Orientadores: Patrick Moyna y David González**

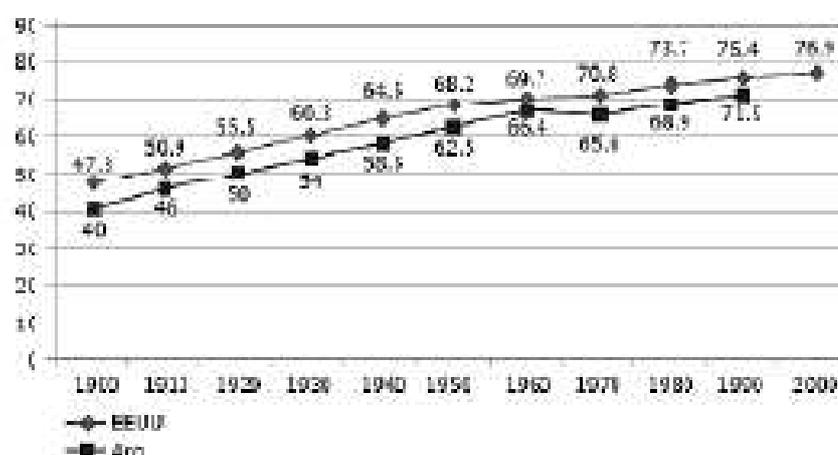
## *Resumen*

Dentro de la situación de alerta climática que está viviendo nuestro planeta, de acuerdo a lo que muestran diversas investigaciones y proclaman los organismos internacionales, la química surge con un doble papel. Por un lado es responsable de algunas de las causas que han generado esta circunstancia y por otro tiene un papel preponderante para atenuar y revertir este escenario. Considerando este doble papel surge la Química Verde o Química Sustentable, como búsqueda de alternativas que prevengan la contaminación, sin dejar de producir los materiales necesarios para mantener la calidad de vida de los seres humanos. En este contexto, la ONU ha declarado la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable que va del año 2005 al 2014. Esta declaración implica un llamado al rol que deben tener los docentes en el cambio de mentalidad que se requiere de parte de los futuros científicos y ciudadanos que se están formando, para hacer frente a la actual situación. El objetivo del presente trabajo es acercar al profesor la Química Verde y sus principios, tomando en cuenta las implicaciones didácticas que este enfoque requiere. Este acercamiento comienza con una introducción histórica de cómo se llegó a esta perspectiva. A continuación se muestran ejemplos concretos de investigaciones que se han llevado a cabo desde este enfoque, considerando las implicancias sociales que de ellas se derivan. Después se plantea el rol que tiene el docente al presentar esta nueva manera de ver la química, considerándola en el contexto de la Década de la Educación para el Desarrollo Sustentable, y considerando la interacción entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA). Termina con algunas actividades propuestas desde esta perspectiva y algunos enlaces para que los docentes de química, como profesionales de la educación, puedan articularlos, modificarlos y adaptarlos a sus prácticas de aula habituales.

## 1.1. Introducción

### 1.1.1. Incidencia de la química en el desarrollo tecnológico de la humanidad

Desde la prehistoria, el hombre ha estado consciente o inconscientemente acompañado por procesos químicos. Muchos de los descubrimientos que le han posibilitado su desarrollo tecnológico y la mejora de su calidad de vida están relacionados a dichos cambios: el fuego, la cocción de los alimentos, la fermentación que permitió la obtención de bebidas, quesos y pan, la obtención de metales y sus aleaciones, son todos procesos químicos que el hombre aprendió a utilizar para su provecho.



Fuentes: CDC, National Center for Health Statistics, Estados Unidos e INDEC, Rep. Argentina, 2002.

Figura 1.1. Expectativa de vida al nacer durante el siglo XX.

En épocas más recientes, el aumento de la expectativa de vida se debe en gran parte a adelantos procedentes de la química. Dos de los factores que más han incidido en este aspecto son la potabilización del agua mediante la cloración y la utilización de antibióticos. Estos recursos han posibilitado el combate efectivo de diversas enfermedades infecciosas que antes constituían epidemias y eran incurables. Tal como lo señala Beloso (2008: 102 - 111): "A principios del siglo XX la expectativa de vida al nacer para el promedio de la población era de 47.3 años en los Estados Unidos de Norteamérica y de 40 años en la Argentina. Hacia fines del siglo XX esta cifra superaba los 75 años (Fig. 1). Desde el punto de vista epidemiológico las razones fundamentales de esta virtual duplicación de la expectativa de sobrevivencia al nacer recaen en la disponibilidad de agua potable y la disponibilidad de tratamiento para las enfermedades infecciosas. Aun hoy, el mapa de la expectativa de vida se asemeja mucho al mapa de la disponibilidad de agua y antibióticos."

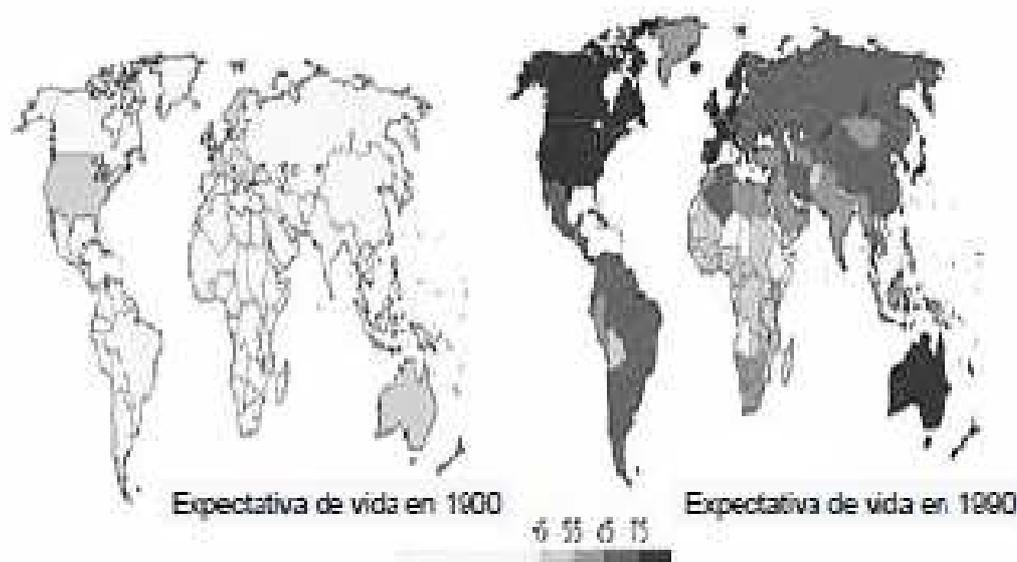


Figura 1.2. Expectativa de vida al nacer a comienzos y a fines del siglo XX en diferentes regiones del mundo

Estos dos avances científicos son debidos a la química asociada a otras disciplinas y, junto con muchos otros, han permitido el aumento de la expectativa de vida, con el consecuente aumento de la población mundial, así como la mejora de la calidad de vida, mediante innumerables adelantos vinculados, muchos de ellos, a la química de los materiales. Otro tanto puede decirse de la importancia que ha tenido la química en el desarrollo de la medicina y en la producción de fertilizantes y agroquímicos. Se puede hablar también en esta misma línea, del desarrollo que ha tenido la industria de los derivados del petróleo, con su importancia como principal fuente de energía, que ha posibilitado el transporte de personas y mercancía a los niveles que hoy tenemos, así como el funcionamiento de las industrias. Otro tanto se puede decir de los materiales poliméricos, con un sin fin de aplicaciones. Este desarrollo ha ido acompañado de un enorme crecimiento de la industria química a nivel mundial. "...la evolución de las ventas de la industria química durante los últimos 10 años, reportadas por CEFIC (Consejo Europeo para la Industria Química) para los 28 países con el mayor nivel de ventas en el negocio químico, provenientes de todas las regiones del globo y que representan más del 50% de las ventas mundiales. Según estas estadísticas, durante los 10 últimos años, el negocio químico creció en promedio, a razón de un 3.8% inter-anualmente." (Gabaldón, 2005: 105)

### 1.1.2. Surgimiento de los problemas ambientales y responsabilidad de la química en ellos.

Paralelamente a este crecimiento, y como consecuencia del mismo, se va registrando un aumento de la generación de residuos que son perjudiciales, de diferentes maneras, para los seres vivos presentes en el planeta, incluidos los seres humanos.

Muchos de estos efectos no fueron percibidos en el momento en que empezaron a generarse los productos. Este fue el caso del uso de freones como gas refrigerante en las heladeras y equipos de aire acondicionado y como propelentes para aerosoles. Luego de años, se descubrió, en la década del 70, su participación en las reacciones que convierten el ozono estratosférico en oxígeno, eliminando su potencial como protección de los rayos ultravioleta provenientes del sol.

Lo mismo sucedió con dióxido de carbono y su contribución al efecto invernadero. La utilización de los combustibles fósiles en forma masiva comienza con la revolución industrial. En 1896 Arrhenius sugirió que la utilización masiva de estas fuentes de energía por parte del hombre aumentaría la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, y que este incremento contribuiría al aumento de la temperatura promedio del planeta. Aún hoy no hay acuerdo entre todos los científicos sobre el alcance real de la actividad humana sobre este fenómeno.

