

Contaminación ambiental, ingeniería de procesos y planteamientos desde una perspectiva Católica.

Ing. M.S. Jaime Santillana Soto . Universidad Nacional de Ingeniería

Ing. M.S. Julia Salinas de Santillana. Universidad Nacional de Ingeniería

1. Introducción

“El inmenso progreso, jamás conocido,... en el campo de dominación del mundo por parte del hombre, ¿no revela quizá el mismo, y por lo demás en un grado jamás antes alcanzado, esa multiforme sumisión «a la vanidad»? Baste recordar aquí algunos fenómenos como la amenaza de contaminación del ambiente natural en los lugares de rápida industrialización,.....o las perspectivas de autodestrucción a través del uso de las armas atómicas: al hidrógeno, al neutrón y similares, la falta de respeto a la vida de los no-nacidos. El mundo de la nueva época, el mundo de los vuelos cósmicos, el mundo de las conquistas científicas y técnicas, jamás logradas anteriormente, ¿no es al mismo tiempo que «gime y sufre»⁴⁵ y «está esperando la manifestación de los hijos de Dios»? (S.S. Juan Pablo II. (1))

2. La atmósfera un regalo de Dios

En el principio: “La tierra era confusión y caos, y tinieblas cubrían la faz del abismo, mas el Espíritu de Dios se movía sobre las aguas”....“Después dijo Dios: “Haya un firmamento en medio de las aguas que separe unas aguas de otras.” E hizo Dios el firmamento..... Y así fue. Llamó Dios al firmamento cielo...” (2)

Así inicialmente la atmósfera estaba constituida por hidrógeno y helio., luego la mayor parte de estos gases se perdieron en la atmósfera. Se formó una atmósfera primitiva constituida por vapor de agua, CO₂, N₂; H₂ y CO ligeramente reductora.

Cuando se enfrió la atmósfera prehistórica, se condensó vapor de agua y se precipitó en los océanos; algo del dióxido de carbono se disolvió en gotas y se precipitó. Se desarrollaron bacterias anaeróbicas y sobrevivieron sin oxígeno. Estas bacterias iniciaron la conversión de dióxido de carbono a oxígeno. El plankton continuó dicho proceso de manera eficiente.

Se formó la atmósfera actual, el contenido de oxígeno aumentó, se formó ozono, el cual absorbió la radiación ultravioleta: La formación de la atmósfera se completó mediante procesos biológicos (fotosíntesis).

La atmósfera actual conformada por N₂ (78.1% vol.), O₂ (20.9%), Ar (0.9%), CO₂ (350 ppm), Ne (18 ppm), He (5 ppm), CH₄ (2 ppm), Kr y vapor de agua, recibe energía del sol. Una parte de la energía se refleja, otra se transmite a la atmósfera y otra se absorbe por tierra u agua. Las ondas cortas y las visibles de la energía pasan por la atmósfera y se absorben en la tierra. Alguna energía se radia de regreso a la atmósfera donde se absorbe por moléculas de gas que constituyen al atmósfera. El gas caliente radia energía en todas direcciones incluida la tierra.

Este fenómeno atmosférico natural se le conoce como el efecto invernadero y mantiene la temperatura del planeta, al retener parte de la energía proveniente del sol. Este fenómeno junto con el ciclo hidrológico hace a la tierra un planeta especial.

La atmósfera de la tierra esta dividida en cuatro zonas: troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera. En la troposfera se desarrolla el clima tormentas, vientos, nubes y ocurren la mayor parte de las interacciones de la actividad humana con el

medio ambiente. Esta zona de sólo 10 Km. de espesor (semejante a la piel de una cebolla) es fundamental para los problemas ambientales de la tierra.

3. La Creación y el medio ambiente

“Cuando Dios, una vez creado el cielo y el mar, la tierra y todo lo que ella contiene, crea al hombre y a la mujer,.... "Vio Dios cuanto había hecho, y todo era muy bueno" . Dios confió al hombre y a la mujer todo el resto de la creación. (2)

La llamada a Adán y Eva, para participar en la ejecución del plan de Dios sobre la creación, avivaba aquellas capacidades y aquellos dones que distinguen a la persona humana de cualquier otra criatura y, al mismo tiempo, establecía una relación ordenada entre los hombres y la creación entera. **Creados a imagen y semejanza de Dios**, Adán y Eva **debían ejercer su dominio sobre la tierra con sabiduría y amor**. (3)

... “Se trata de una **invitación a que colabore con Dios en la perfección de la creación**, y de esta manera, mediante su actividad dé gloria al Creador”.... “Como señala la Gaudium et spes, el **ser humano** “con su acción no sólo transforma las cosas y la sociedad, sino que se perfecciona a si mismo”, es decir, **se ennoblece ejerciendo el señorío sobre el mundo** en sus diversas dimensiones **incluyendo también la actividad tecnológica**”. (4)

4. El hombre y la contaminación ambiental: la cuestión ecológica

El hombre mediante el empleo de la tecnología ha logrado industrializarse. Hacerlo ha sido posible que la población de la tierra llegue en la actualidad hasta seis mil millones de pobladores. La industrialización no ha sido necesariamente mala y se ve allí el cumplimiento del mandato de Dios que el ser humano “somete” la tierra.