Estos son algunos ejemplos de cómo la investigación y la industria química generan problemas de contaminación. A esto se pueden agregar los efectos provocados por los agroquímicos, y por los nuevos materiales no biodegradables (plásticos), que se van acumulando sin encontrarse una forma óptima de reutilización o eliminación.

También algunos de los avances en medicamentos han ido acompañados de consecuencias indeseables no previstas. Valga como ejemplo el caso de la talidomida, un medicamento que se utilizó en la década del 60 como sedante y calmante. Luego se descubrió que uno de sus isómeros (el isómero *S*) resultó teratogénico e indujo malformaciones fetales mientras que el isómero *R* solamente producía los efectos sedantes buscados.

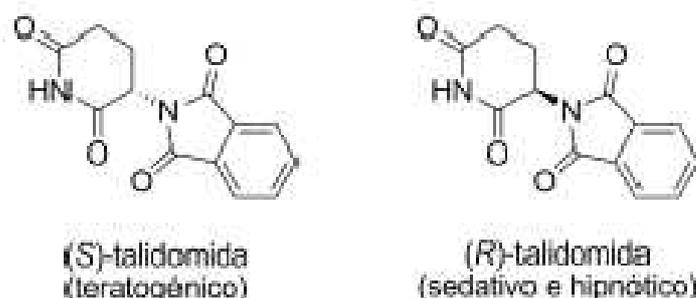


Figura 1.3. Isómeros de talidomida

En base a todo esto la imagen de la química como ciencia empezó a deteriorarse, al punto de llegar a que hoy, para muchas personas, decir "productos químicos" es una expresión que hace pensar en algo negativo, perjudicial para el ambiente o la salud, no relacionando con que todo lo material está formado por compuestos químicos y olvidando que la mayoría de las mejoras en salud y calidad de vida se deben también a los "productos químicos".

### 1.1.3. Algunas acciones realizadas a los efectos de solucionar los problemas ambientales

Hasta la primera mitad del siglo XX, los investigadores químicos trabajaban con el objetivo de solucionar los problemas inmediatos que eran identificados. Si las soluciones provocaban otros problemas, éstos se trataban de solucionar luego de que surgían. Pero a partir del reconocimiento de los efectos perjudiciales para el ambiente que tiene la actividad humana, comenzó a surgir una conciencia de que se debía hacer algo al respecto. La primera manifestación importante de esta conciencia, a nivel mundial, fue la Declaración de Estocolmo realizada por la Convención de las Naciones Unidas en 1972.

A continuación de ésta, se han sucedido una serie de documentos (Carta Mundial de la Naturaleza, Informe de la Comisión Mundial "Nuestro Futuro Común", Informe Geo 4), la creación de comisiones especiales (PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; IPCC, Panel Intergubernamental en Cambio Climático); y encuentros internacionales (Río, Copenhague, Johannesburgo, entre otros); acuerdos internacionales (Protocolo de Montreal, Protocolo de Kioto, etc.), que cada vez más centran la atención sobre estos aspectos.

En la cumbre de Río tomó impulso el concepto de Desarrollo Sustentable, definiéndolo como aquel desarrollo económico e industrial que permita satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.

El informe Geo4 (2007) da cuenta de múltiples aspectos vinculados a la situación ambiental mundial, en particular en relación al suelo, la biodiversidad, el aire y el agua.

En relación al suelo denuncia su degradación como consecuencia del uso indebido en la agricultura (inadecuada rotación de suelos, uso inadecuado o abusivo de fertilizantes o herbicidas, prácticas indebidas de riego, etc.), por el pastoreo excesivo, por la deforestación de bosques naturales, entre otras razones.

En relación con la biodiversidad mundial, se señala una pérdida muy grande de especies autóctonas como consecuencia de la indebida explotación de recursos naturales o la introducción de especies foráneas.



Figuras 1.4 y 1.5. Industrialización y contaminación (adaptadas de [cleanworld.blogspot.es](http://cleanworld.blogspot.es))

Cuando se considera al agua, se calcula que un tercio de la población mundial tiene problemas de disponibilidad altos o moderados, previéndose que la cifra aumentará en los próximos años. Los sectores más vulnerables son los más pobres, por falta de saneamiento y agua potable. También podrían considerarse los efectos que ha tenido la llamada lluvia ácida, tanto en la agricultura como en bosques o en centros urbanos.

Si consideramos el aire, es ampliamente conocido el incremento de dióxido de carbono atmosférico por la quema de combustibles fósiles, contribuyendo al efecto invernadero, o la contribución con gases productores de lluvia ácida por

otros productos de dicha combustión, o la disminución del efecto protector de la capa de ozono a radiaciones UV a nivel ártico y antártico.

Así pues, la problemática ambiental es un tema que trasciende gobiernos, afecta transversalmente las actividades económicas y las relaciones internacionales. A nivel mundial se utiliza el concepto de "Huella ecológica" como indicador en los análisis ambientales, referida al área de tierra o de zonas marinas productivas requeridas para generar los recursos que una población consume y para asimilar los desechos que esa misma población genera.

A nivel mundial, entre 2005 y 2008, la huella ecológica creció un 2% tanto por incremento de la población como por su consumo. La Figura 1.6 muestra los avances del indicador a noviembre de 2009, según el Global Footprint Network, California. Se están necesitando los recursos de 1.4 Tierras para vivir en forma sostenible y se está generando dióxido de carbono un 44% más rápido de lo que la tierra tarda en absorberlo o sea que la tierra necesita de 18 meses para recuperarse de lo que le exigimos en un año.

### El avance de la huella ecológica

■ Número de planetas necesarios según país



Figura 1.6. El avance de la huella ecológica (adaptado de [www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org))

## 1.2. La química verde

### 1.2.1. Origen y definición

En este contexto, entre los químicos va surgiendo la inquietud de asumir su parte de responsabilidad en el tema contaminación. A raíz de esta conciencia y de otros motivos, como pueden ser los económicos y el cuidar su propia salud, se van extendiendo una serie de prácticas que, directa o indirectamente, redundan en el cuidado del ambiente.

Entre estas medidas podemos mencionar el trabajo en microescala para análisis químico (esto favorecido en parte por las mejoras tecnológicas en el instrumental utilizado), y el buscar utilizar en la medida de lo posible reactivos menos contaminantes.

En 1970 en Estados Unidos surge la Agencia de Protección Ambiental (EPA por su sigla en inglés), con el objetivo de cuidar la salud humana y el medio ambiente.

A principios de la década de los noventa, los químicos Paul Anastas y John Warner que trabajaban para la EPA, proponen el concepto de Química Verde para referirse a aquellas tecnologías químicas que apuntan a prevenir la contaminación.

Postulan doce principios que debe cumplir esta "química amigable" con el ambiente. Esto es publicado en 1998 en el libro "Green Chemistry: Theory and Practice".

En Europa, la Organización Europea para la Cooperación Económica y Desarrollo (OECD) adopta en 1999 el nombre de Química Sustentable para referirse al mismo concepto de la Química Verde. Este cambio se debe a una intención de alejarse de la denominación de los grupos ambientalistas más politizados. (Nudelman, 2004: 5), (Peiró Muñoz 2003: 10).

La química verde en general busca procesos para obtener los mismos productos que la química tradicional de manera menos contaminante y también producir sustancias no contaminantes que sustituyan a otros productos perjudiciales pero necesarios para la sociedad.

Su metodología se basa en 12 principios propuestos por el propio Anastas (Anastas y Warner, 2000:30).

### 1.2.2. La química verde y sus principios

**Prevención:** Es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya formado.

**Economía atómica:** Los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales.

**Uso de metodologías que generen productos con toxicidad reducida:** Siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente.

**Generación de productos eficaces pero no tóxicos:** Los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan la eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad.

**Reducción del uso de sustancias auxiliares:** Se evitará, en lo posible, el uso de sustancias que no sean imprescindibles (disolventes, reactivos para llevar a cabo separaciones, etcétera), y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuos posible.

**Disminución del consumo energético:** Los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes.

**Utilización de materias primas renovables:** La materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.

**Evitar la derivatización innecesaria:** Se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).

**Potenciación de la catálisis:** Se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible), reutilizables en lo posible, en lugar de reactivos estequiométricos.

**Generación de productos biodegradables:** Los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente, sino que se transformen en productos de degradación inocuos.

**Desarrollo de metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real**  
Las metodologías analíticas serán desarrolladas posteriormente, para permitir una monitorización y control en tiempo real de proceso, previo a la formación de sustancias peligrosas.

**Minimización del potencial de accidentes químicos.** Se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el riesgo de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios. (Vargas y Pimiento, 2007)

### 1.2.3. Ejemplos de aplicación de los principios de la química verde

La química verde es, a la vez, un reconocimiento de que la química está en la base de muchos de nuestros problemas ambientales, y de que en ella están latentes muchas de las soluciones (Peiró Muñoz, 2003: 9)

A continuación se describen algunos logros que se han llevado adelante, de forma consciente en algunos casos e inconsciente en otros, siguiendo los

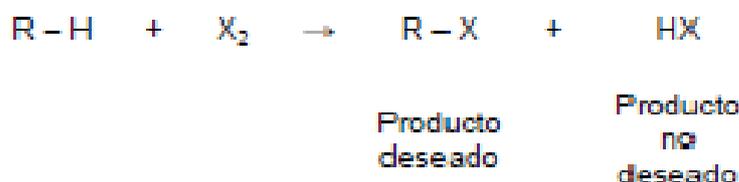
principios de la química verde. Al ver estos ejemplos se notará que en muchos casos al cumplir con alguno de los principios estamos cumpliendo indirectamente con otros también. Es decir que estos principios están interrelacionados unos con otros.

### Prevención

Tradicionalmente la investigación y la industria química no se preocupaban demasiado de los residuos que generaban. Si se generaba un problema, otros investigadores se ocupaban de buscar una solución. La química verde apunta a que no se generen esos residuos. Este principio está presente en todos los que le siguen, y por eso casi cualquier logro siguiendo la filosofía de la química verde cumplirá con este principio. A modo de ejemplo: si se incorporan la mayor cantidad de los reactivos en los productos se producirán menos residuos (segundo principio, economía atómica); si trabajamos con sustancias no tóxicas y producimos sustancias no tóxicas (principios tres y cuatro) no tendremos residuos tóxicos para limpiar; si no usamos solventes o utilizamos solventes inocuos (principio cinco) luego no tendremos que buscar la forma de eliminar los residuos generados por dichos solventes. Tal como lo señala el propio Anastas, este principio es equivalente a aquel principio médico que dice "es mejor prevenir que curar" (Anastas y Warner, 2000: 31).

### Economía atómica

Tanto en la investigación como en la industria química, así como en la enseñanza de la química, es costumbre hablar del rendimiento de las reacciones químicas, considerando como tal la relación entre la cantidad de producto obtenido y la cantidad de producto esperado a partir de la cantidad del reactivo limitante disponible. El rendimiento suele ser menor a cien por ciento por diversas razones: reacciones secundarias, reacciones incompletas, impurezas de los reactivos, etc. Sin embargo, hay un factor que no se toma en cuenta. Esto es que, aún con un rendimiento de cien por ciento, en la mayoría de las reacciones se obtienen, junto con el producto que se tiene como objetivo, otros que no son los deseados, pero que se forman también en la reacción. Si, por ejemplo, se desea obtener un halogenuro de alquilo monosustituído, a través de una reacción de sustitución de un alcano con el halógeno correspondiente, se obtendrá también, aunque no sea el objetivo, halogenuro de hidrógeno:



Sin embargo, si este mismo halogenuro de alquilo, se obtiene a partir de una reacción de adición de un halogenuro de hidrógeno a un alqueno, todos los reactivos se incorporan al producto:



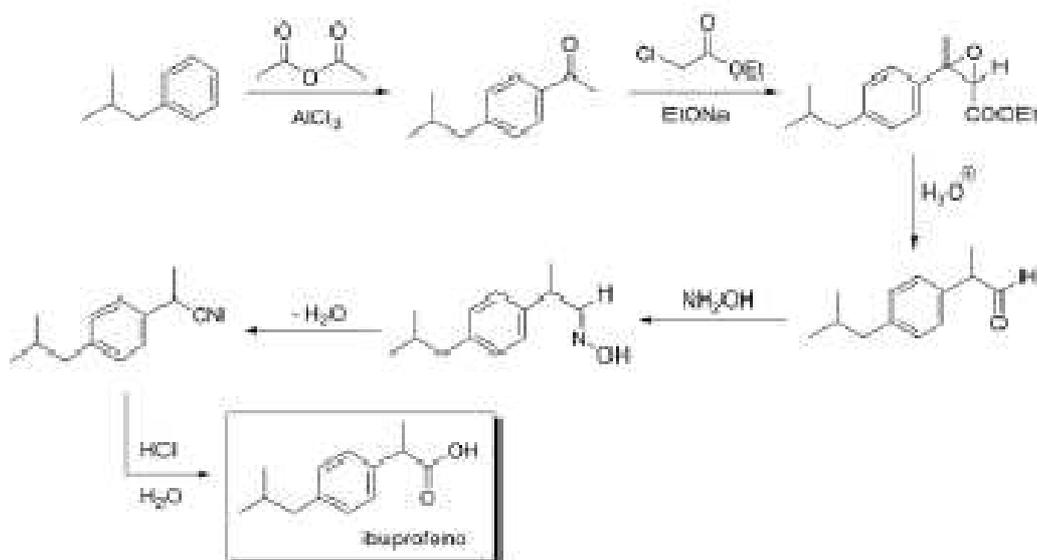
La relación entre la cantidad de reactivos y la cantidad de producto deseado se expresa en el concepto de economía atómica. Cuanto mayor sea este valor, menos cantidad de reactivo quedará en productos no deseados. Estos productos no deseados pueden ser residuos que luego hay que ver cómo eliminar o neutralizar y, en el mejor de los casos, pueden ser inocuos, pero se estaría gastando materia prima en producir algo inútil, o en algo que hay que buscar una forma de separar y encontrarle una utilidad. En el ejemplo aquí mencionado, la adición tendría una economía atómica de cien por ciento, mientras que en la sustitución sería menor.

Si bien se habla de economía atómica (E.A.), este valor se expresa habitualmente como un porcentaje en masa:

$$E.A. = \frac{\text{masa producto deseado}}{\text{masa reactivo}} \times 100$$

Uno de los primeros logros de la química verde aplicando este principio fue en la reducción de la cantidad de residuos generados en la obtención industrial del ibuprofeno. Este analgésico de amplio uso, se produjo entre 1960 y 1991 en un proceso de seis etapas, generándose residuos en cada una de ellas, de tal manera que la economía atómica del proceso era de un 40 %. En 1991, la BHC Company desarrolló un proceso en tres etapas, que tiene una economía atómica de 77 %. (González y Valea, 2009: 51).

Proceso previo a 1991 en seis pasos.



Proceso en 3 pasos patentado por BHC Co. en 1991.

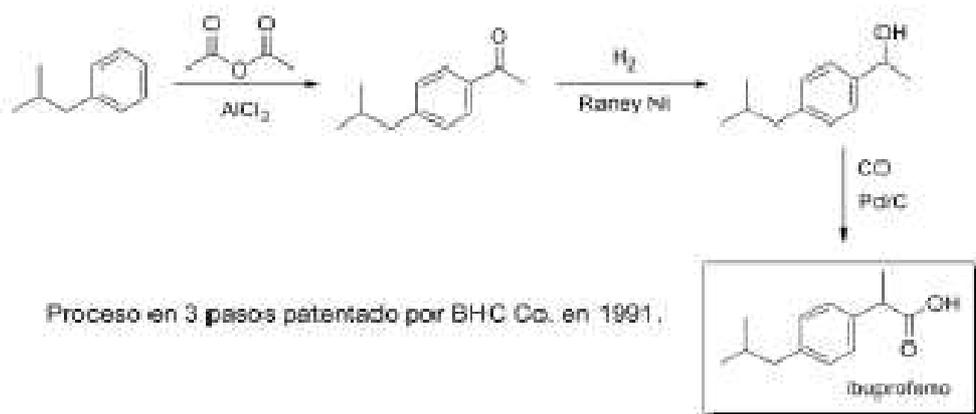


Figura 1.7. Dos procesos de síntesis de ibuprofeno

Procesos y productos no tóxicos o menos tóxicos

El segundo y tercer principio de la química verde se refieren a conseguir sustancias químicas que mantengan su utilidad, pero que a su vez no sean tóxicas. Tradicionalmente la química ha tenido mucho que ver en el control de plagas, y un ejemplo es el uso del DDT (diclorofeniltricloroetano), que según la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha contribuido a salvar millones de vidas, junto con otros insecticidas. Sin embargo se descubrió que el DDT es tóxico para numerosas especies útiles de peces y aves, y aun para el propio ser humano. En 1972 se prohibió su uso en Estados Unidos, pero se siguió vendiendo a otros países (Hill y Kolb, 1999: 463- 465).

A partir de esta prohibición se ha buscado que sustituir el DDT por otros plaguicidas igualmente efectivos, pero menos tóxicos. Uno de estos es el

spinosyn, un insecticida obtenido a partir de una bacteria, la *Saccharopolyspora spinosa* (López Gressa, 2006: 18).

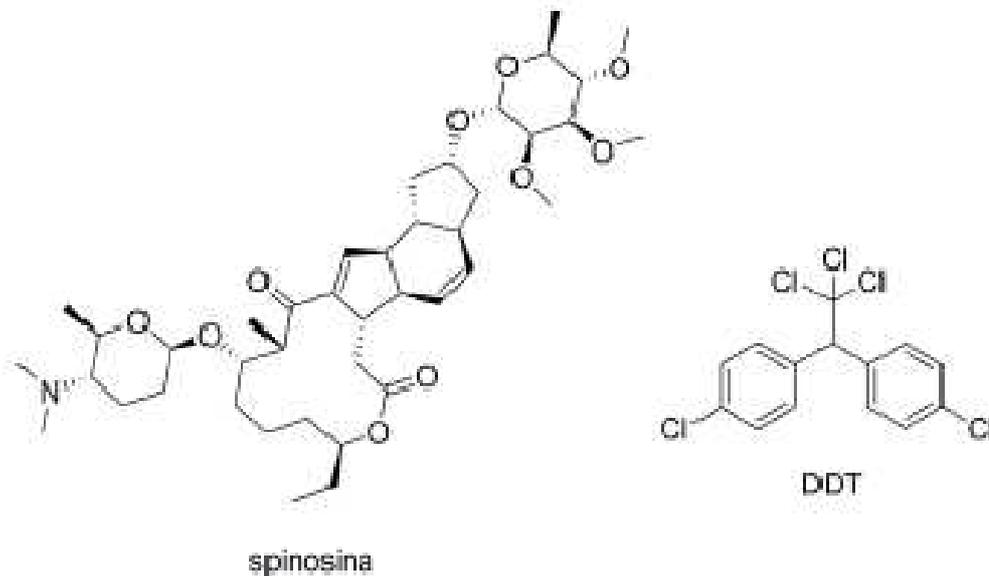


Figura 1.8. Estructuras de spinosina y DDT

#### Reducir el uso de sustancias auxiliares

Este principio apunta a que en los procesos químicos se use la menor cantidad posible de sustancias auxiliares, solventes especialmente. En caso de necesitar usarlos, que sean lo menos contaminantes posible. En este sentido se procura que alguno de los propios reactivos actúe como solvente.