La industrialización ha traído contaminación ambiental y problemas ecológicos. Sin embargo si se decidiera des-industrializarse para mejorar el medio ambiente se debería eliminar cuatro mil millones de personas, lo que es obviamente un absurdo. No es lógico ni razonable el hablar de Industrialización versus Calidad de Vida o Ecología.

Un correcto análisis debe evaluar el efecto de los contaminantes en el hombre y los sistemas ecológicos e implementar sistemas de control; también debe distinguirse entre contaminación natural y la **contaminación antropogénica**.

Esta contaminación existió desde el comienzo de la humanidad; sin embargo se aceleró desde la revolución Industrial y ha causado graves problemas ecológicos.

Desde el punto de vista de la industria de procesos existen graves problemas de contaminación debido a la producción de desechos industriales y al empleo productos incompatibles con medio ambiente.

Como consecuencia de ello se tienen graves problemas ambientales: calentamiento global de la atmósfera por el efecto invernadero debido a la combustión de combustibles fósiles; lluvia ácida proveniente de emisiones industriales (óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre e hidrocarburos no quemados) producidos por vehículos automotores; reducción de la capa de Ozono debido al empleo de compuestos cloro-fluro carbonados; producción de desechos industriales peligrosos; contaminación por desechos no biodegradables (recipientes y envases de plásticos, pinturas, solventes).

A esto se denomina la **crisis ecológica (cuestión ecológica)**

Este problema ha sido analizado por su S.S. Juan Pablo II: .."El hombre, llamado a cultivar y custodiar el jardín del mundo (cf. *Gn 2, 15*), tiene una responsabilidad específica sobre el *ambiente de vida*, o sea, sobre la creación que Dios puso al servicio de su dignidad personal, de su vida: respecto no sólo al presente, sino también a las generaciones futuras. Es la **cuestión ecológica** —desde la preservación del « hábitat » natural de las diversas especies animales y formas de vida, hasta la « ecología humana » propiamente dicha— que encuentra en la Biblia una luminosa y fuerte indicación ética para una solución respetuosa del gran bien de la vida, de toda vida. En realidad, « el dominio confiado al hombre por el Creador no es un poder absoluto, ni se puede hablar de libertad de "usar y abusar", o de disponer de las cosas como mejor parezca. La limitación impuesta por el mismo Creador desde el principio, y expresada simbólicamente con la prohibición de "comer del fruto del árbol" (cf. *Gn 2, 16-17*), muestra claramente que, ante la naturaleza visible, estamos sometidos a las leyes no sólo biológicas sino también morales, cuya trasgresión no queda impune ». (5)

“Se ha vuelto cada día más evidente que el uso indiscriminado de recursos naturales disponibles, con daño a las fuentes primarias de energía y a los recursos y al medio ambiente en general incluye una seria responsabilidad moral. Estas acciones no sólo afectan a las generaciones presentes sino que también las generaciones futuras se verán afectadas por tales acciones”. (6)

S.S. Juan Pablo II ha sido muy claro en señalar el carácter moral de la crisis ecológica: “Algunos elementos de la presente **crisis ecológica** revelan de modo evidente su carácter moral. Entre ellos hay que incluir, en primer lugar, la aplicación indiscriminada de los adelantos científicos y tecnológicos. Muchos descubrimientos recientes han producido innegables beneficios a la humanidad; es más, ellos manifiestan cuán noble es la vocación del hombre a participar responsablemente en la acción creadora de Dios en el mundo. Sin embargo, se ha constatado que la aplicación de algunos descubrimientos en el campo industrial y agrícola produce, a largo plazo, efectos negativos. Todo esto ha demostrado crudamente cómo toda intervención en un área del ecosistema debe considerar sus consecuencias en otras áreas y, en general, en el bienestar de las generaciones futuras. “(3)

A partir de estas reflexiones iniciales se revisará brevemente como es posible compatibilizar técnicas de ingeniería de procesos con el Magisterio de la Iglesia para afrontar los problemas ambientales.