En cuanto al uso de solventes inocuos, la química verde ha llevado adelante variadas investigaciones sobre este tema, y especialmente han cobrado importancia el uso de solventes en estado supercrítico y el uso de líquidos iónicos.

#### *Solventes en estado supercrítico*

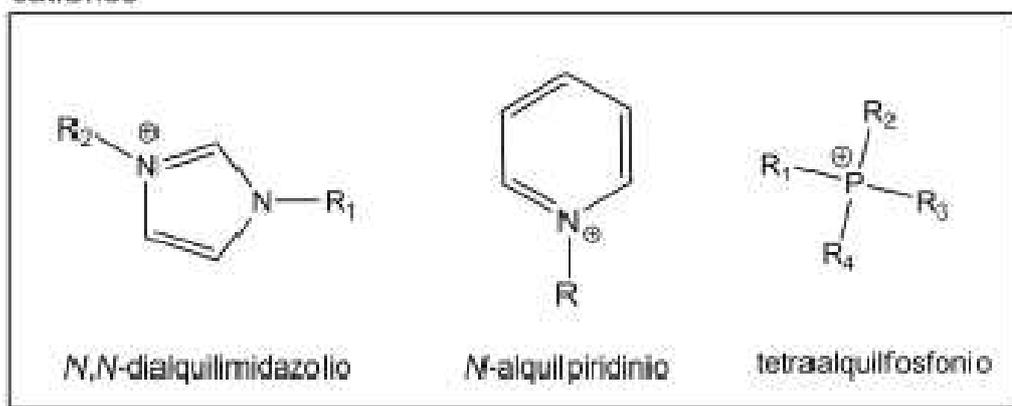
El estado supercrítico se define como el estado de agregación de una sustancia que se encuentra a una temperatura superior a la temperatura crítica y a una presión superior a la presión crítica. En estas condiciones, la sustancia es un fluido con propiedades intermedias entre las de un gas y las de un líquido. En estado supercrítico las sustancias aumentan su capacidad como disolventes. Esto les permite disolver sustancias orgánicas, que en lugar de ser disueltas en solventes apolares contaminantes, volátiles y combustibles, puedan disolverse en el dióxido de carbono en estado supercrítico o el agua en estado supercrítico, solventes no contaminantes. La capacidad de los solventes supercríticos varía al variar la densidad, aumentando o disminuyendo la presión. Eso permite separar sustancias. Un ejemplo concreto

de esto es la extracción de la cafeína con dióxido de carbono en estado supercrítico, para obtener el café descafeinado (Brown, Burdsten y Lemay, 2004: 424). Otro ejemplo son las investigaciones llevadas a cabo para obtener biodiésel utilizando etanol en estado supercrítico y sin utilizar hidróxido de potasio como catalizador, como se hace habitualmente. El etanol en estado supercrítico puede disolver los aceites vegetales, que de otra forma son insolubles. Esto favorece la rapidez de la reacción. Investigaciones en este sentido han sido llevadas adelante por la Facultad de Química de la Universidad de la República de Uruguay (Vieitez, 2008: 2085 - 2089).

### Líquidos iónicos

Los líquidos iónicos son sales orgánicas líquidas a temperatura y presión ambiente pero que, por ser sales, tienen una baja presión de vapor. Desde el punto de vista de su estructura química, normalmente son sales formadas por un catión orgánico y un anión poliatómico (Hernández, 2008: 33).

#### cationes



#### aniones

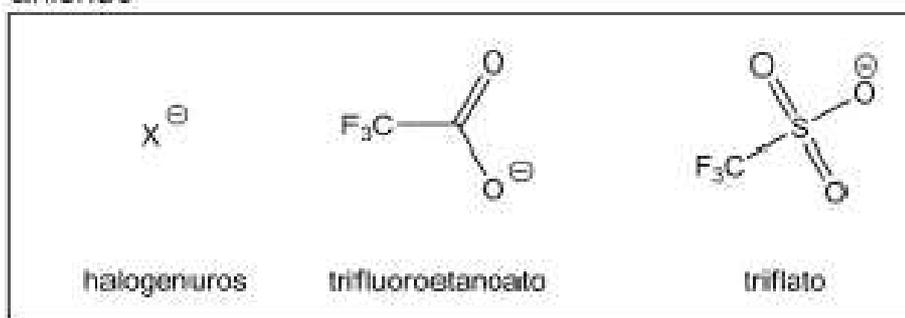


Figura 1.9. Cationes y aniones comunes en líquidos iónicos

Los líquidos iónicos, frente a otros solventes, presentan las siguientes ventajas: tienen baja presión de vapor, son químicamente estables en rangos amplios de temperatura, tienen bajo punto de fusión, presentan mayor densidad que el agua, sin más viscosos que la misma, son bastante estables en procesos electroquímicos y buenos conductores eléctricos, pueden tener diferentes propiedades ácido base, dependiendo de la sal que se trate y son incoloros en estado puro. Estas propiedades hacen que sean muy versátiles en cuanto a las aplicaciones que se les pueden dar.

### Disminuir el consumo energético

Este principio se refiere específicamente a buscar procesos químicos que puedan llevarse adelante con el menor gasto de energía posible. En este sentido cobra importancia buscar reacciones que puedan llevarse adelante en condiciones ambientales de presión y temperatura.

Los procesos químicos que se llevan adelante en los seres vivos, se realizan en estas condiciones, o por lo menos a temperaturas y presión relativamente bajas. La mayoría de los procesos químicos de origen biológico son catalizados por enzimas. La biotecnología química cobra cada vez más importancia en este sentido. En realidad las biotransformaciones, como suelen llamarse a los procesos químicos catalizados con enzimas, son de los recursos más utilizados por la química verde ya que permiten cumplir simultáneamente con varios principios. Las enzimas son catalizadores altamente selectivos, lo que permite obtener productos con alto grado de pureza. Son selectivos en cuanto a las reacciones que catalizan (quimioselectividad), y son selectivos desde el punto de vista estereoquímico, pueden reaccionar muy bien con un diastereoisómero y no con otro (diastereoselectividad), y también son capaces de catalizar la producción de un determinado enantiómero y no su imagen especular. Son altamente efectivas en cuanto al aumento de la velocidad de reacción con poca cantidad de enzima. Por otro lado, debido a su origen biológico, son totalmente biodegradables cuando terminan su ciclo.

También tienen algunas desventajas: en la naturaleza solo aparecen normalmente en una forma enantiomérica, operan dentro de rangos de temperatura y pH estrechos, su mayor actividad la muestran en solución acuosa, aunque también se han logrado reacciones efectivas en solventes no polares y algunas enzimas pueden ser inhibidas por el producto de la misma reacción (Faber, 1997: 2-8). Una aplicación concreta del uso de biocatalizadores es la producción estereoselectiva de sustancias que son precursoras para la obtención de bloqueadores  $\beta$  adrenérgicos. Los bloqueadores  $\beta$  adrenérgicos son sustancias que se utilizan frecuentemente para tratar trastornos cardíacos y trastornos psiquiátricos.

Un ejemplo es el atenolol, que se utiliza en el tratamiento de la hipertensión arterial, un problema bastante extendido en nuestro país.

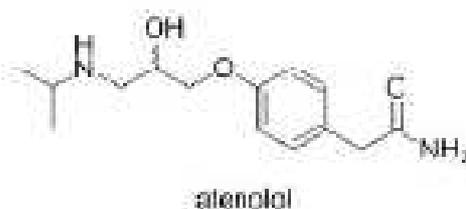


Figura 1.10. Estructura de Atenolol

Generalmente estas sustancias se venden como mezclas racémicas, por lo difícil que es separar los enantiómeros. Mediante el uso de biocatalizadores se ha logrado obtener sólo el isómero deseado de la materia prima de la síntesis de esta sustancia, eliminando de esta manera los problemas que implica la presencia del isómero no deseado, como los controles adicionales que deben hacerse para asegurar que no tiene efectos indeseados, y la pérdida de materia prima que implica su producción (Kinfre y otros, 2000: 231-238).

#### Utilizar materias primas renovables

La Química Verde apunta a la utilización de materias primas renovables. Un ejemplo claro de esto es la utilización de estas materias primas para la generación de energía y nuevos materiales. Como ejemplo de amplia difusión en la producción de energía a partir de fuente renovable están los biocombustibles. Debido a la discusión sobre la competencia con la producción de alimentos, se ha impulsado la generación de los biocombustibles a partir de materias primas de origen vegetal, pero que no comptan con la producción de alimentos, como el aprovechamiento de desechos agrícolas para producir biogás, o la producción de biodiésel a partir de algas.

En Uruguay, donde ha tenido amplia difusión la forestación con un especial desarrollo en las plantaciones de eucaliptos, un grupo de científicos se ha dedicado a buscar el aprovechamiento de lo que normalmente queda como residuo en la explotación de estos emprendimientos: la hoja. Un equipo de químicos se ha dedicado a la extracción y modificación de un aceite esencial del eucalipto, el eucaliptol o 1,3 – hidroxidioneol. A partir de esta sustancia han obtenido derivados de importancia industrial con distintos objetivos. Algunos de estos derivados han demostrado ser eficaces como insecticidas. Otros son utilizados en spray nasales y algunos en cosméticos. Muchas de las transformaciones para obtener los derivados han sido a través del uso de biocatalizadores. Por otro lado, los productos obtenidos son biodegradables. De esta manera este tipo de emprendimientos sigue la filosofía de la Química Verde desde diversos aspectos (Méndez y otros, 2006: 232-236).

### Evitar derivatizaciones

En muchos casos, especialmente en química orgánica, los procesos para obtener un producto tienen varias etapas. En algunas etapas se protege un grupo funcional para que no intervenga en una reacción mientras se hace reaccionar otro grupo activo que se encuentra en la misma molécula. O al revés, se sustituye un grupo especialmente inerte frente a un reactivo, por otro grupo más activo frente al mismo. Cuantas más etapas tenga un proceso, menor será su economía atómica. Todas las sustancias auxiliares que se utilicen en cada una de las etapas aparecerán como desechos. Además cada etapa extra implica nuevos procedimientos con mayores gastos de energía y mayores riesgos para los operarios. La química verde apunta a disminuir todos estos aspectos. Un ejemplo de esto aparece en la ya mencionada síntesis del ibuprofeno. En ambos métodos, el antiguo y el nuevo, en la primera reacción se produce una fenilcetona por reacción entre el isobutilbenceno y el anhídrido acético catalizada con cloruro de aluminio. En el método antiguo esta reacción es seguida por cinco reacciones sucesivas antes de llegar al producto deseado. En el nuevo método solo se realizan dos reacciones más, ambas muy sencillas. Primero se reduce la cetona a alcohol utilizando la reacción con dihidrógeno catalizada por níquel Raney (una aleación de aluminio y níquel finamente granulado). El alcohol es carboxilado en una reacción catalizada con paladio. Este último proceso evita procesos innecesarios, en los cuales se gasta energía y se generan desechos.

### Potenciar la catálisis

En diversas ocasiones, para hacer viable una reacción muy lenta se utiliza como recurso aumentar mucho la concentración de uno de los reactivos. Esto implica un mayor gasto de materias primas y una generación de desechos procedentes del reactivo en exceso no consumido. Otro camino para aumentar la rapidez de una reacción es utilizar un catalizador, que hace más rápida la reacción pero no se consume en la misma. Aquí vuelve a destacarse la importancia de los biocatalizadores, con las ventajas antes mencionadas. En Uruguay, el Laboratorio de Biocatálisis y Biotransformaciones (LBB) de la Facultad de Química, lleva adelante diversas investigaciones en este sentido. Ejemplos de esto son la reducción enantioselectiva de cetonas utilizando zanahoria cruda (González y otros, 2008: 1049 – 1051).

Se parte de una cetona que no posee isomería óptica, por no tener carbono quiral y se obtiene por reducción, solo uno de los alcoholes enantioméricos posibles.

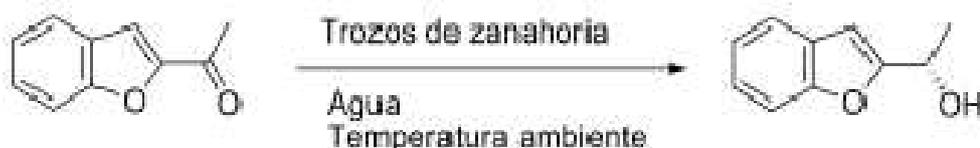


Figura 1.11. Reducción enzimática de una cetona

Otra forma de catálisis, totalmente concordante con los objetivos de la química verde, es la fotocatalisis. Ésta se basa en la utilización de la energía electromagnética proveniente de la luz para acelerar algunas reacciones. En algunos casos se utiliza directamente la luz solar, en otros es necesario utilizar frecuencias de luz específicas. La luz solar es una fuente de energía inagotable, a total disposición y en absoluto contaminante. Investigadores uruguayos han utilizado este recurso para catalizar reacciones que dan origen a sustancias que se han demostrado ser efectivas en el tratamiento de enfermedades parasitarias como la enfermedad de Chagas y la leishmaniasis (Moyna y otros, 2011: 2852 - 2858).

#### Generar productos biodegradables

Según la ASTM (American Society for Testing and Materials), "la biodegradabilidad es la capacidad de un material de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua y componentes orgánicos o biomasa, en el cual el mecanismo predominante es la acción enzimática de microorganismos" (Meneses y otros, 2007: 61).

Los problemas de contaminación generados por los productos persistentes en el ambiente son ampliamente conocidos. Tanto es así que un recurso muy utilizado por la publicidad es resaltar este aspecto en diversos productos como pueden ser los detergentes biodegradables. Otro ejemplo son las bolsas de compras oxodegradables, a las que la publicidad hace aparecer algunas veces como biodegradables. El polímero que forma estas bolsas tiene un aditivo que hace que, bajo determinadas condiciones de humedad y temperatura, el polímero sea degradado. Sin embargo, el proceso no es comenzado por microorganismos, por lo que no es biodegradable (Marzo Rojas, 2010: 9).

Los polímeros biodegradables generalmente presentan una doble ventaja: además de su biodegradabilidad, provienen de materias primas renovables, ya que son obtenidos a partir de vegetales. Un ejemplo conocido son los polímeros obtenidos a partir del 1,3 - propanodiol obtenido del maíz (García, 2009: 35).

#### Desarrollar metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real

Normalmente, de una industria química se analizan los desechos que vierte a su entorno. Esto lleva implícito el detectar un daño luego de que se produjo. La Química Verde apunta a la prevención. En este sentido, recomienda que los

análisis deben estar insertos en el proceso de producción y no al final del mismo. De esta manera, si se está generando alguna sustancia contaminante, será detectada antes de volverla al ambiente.

Este principio cierra la tabla de principios, y en realidad se cumple en gran parte al cumplir con los otros. Si los trabajos se hacen con sustancias no tóxicas, si los solventes volátiles y combustibles han sido sustituidos por otros, si se trabaja a temperatura y presión ambiente, ya se han minimizado la mayoría de los riesgos de accidentes que lleva implícito el trabajo en química.

### 1.3. La química verde y la educación

#### 1.3.1. Década para educación sustentable

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) ha sido el organismo que ha coordinado la ejecución del Decenio del Desarrollo Sostenible (DDS) (2005-2014), cuya finalidad es integrar en todos los aspectos de la educación y el aprendizaje, los principios, los valores y las prácticas que puedan satisfacer las necesidades actuales del mundo sin poner en peligro el futuro de la humanidad.

Dentro del DDS, la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) tiene por objetivos:

- \* que las personas tomen conciencia de la necesidad crucial y urgente de limitar los daños a la atmósfera y poner freno al cambio climático y a los perjuicios que causa.
- \* capacitar a la ciudadanía sobre las convenciones y los acuerdos internacionales que se apoyan en la educación para crear una masa crítica de ciudadanos, haciéndoles ver que pueden contribuir a crear soluciones eficaces a la crisis climática.
- \* incitar a las personas a poner en tela de juicio el modo en que pensamos, los valores que defendemos y las decisiones que tomamos en el contexto del desarrollo sostenible.

Cabría la pregunta: ¿Los derechos ambientales pueden considerarse derechos humanos? Si consideramos al sector más vulnerable económicamente a nivel mundial, debemos pensar que el suelo es sinónimo de cultivo, el agua es sinónimo de bebida, de irrigación, de higiene, el aire es sinónimo de respiración y en su conjunto el medio ambiente aporta las medicinas y el alimento esencial para ese sector. Entonces una alteración del medio implica violar un derecho ambiental y con él un derecho humano, en particular de los sectores más desposeídos de la humanidad.

Para lograr que esto no suceda, se trata de promover modelos de gestión en diversos medios, que arrmonicen la generación de empleos y la explotación de los recursos naturales, con el confort y los bienes de consumo, dentro de un

"ambiente saludable". A continuación se describen brevemente algunos casos de ejemplos positivos, a nivel mundial, extraídos de Fernández y otros (2011).

### Contaminación ambiental

El GTZ (Organismo Alemán de Cooperación Técnica, <http://www.gtz.de/en/>), cuya labor consiste en promover el desarrollo sostenible en todo el mundo, ha desarrollado un sistema para suministrar agua para la población, el ganado y los cultivos mediante bombas con energía solar fotovoltaica. Estas bombas son tan eficientes como las pequeñas de diésel, y no necesitan combustible fósil ni emiten dióxido de carbono. Las bombas solares cuestan unas tres veces más que una versión diésel comparable, pero los costos de explotación son insignificantes, por lo que se recuperan con rapidez. Hasta la fecha, hay bombas del GTZ en funcionamiento en Argentina, Brasil, Chile, Etiopía, Indonesia, Jordania, Filipinas, Túnez y Zimbabue.