5. Contaminantes y problemas ambientales

La actividad humana ha causado los problemas ambientales. Desde el punto de vista de la industria de procesos los principales contaminantes son: compuestos de azufre, monóxido de carbono y dióxido de carbono, compuestos de carbono (menos CO y CO₂), compuestos de nitrógeno, compuestos de los halógenos, materiales particulados, compuestos radiactivos, ozono y compuestos clorofluorcarbonados (CFC), etc.

La interacción de estos componentes con la atmósfera ha originado grandes problemas ambientales: calentamiento global, lluvia ácida, reducción de la capa de ozono, smog atmosférico. A estos se suma el problema del mal empleo de la energía nuclear.

Calentamiento Global

La tierra presenta temperaturas moderadas debido al efecto invernadero natural de la atmósfera. Sin embargo desde hace unos 30 años se trae el tema del calentamiento de la tierra y de su origen antropogénico y no natural.

Se habla en el mundo del calentamiento global originado por un efecto invernadero causado por el hombre. Así, es un hecho que la temperatura media de la superficie terrestre se ha incrementado entre 0.3 y 0.6 °C desde fines del siglo XIX por causas en las el hombre ha tenido influencia. (7).

Existe un Calentamiento Global originado por los Gases del Efecto invernadero y continuará el Siglo XXI. Estos gases del efecto invernadero son el CO₂, CH₄, N₂O, CF₁₁, HCF₂₂, SF₆. Los CFC son originados por el hombre. Estos gases añadidos a la atmósfera por la actividad antropogénica han causado un aumento no natural en la temperatura de la tierra.

Estos gases vienen aumentando su concentración debido a la industrialización creciente en la tierra :

	Concentraciones		Crecimiento actual
	Pre industrial	Actual	
CO ₂ (ppm)	280	367	+ 0.4
CH ₄ (ppb)	700	1780	+ 0.6
N ₂ O (ppb)	275	280	+ 0.25
CF ₁₁ (ppt)	0	268	0
HCF ₂₂ (ppt)	0	110	+ 5.0

La emisión de estos gases no es uniforme; así regiones desarrolladas como América del Norte emiten 5.7 Ton/per capita, mientras que América Latina emite 3.6 y África 0.5.

El calentamiento global puede causar potencialmente aumento del nivel del mar, inundaciones en zonas costeras bajas, cambio climático global, pérdida de hábitat natural, disminución suministro de agua dulce y sequías localizadas.

Al respecto de este problema S.S. Juan Pablo II afirmó que la disminución gradual de la capa de ozono y el consecuente efecto invernadero tenían dimensiones críticas debido entre otros a la difusión de industrias, de grandes concentraciones urbanas y del consumo energético. Los gases producidos por la combustión de carburantes fósiles y otras actividades deterioran la atmósfera y el medio ambiente. De ello se han seguido a múltiples cambios meteorológicos y atmosféricos cuyos efectos podrían causar el posible sumergimiento futuro de las tierras bajas. El Papa reclamó como un deber de la comunidad humana – individuos, estados y Organizaciones internacionales- asumir sus responsabilidades. (3)

Lluvia Acida

Es otra forma de contaminación ambiental. La lluvia tiene un pH 5.0 - 6.0 mientras la lluvia ácida tiene un pH entre 4.0 y 5.0. Esta se forma por la combustión de combustibles fósiles y por procesos industriales que emiten óxidos de azufre y nitrógeno a la atmósfera según:



El dióxido de azufre puede provenir de la combustión de combustibles fósiles en plantas energía, fundiciones metalúrgicas, de plantas de ácido sulfúrico y de motores de combustión interna (combustibles fósiles).

El dióxido de nitrógeno procede de la combustión de carbón o petróleo, plantas de fertilizantes nitrogenados y de fuentes naturales como la nitrificación del suelo.

Entre los efectos perniciosos de la lluvia ácida se tiene el aumento en acidez de los suelos que causa que nutrientes como Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ se pierdan por lixiviación; lixiviación de especies tóxicas como Al^{3+} y Pb^{2+} . En los bosques daña las hojas y el proceso de fotosíntesis; en lagos y ecosistemas peces mueren con pequeñas cantidades de aluminio en el agua y las aguas ácidas matan huevos de pescados (ph crítico para muchas especies acuáticas es 6.0).

La lluvia ácida afecta al hombre aumentando el asma: El SO_2 y NO_2 irritan membranas mucosas, dan problemas respiratorios y dolores de cabeza. Los nitratos combinan con hemoglobina en infantes ocasionando los denominados bebés azules.