### Energía

En Suecia hay un tren de pasajeros propulsado por biogás que enlaza Linköping, al sur de Estocolmo, con la ciudad de Västervik, en la costa báltica. El biogás, que se obtiene de la descomposición de materia orgánica, produce mucho menos dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que los combustibles fósiles tradicionales. Por ejemplo, comparando las ecuaciones de combustión completa del metano, el principal componente del biogás, y del octano, uno de los componentes de la nafta, se observa que en el primer caso por cada gramo de metano que se quema se producen 2.75 g de  $\text{CO}_2$ , mientras que por cada gramo de octano que se quema, se producen 3.09 g de  $\text{CO}_2$ . Suecia dispone ya de más de 800 autobuses y de miles de automóviles que funcionan con una mezcla de petróleo y biogás o gas natural. Para promover el uso del biogás, se ofrecen varios incentivos a los propietarios de automóviles: estacionamiento gratuito en muchas zonas, menos impuestos para las empresas que proporcionan automóviles de biogás a sus empleados y la exención de impuestos sobre el propio biogás, que cuesta del 20 al 25% menos que el petróleo. Por otro lado, está en proyecto la instalación de trenes propulsados por biogás en India. ([http://www.handsontv.info/series7/01\\_energy\\_wise\\_reports/report4.html](http://www.handsontv.info/series7/01_energy_wise_reports/report4.html))

### Pesca

A comienzos de los años 80, el exceso de pesca en las aguas costeras de Fiji hizo que empezaran a escasear los ingresos y el consumo de proteínas de muchos habitantes de las zonas rurales. Alrededor de un tercio de los hogares rurales vivían por debajo del umbral oficial de la pobreza. Se crearon las zonas marinas gestionadas localmente (LMMA, [http://lmmarenetwork.org/Site\\_Documents/Grouped/Fiji\\_LMMA\\_case\\_study\\_WR\\_R2005.pdf](http://lmmarenetwork.org/Site_Documents/Grouped/Fiji_LMMA_case_study_WR_R2005.pdf)) que combinan prácticas tradicionales locales de conservación con métodos modernos de vigilancia, para mejorar los ingresos de la población reconstituyendo los cursos de agua locales.

El kaikoso, una almeja que vive en los fondos lodosos poco profundos y en los lechos de algas, tiene una importancia cultural para los habitantes de la aldea de Ucinivanua, y además es un alimento de primera necesidad y una fuente de ingresos. Los aldeanos emprendieron una colaboración con la Universidad del Pacífico Sur y, después de dos años de formación en educación ambiental y planificación comunitaria, delimitaron un área tabú (cerrada) de 24 hectáreas, para que la población de almejas pudiera recuperarse y se instalaran más larvas en las zonas pesqueras adyacentes. Entre 1997 y 2004, la población de almejas aumentó espectacularmente, tanto en las zonas tabú como en las aguas adyacentes. El experimento se ha prolongado indefinidamente, la población de kaikosos vuelve a ser abundante y los ingresos de la aldea han aumentado de manera significativa. El éxito del plan ha llevado a la adopción de LMMA en Fiji, Asia y la región del Pacífico.

### 1.3.2. El rol del profesor de química frente a la problemática ambiental

Sabemos que nos movemos en un "mundo dicotómico" y el enfoque verde no es ajeno a esa dicotomía. Hay posturas proteccionistas que consideran que el ser humano está progresivamente incidiendo en forma negativa en los diferentes problemas medioambientales, a través del desarrollo tecnológico y las necesidades que del mismo surgen así como de los productos que se generan (Gore, 2008). Por otra parte hay posturas - igualmente válidas a nuestros efectos -, que no ven así el protagonismo humano en los efectos medioambientales, y sostienen que la incidencia humana es mínima y que los efectos vinculados, por ejemplo, al "cambio climático" no son reales ya que siempre se han dado a lo largo del tiempo.

Si bien en el currículo de Química de la Educación Media en nuestro país, no se incluye específicamente la Química Verde o la Química Ambiental o la Química Sustentable, sí existe como enfoque transversal a muchos de los contenidos allí indicados. Lo que suele suceder es que ante hechos puntuales que ocurren, se aborda la temática vinculándola a los contenidos del curso que se dicta. Asimismo, se suele enfocar el análisis desde una perspectiva reduccionista y a veces descontextualizada ya que difícilmente se consideran aspectos vinculados al hecho en sí mismo (económicos, políticos, sociales, culturales, etc.). Es necesario entonces, realizar un enfoque más amplio, que considere efectos locales, regionales y globales.

La realidad mundial muestra que:

- 1.- los centros poblados han ido en crecimiento constante y no siempre organizado en los últimos tiempos, con la migración de la población desde el medio rural en búsqueda de mejores opciones laborales y de calidad de vida, no siempre lograda.
- 2.- de la mano del crecimiento mundial de la población y de la mala explotación de los recursos naturales, se va dando el agotamiento de éstos - fertilidad de los suelos, agua dulce, recursos forestales, petróleo, yacimientos

minerales, etc. y con ello la degradación de ecosistemas, la destrucción de la biodiversidad y la desertificación.

3.- como consecuencia de ese mejor estilo de vida y vinculada directamente al desarrollo de la tecnología, se están generando contaminaciones ambientales tales como la acústica, luminica o visual, que inciden negativamente en el propósito buscado. Esas contaminaciones se manifiestan en suelos, agua y aire, llevando al efecto invernadero, la lluvia ácida o la destrucción de la capa de ozono, tan ampliamente difundidos.

Algunas acciones que se están tomando para contribuir a contrarrestar esa situación van asociados a esfuerzos de la investigación, la innovación y el desarrollo hacia el logro de tecnologías que favorezcan un crecimiento sostenible, además de procurar el incremento de la conciencia mundial acerca del necesario análisis de la relación daño/beneficio antes de la toma de decisiones individuales o colectivas. Pero no debemos olvidar que está en nuestras manos hoy, como educadores, el formar ciudadanos ambientalmente responsables a través de una sólida y crítica formación científica ya que ellos serán quienes deberán decidir el modelo de vida que adoptarán y trazarán su futuro acorde a su cultura, a su contexto y a sus posibilidades.

Los expertos de Naciones Unidas proponen que todos los educadores de cualquier área o nivel, incluidos los responsables de la educación informal (prensa, ONGs, museos, ferias de ciencias, etc.), contribuyan a esta necesaria "alfabetización científico-ambiental", favoreciendo la vinculación desde diferentes enfoques, contribuyendo así a la generación de "opinión propia fundamentada".

Según Barandiarán y otros (2005) "...la capacidad de adoptar decisiones fundamentadas - incluida la elección de los gobernantes, la valoración de sus programas y sus realizaciones, etc. - exige conocimientos para sopesar las consecuencias a medio y largo plazo; exige criterios para comprender que lo que perjudica a otros no puede ser bueno para nosotros; exige, por tanto, educación. Incluso la oposición fundamentada a las actuaciones de determinados gobiernos y empresas, así como la defensa convincente de otras políticas, son fruto de la educación."

### **1.3.3. El enfoque Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente (CTSA)**

Un enfoque desde la enseñanza de las Ciencias que se ha trabajado desde hace ya un tiempo (Acevedo y otros, 2003; Gil y otros, 2005) es el denominado CTC (Ciencia, Tecnología y Sociedad) que realiza un abordaje integral de las temáticas científicas, vinculándolas al contexto social que se vive en un momento histórico dado, con una situación económica determinada y en una cultura definida. A los efectos de un enfoque más holístico y vinculado a la sostenibilidad, se ha adicionado el enfoque ambiental, por lo que dicha corriente se ha dado en denominar CTSA (adonde A representa al ambiente).

Los programas CTS surgen ante la preocupación de docentes y autoridades por la falta de motivación del alumnado por el estudio de la ciencia y su vinculación con aspectos humanos, éticos y políticos. Sus orígenes están en Inglaterra, en el año 1976, cuando un grupo de profesores introduce en sus clases de ciencias un examen crítico de la tecnología que llamaron STS (Science, Technology and Society) (Gallego y otros, 2008). Con relación al origen de esta postura, el autor sostiene "...en algunos casos el rechazo del alumnado hacia la física y hacia la química, se debe a la imagen descontextualizada socialmente con la que se les presentan las ciencias ya que hace que no sea interesante su estudio". Para subsanar esta situación, surge esta orientación curricular que está recibiendo gran atención en la enseñanza de las ciencias experimentales.

Según Caamaño (1995) citado en Sanmartí (2002:67), pueden considerarse currículos CTS aquellos que:

- \* Promueven el interés de los estudiantes por vincular la ciencia con los fenómenos de la vida cotidiana y las aplicaciones tecnológicas, procurando abordar el estudio de aquellos temas que tengan mayor relevancia social.
- \* Profundizan en las consecuencias sociales y éticas de la ciencia.
- \* Favorecen la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico.

Según Ros (2003), otro objetivo de los proyectos CTS es que los alumnos aprendan a tomar decisiones a través del interés por las cuestiones relacionadas con la actividad humana. La metodología para lograrlo consiste en saber utilizar la información disponible para la materia en cuestión. Dicha información va ligada a un conjunto de actividades para el estudiante, experimentales o virtuales, a textos que se correspondan con los contenidos curriculares y a la realización de distintas secuencias de prácticas de laboratorio o trabajos de recolección de datos.

A los efectos de que este enfoque llegue a las aulas de la educación media, es necesario que previamente sea trabajado al nivel de la formación de los futuros docentes para ir desarrollando una percepción mayor acerca de la problemática ambiental, ampliando las visiones acerca de los desarrollos científicos en esa compleja área. Asimismo es necesaria la aplicación de nuevas prácticas pedagógico-didácticas a nivel de aula que impliquen activamente al estudiante a través de un rol protagónico en la búsqueda de información, el análisis de posibles alternativas y la toma de decisiones con responsabilidad.

A los solos efectos de contribuir a este propósito, se proponen algunas actividades vinculadas a la Química Verde, a desarrollar en lo cursos de educación media, con un enfoque CTSA. Les recordamos a los usuarios de las actividades, que las mismas deben ser debidamente contextualizadas y adaptadas en su planteo, al nivel en que se proponen trabajar, así como la posibilidad de ser abordadas desde un contexto multidisciplinar.

#### 1.4. Bibliografía

- 1) Acevedo J., Vázquez A. y Manassero M. (2003) *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2) 80-111
- 2) Anastas, P., Warner, J. (2000) *Green Chemistry: Theory and Practice*, Primer Edición, Oxford University Press, New York
- 3) Barandiarán, J., Fernández, P., Geli, A. M, Gil-Pérez, D, Junyent, M., Martins, I, Ochoa, L, Posada, R., Praia, J., Sá, P., Vilches, A. (2005); Educación para un futuro sostenible, un objetivo prioritario para todos los educadores. obstáculos que es necesario superar, *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra. VII Congreso.
- 4) Belloso, W. (2009) *Revista del Hospital Italiano de Buenos Aires* 29(2).. Disponible en: [http://www.hospitalitaliano.org.ar/archivos/noticias\\_attachs:/47/documentos/7482\\_102-111-belloso.pdf](http://www.hospitalitaliano.org.ar/archivos/noticias_attachs:/47/documentos/7482_102-111-belloso.pdf). Consultado 16/08/11
- 5) Bode, M., Brady, D., Chhibra, V., Frederick, J., Kinfe H., Mathiba, K., Steenkamp, P. (2009). *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 59.
- 6) Brown, T., Le May, H., Bursten, B. (2004) *Química, La ciencia central*, novena edición en español, Prentice Hall, México.
- 7) Cedeño, F. L. (2009). *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, 2008 – 2009, Volumen XXIV, 133-143
- 8) Faber, Kurt, (1997). *Biotransformations in Organic Chemistry*, tercera edición, Springer, New York.
- 9) Fernández, A., Sanz, J., Uria A., Viota, N. (2011). *Comunicar la Sostenibilidad*, UNESCO Etxea.
- 10) Gabaldon, Reinaldo (2005) *Revista Petróleo y V. 6(17) 102-117*.. Disponible en línea: <http://www.petroleoyv.com/website/uploads/quimicamundial.pdf>. Consultado 16/08/11
- 11) Gallego P., Gallego R. (2006) *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 5(1).
- 12) García, J. (2009). *Bioteología para una química verde, respetuosa con el medio ambiente*. Fundación Alternativas. Disponible en: <http://www.falternativas.org/laboratorio/documentos/documentos-de-trabajo/bioteologia-para-una-quimica-verde-respetuosa-con-el-medio-ambiente>. Consulta: 17/08/11
- 13) Gil, D., Macedo B., Martínez Torregosa, J., Sifredo, C., Valdez, P., Vilches, A. (2005) ¿Cómo promover el interés por la cultura científica?, UNESCO., Santiago.
- 14) González, M. L., Valea, A. (2009) El compromiso de enseñar química con criterios de sostenibilidad: la química verde, *Educación Química*, número 2,.

- España. Disponible en línea: [http://publicacions.iec.cat/PopulaFitxa.do?moduleName=revistes\\_cientifiques&subModuleName=&idColleccio=6090](http://publicacions.iec.cat/PopulaFitxa.do?moduleName=revistes_cientifiques&subModuleName=&idColleccio=6090). Consulta 18/07/11.
- 15) González, D., Adum, J., Bellomo, A., Gamenara, D., Schapiro, V., Seoane, G. (2006). *Journal of Chemical Education*. 83(7) 1049-1051.
  - 16) Gore A., (2008). *Una verdad incómoda*. Disponible en: [www.cambio-climatico.com/una-verdad-incomoda](http://www.cambio-climatico.com/una-verdad-incomoda). Consulta 16/08/11.
  - 17) Hernández F. J. (2008) Tesis doctoral: Desarrollo de nuevos procesos biotecnológicos basados en el uso de líquidos iónicos, fluidos supercríticos y tecnología de membranas. Universidad de Murcia. Disponible en <http://tesis.edred.net/bitstream/handle/10803/10336/HernandezFernandez.pdf?sequence=1>. Consulta 16/08/11.
  - 18) López Gresa, M. P. (2008) Aislamiento, purificación y caracterización estructural de nuevos principios bioactivos a partir de extractos fúngicos. tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, disponible en línea: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1823/tesisUPV2520.pdf?sequence=1>. Consulta: 16/08/11.
  - 19) Marzo Rojas, I. Efecto del tipo y contenido de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína. Trabajo final de carrera de. Universidad Pública de Navarra. Disponible en línea: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2203/577253.pdf?sequence=1>. Consulta: 17/08/11.
  - 20) Meneses, J.; Corrales, C. y Valencia, M. (2007) *Revista EIA*. 8 57-67. Medellín. Disponible en línea: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/Art?dfRed.jsp?iCve=149216950005>. Consultado 17/08/11.
  - 21) Menéndez, P.; Rodríguez, P.; Rodríguez, S.; Sierra, W. (2008) *Electronic Journal of Biotechnology* 9(3). Edición Especial. Valparaíso. Disponible en línea en: <http://www.ejbiotechnology.info/content/vol9/issue3/full/20/>. Consultado: 15/09/11.
  - 22) Moyna, P.; Moyna, G.; Brady, W.; Tabarez, C.; Yan Cheg, H. (2011) *Synthetic Communications*, 41, Edición 19, Londres. Disponible en línea: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00397911.2010.515359> (Consulta: 15/09/11).
  - 23) Organización de Estados Iberoamericanos, (2010). Materiales del Curso de Formación en Ciencia. Disponible en: [www.oei.es/eventos.htm](http://www.oei.es/eventos.htm).
  - 24) Peiró Muñoz, A. (2003) Tesis doctoral: Nuevas aportaciones a las metodologías en Química Verde, Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en línea:

<http://tdx.cat/bitstream/handle/10803/3153/ampm1de4.pdf?sequence=1>.  
Consulta: 16/08/11.

- 25) Ros Clavell, I.; (2003) La simulación y/o el juego de rol como estrategia para comunicar ciencia: Proyecto APQUA; en Pinto Cañón; Didáctica de la Química y vida cotidiana; Universidad Politécnica de Madrid; España; pág. 233-238.
- 26) Sanmartí, N.; (2002) Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria; Editorial Síntesis Educación; España.
- 27) Vargas Afanador, E. y Ruiz Pimiento, L. (2007) Química Verde en el siglo XXI; Química Verde, una química limpia; *Revista Cubana de Ciencia*; Volumen 19, número 1. Disponible en: <http://ojs.uo.edu.cu/index.php/cq/article/view/14407109/151>. Consulta: 16/08/11.
- 28) Vieitez, I., da Silva, C., Borges, G., Corazza, F., Olivera, J. V., Grompone, M. A., Jachmanián, I. (2008) *Energy & Fuels* 22 2085-2089.

### **1.5. Actividades concretas de aplicación de química verde en el aula**

#### **1.5.1. Energía eólica**

EL PAIS, ESPAÑA, 25/11/2010

**Titular: ESPAÑA PREPARA EL MAYOR MOLINO EÓLICO DEL MUNDO**  
(Manuel Ansede, foto tomada por el Prof. R. Irazoqui)

**El proyecto, de 25 millones de euros, podría cuajar en 2020.**

Un consorcio de 11 empresas españolas se ha unido para desarrollar el mayor aerogenerador del mundo, un gigante marino de 15 megavatios, el doble que el récord actual, en poder de un molino de la compañía alemana Enercon en la ciudad de Emden. Unos 85 monstruos como este serían capaces de producir **tanta electricidad como una central nuclear**. El proyecto, bautizado Azimut, requerirá una inversión de 25 millones de euros hasta 2013. (...) el futuro aerogenerador de 15 megavatios podría alcanzar una altura de 120 metros sobre el mar y 40 metros bajo el agua, con palas de 80 metros de longitud.

#### Actividad 1

Explica qué entiendes por los siguientes términos: eólico, aerogenerador, megavatios.

¿Qué potencia es capaz de generar una central nuclear según se indica en la lectura?

En Uruguay, ¿dónde se localizan aerogeneradores? ¿De qué potencia son?  
¿En qué difieren del proyectado en España?

¿Podrías completar el siguiente cuadro con datos de la matriz energética de Uruguay?

	<b>Impacto (% de producción eléctrica, costos, etc.)</b>	<b>Características (funcionamiento, ventajas, etc.)</b>
Generadores eólicos		
Centrales termoeléctricas		

Busca datos sobre la cantidad de energía eléctrica que se consume en el país o en la región en la que vives. Averigua cómo se produce y en qué porcentajes procede de energías renovables (hidráulica, eólica, fotovoltaica...) y no renovables (centrales nucleares, combustión de carbón, gas, petróleo...) Valora esos datos. ¿Crees que se debería plantear en tu país algún cambio en el modelo energético? Averigua si hay algún plan nacional al respecto.