Reducción Capa de Ozono

En la estratosfera entre los 19 y 30 Km. sobre la tierra, ozono se produce y destruye continuamente de manera natural. Esta capa de ozono filtra los rayos UV del Sol y protege la vida.

Existe un balance entre la producción y la desaparición del ozono. Se forma cuando el oxígeno absorbe radiación solar. Existen dos ozonos: ozono bueno formado en la estratosfera



El ozono malo se produce en la troposfera: **$\text{O}_2 + \text{contaminantes} + \text{UVB} \rightarrow \text{O}_3$**

La capa de ozono protege a la tierra de la radiación solar, especialmente de la radiación ultravioleta (UV). Cualquier disminución de la capa de ozono incrementa la radiación UV que llega a la superficie de la Tierra. La radiación UV puede causar quemaduras en la piel y se puede desarrollar cáncer a la piel, también puede causar envejecimiento prematuro de piel, pre cáncer, cataratas y puede dañar la vida microscópica en la superficie de los océanos.

Los compuestos químicos denominados clorofluorcarbonados (CFCs) se desarrollaron en los 40's y 50's como refrigerantes, propelentes, y retardantes de fuego. En los años setenta los CFCs se detectaron en la alta atmósfera (Estratosfera).

Entre los principales CFCs se encuentran clorofluorcarbonados (CFCs): tetracloruro de carbono, metil cloroformo, ácido clorhídrico, cloruro metileno y bromuro de metileno.

En 1974, Rowland & Molina descubrieron que los CFC destruyen el Ozono estratosférico. Los CFCs contienen cloro el cual puede ser emitido bajo ciertas condiciones y reacciona con el ozono destruyéndolo.



De manera neta : **$\text{O}_3 + \text{O} \rightarrow 2\text{O}_2$** .

Se observa que Un átomo de cloro puede destruir hasta 100,000 moléculas de ozono.

Esta reacción química reduce niveles de ozono estratosférico. En 1985 se confirmó la existencia de un Hueco en la Capa de Ozono en al Antártica. Cada año, entre septiembre y octubre (Primavera) se forma el Hueco en la Capa de Ozono.

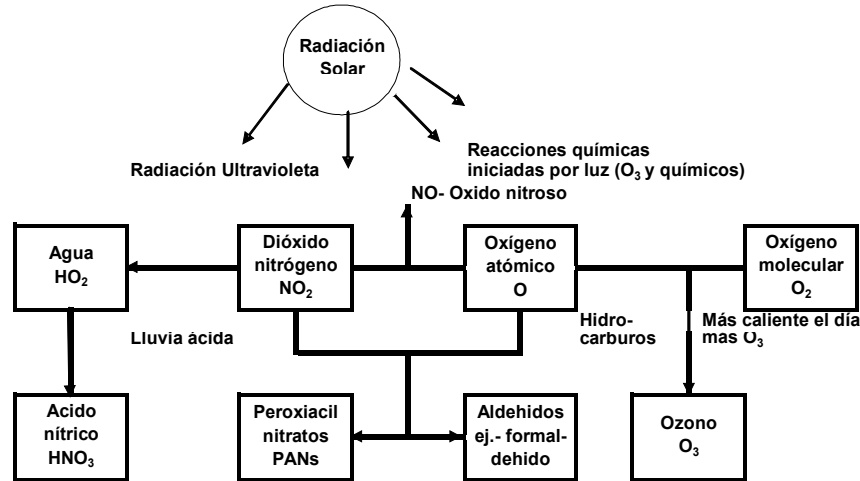
El Hueco se forma porque la estratosfera encima de la Antártida se vuelve muy fría en invierno y se aísla del resto del mundo por un viento llamado Vórtice Polar. Este viento evita mezclas en la atmósfera y la reducción en la Capa de Ozono se concentra aquí.

En 1987 se firmó el Protocolo Montreal para reducir la producción de CFC en países desarrollados. En 1996 se avanzó con la prohibición del uso de CFC, sin embargo los CFC tienen largas vidas medias en la atmósfera (hasta 100 años) por lo que

permanecen en la atmósfera mucho tiempo y continuarán afectando la capa de ozono hasta bien entrado el Siglo 21.

Smog Atmosférico

El smog se origina por la mezcla de smoke (humos) y fog (neblina). Su química es compleja según se observa:



Los primeros episodios aparecieron por el smog del SO₂ en la revolución industrial. Hoy en día se tiene el smog fotoquímico sobre todo el originado por el ozono malo. Existen 3 ingredientes para el smog; radiación UV, hidrocarburos y NO_x. Las emisiones móviles son las mayores fuentes de smog. El smog reduce la visibilidad, irrita los ojos, deteriora materiales y daña células, inclusive es un precursor del cáncer.