### Actividad 2

Tomando los 12 principios de la Química Verde propuestos por Anastas, en un sentido general: ¿con cuáles de ellos cumple la propuesta española?

Considerando las “tres E” propuestas en relación a la sustentabilidad: ¿Qué ventajas/desventajas presenta la energía eólica frente a la energía nuclear? ¿Qué inconvenientes son asociados a la instalación de 65 molinos de viento?

#### 1.5.2. Contaminación ambiental

EL PAIS, ESPAÑA, 02/07/2009

**Titular: LA CIENCIA SE LANZA A POR LA VACA “PRIUS”** (Manuel Ansedo, foto extraída de <http://www.publico.es/ciencias/236127/la-ciencia-se-lanza-a-por-la-vaca-prius>)

**Científicos españoles logran reducir las emisiones de metano de los rumiantes, que producen calentamiento global.**

Cualquier veterinario sabe que no debe echarse un cigarrillo cerca de una vaca. Cada año, los enrevesados estómagos de los rumiantes emiten, en forma de ventosidades y, sobre todo, de eructos, unos 900.000 millones de

toneladas de metano, el mismo gas que forma atmósferas explosivas en las minas de carbón y los mineros conocen como grisú. Una vaca es inflamable, como una bombona de butano.

Pero más allá de suponer un riesgo profesional para los médicos de los animales, el metano tiene otra cara más peligrosa. Produce un efecto invernadero, responsable del calentamiento global, unas 23 veces más potente que el CO<sub>2</sub>. Según un informe publicado en 2006 por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el sector ganadero da de comer a 1.300 millones de personas en el mundo pero, al mismo tiempo, genera más emisiones de efecto invernadero que el sector transporte, si se incluye su papel en la deforestación de las selvas tropicales. Las vacas, con su cara bobalicona y su mirada inocente, están perjudicando seriamente la salud del planeta.

Cada año "salen" de este ganado 900.000 millones de toneladas de metano.

Científicos de todo el mundo han comenzado una carrera con el objetivo de reducir las emisiones del ganado. Recorren diferentes vías, pero su meta es la misma: crear una especie de "vaca Prius", similar, por su carácter pionero, al modelo de automóvil de Toyota que provocó una pequeña revolución en el sector del transporte por su menor producción de CO<sub>2</sub>.

### Actividades

¿Cuáles son los aspectos de la lectura anterior, que se vinculan a la Química Verde? Considera los efectos tanto a nivel local como mundial.

Siendo Uruguay un país ganadero, ¿cómo podrías analizar si existe alguna incidencia de las emisiones generadas en el cambio climático? ¿Qué parámetros deberías analizar? ¿Qué datos necesitarías y qué fuentes consultarías?

Infórmate acerca de las características del automóvil Toyota Prius. ¿Por qué provocó una revolución? Vincúlalo con el metabolismo de las vacas. ¿Qué reflexiones te merece la posibilidad de "crear" una "vaca Prius"? ¿Qué aspectos estructurales deberían considerarse para esa creación? ¿Lo crees viable?

A la luz de los 12 principios de la Química Verde propuestos por Anastas, ¿con cuáles de ellos cumpliría la "vaca Prius"?

### 1.5.3. Biocombustibles

## **EL MATERIAL DEL FUTURO ESTÁ EN LA BASURA**

MARÍA GARCÍA DE LA FUENTE

MADRID

El encarecimiento del precio del crudo y sus problemas ambientales por los gases de efecto invernadero han llevado a los fabricantes a investigar en

nuevas materias primas que sustituyan al petróleo. Como ya sucedió en el campo de los biocombustibles de primera generación (los que se obtienen a partir de cultivos como maíz, soja o caña de azúcar), los plásticos también han mirado al campo. El primer paso fue la fabricación de biopolímeros a partir de cultivos de maíz, soja, avena, jarabe de arce, sorgo o aceites, y ahora las investigaciones se dirigen hacia el uso de residuos agrícolas y ganaderos, para no entrar en conflicto con los recursos para alimentación. En la actualidad se producen 200 millones de toneladas de plásticos al año en todo el mundo, de los que entre el 5% y el 10% son bioplásticos. El mercado es todavía pequeño, pero algunas marcas ya los están incorporando como, por ejemplo, NFC, que tiene un teléfono hecho a partir del maíz, o el envoltorio de la Playstation de Sony, que está fabricado a partir de cáscaras de naranja. Por su parte, el Instituto Tecnológico del Plástico, con sede en Valencia, y la Universidad de Warwick (Reino Unido) han desarrollado un coche de carreras a base de zanahoria, soja, patatas y yute. Hay ejemplos muy curiosos.

### Actividades

Señala las palabras claves en esta lectura, a tu entender.

Qué entiendes por: efecto invernadero, biocombustibles, bioplásticos.

¿Cuántas toneladas de bioplásticos se producen en el mundo anualmente? ¿Y en Uruguay?

Analiza las siguientes frases:

- + "...ahora las investigaciones se dirigen al uso de residuos agrícolas y ganaderos, para no entrar en conflicto con los recursos para alimentación"
- + "Los biopolímeros son neutros en emisiones"

¿Qué significan? Explicalas con tus palabras y aclara si debiste dirigirte a alguna fuente de consulta.

¿Podrías señalar otros ejemplos curiosos de uso de bioplásticos a partir de residuos agrícola- ganaderos?

### **1.5.4 Estequiometría y Química Verde: el concepto de economía atómica**

La economía atómica apunta a que en el producto deseado se incorpore la mayor cantidad posible de los átomos que forman los reactivos, y por lo tanto, que la menor cantidad posible de átomos de los reactivos formen productos de desecho.

El porcentaje de economía atómica se calcula:

$$E.A. = \frac{\text{masa de producto deseado}}{\text{masa de reactivo}} \times 100$$

Cuanto más alto sea el porcentaje de economía atómica menos contaminante es el proceso.

Un ejemplo de aplicación de esto se presenta en un nuevo proceso para sintetizar ibuprofeno. El ibuprofeno es un analgésico casi tan utilizado como la aspirina, que en un principio se utilizó por su efectividad para tratamiento de la artritis. El antiguo proceso de síntesis del ibuprofeno constaba de seis etapas en las que se producían gran cantidad de productos de desecho. En 1990 se desarrolló un nuevo proceso de síntesis de ibuprofeno en tres etapas, que producía menos residuos y consumía menos energía.

### Actividades

En el antiguo proceso de producción, para obtener 206 g de ibuprofeno se consumían 514.5 g de distintos reactivos, siendo el resto materiales de desecho.

En el nuevo proceso, para obtener 206 g de ibuprofeno se consumen 266 g de distintos reactivos.

Calcula el porcentaje de economía atómica para ambos casos.

¿Qué masa de residuos se producen en cada caso para obtener 206 g de ibuprofeno?

En la década de los 90 se vendían a nivel mundial 46 toneladas de ibuprofeno.

¿Qué masa de residuo se producían por el método antiguo y por el método nuevo respectivamente?

¿Qué principios de la Química Verde se aplican en el nuevo proceso de obtención de ibuprofeno?

Escribe la fórmula global del ibuprofeno.

¿Qué grupo funcional presenta el ibuprofeno?

¿Qué importancia puede tener el principio de economía atómica para nuestra vida cotidiana? Explica.

### **1.6. Algunas páginas web de consulta complementaria para los docentes**

<http://www.porquebiotecnologia.com>

Página del Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología. En ella aparece abundante material teórico sobre estas

temáticas, y en la parte de trabajos prácticos aparecen diversas experiencias, tanto de química como de biología. Muchas de estas actividades pueden fácilmente adaptarse a un trabajo desde el enfoque de la Química Verde. A modo de ejemplo, citamos la creación de un biodigestor sencillo.

[http://www.apaceureka.org/revista/Volumen7/Numero\\_7\\_extra/Vol\\_7\\_Num\\_extra.htm](http://www.apaceureka.org/revista/Volumen7/Numero_7_extra/Vol_7_Num_extra.htm)

Eureka es una revista de educación en ciencias, electrónica y de acceso gratuito. En el año 2010 editó un número extra de Educación para un Futuro Sostenible.

<http://www.youtube.com/watch?v=Vgqj88vBc2E>

Video ¿Qué es la Biocatálisis?

Este video forma parte de una serie de divulgación editada por PEDECIBA. Esta serie consiste en un conjunto de videos que comienzan con la pregunta "¿Qué es....?". A partir de esta pregunta básica se explica algún aspecto de las ciencias experimentales. En este caso, investigadores en Biocatálisis de la Facultad de Química del Uruguay, explican esta técnica y plantean ejemplos de aplicación de la misma. Como se refirió anteriormente, ésta es una de las metodologías utilizadas por la Química Verde.

<http://www.beyondbenign.org/K12education/highschool.html>

Web en inglés destinada a la enseñanza de la Química Verde, cuyo presidente es Warner, uno de los precursores de esta visión de la Química. En ella aparecen actividades para el aula, para trabajar en distintos niveles educativos. Están prontas para descargar. Se encuentran en inglés, pero siempre es posible ayudarse con el traductor de Google u otro.

<http://grupoelectropositivos.blogspot.com/>

Blog creado por un grupo de estudiantes universitarios peruanos. En el mismo aparecen permanentemente noticias y videos sobre nuevas aplicaciones de la Química Verde, poniendo el énfasis en Química Orgánica.