Estos problemas globales también se presentan en nuestros países latinoamericanos en mayor o menor medida.

6. Preocupación por la Ecología

S.S. Juan Pablo II mostró su preocupación por la ecología en América Latina: “¡Cuántos abusos y daños ecológicos se dan también en muchas regiones americanas! Baste pensar en la emisión incontrolada de gases nocivos o en el dramático fenómeno de los incendios forestales, provocados a veces intencionadamente por personas movidas por intereses egoístas. Estas devastaciones pueden conducir a una verdadera desertización de no pocas zonas de América, con las inevitables secuelas de hambre y miseria. El problema se plantea, con especial intensidad, en la selva amazónica, inmenso territorio que abarca varias naciones: del Brasil a la Guayana, a Surinam, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Es uno de los espacios naturales más apreciados en el mundo por su diversidad biológica, siendo vital para el equilibrio ambiental de todo el planeta”. S.S. Juan Pablo II 1999. (8)

A los problemas mencionados se añade en el caso peruano problemas causados por la presencia de una industria minero metalúrgica de alto impacto ambiental que deja pasivos ambientales mineros como el drenaje de aguas ácidas contaminadas, contaminación con sedimentos, contaminación de aguas con metales pesados (cadmio, arsénico, plomo, mercurio), aguas ácidas, etc. (9)

Existen diversas acciones que se pueden tomar tanto desde el punto de vista social, como del técnico teniendo siempre como guía el Magisterio de la Santa Madre Iglesia.

7. Acciones frente al problema ecológico.

Enfrentar el problema y desarrollar una conciencia ambiental

Frente a la magnitud del problema ecológico es necesario enfrentar el problema buscando sobre todo la causa fundamental del mismo que no es sólo técnica

En este aspecto la participación de la Iglesia, especialmente la de S.S. Juan Pablo II ha sido particularmente destacada.

Ya en 1972 S.S. Pablo VI se dirige a la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano en Estocolmo: “El medio ambiente condiciona básicamente la vida y el desarrollo del hombre, mientras que el hombre, a su vez, perfecciona y ennoblece el medio ambiente con su presencia, su trabajo y su contemplación.”

... “¿Cómo podemos ignorar los desequilibrios provocados en la biosfera por la explotación desordenada de las reservas físicas del planeta,... .., como son el desperdicio de los recursos naturales, **la contaminación de la tierra, el agua el aire y el espacio**, con los consiguientes ataques a la vida vegetal y animal. Todo ello contribuye a empobrecer y deteriorar el medio ambiente del hombre, hasta el punto, se dice de poner en peligro su propia existencia.” (10)

S.S Juan Pablo II tuvo una preocupación constante por el medio ambiente; se puede recordar su mensaje a los jóvenes en 1989 (11): “Estoy seguro de que a vosotros, como a casi todos los jóvenes de hoy, os preocupa la *contaminación del aire y de los mares*, es decir, la **problemática de la ecología**. Os indigna el mal uso de los recursos de la tierra y creciente *destrucción del medio ambiente*. Y tenéis razón. Hay que actuar, de forma coordinada y responsable, para cambiar esta situación antes de que nuestro planeta sufra daños irreversibles...”

S.S. Juan Pablo II fue enfático al establecer el carácter moral del problema ecológico: ...”El signo más profundo y grave de las implicaciones morales, inherentes a la cuestión ecológica, es la falta de respeto a la vida, como se ve en muchos comportamientos contaminantes”.

“Las razones de la producción prevalecen a menudo sobre la dignidad del trabajador, y los intereses económicos se anteponen al bien de cada persona, o incluso al de poblaciones enteras. En estos casos, la contaminación o la destrucción del ambiente son fruto de una visión reductiva y antinatural, que configura a veces un verdadero y propio desprecio del hombre.” (4)

La Iglesia Católica ha participado activamente es en el desarrollo de una conciencia ambiental como lo muestra el libro del Hna. M. Keenan(12)

En 1985 S.S. Juan Pablo II se dirige a los miembros de la Agencia de la ONU en Nairobi-Kenya diciendo “El compromiso de la Iglesia por la conservación y mejora del medio ambiente esta unido a un mandato de Dios.

“La Iglesia católica se plantea el cuidado y la protección del medio ambiente desde el punto de vista del ser humano. Creemos por consiguiente, que todos los programas ecológicos deben respetar la completa dignidad y libertad de todo el que puede verse afectado por estos programas. Deberían verse los problemas del medio ambiente en relación con las necesidades de los hombres y mujeres de nuestro tiempo de sus familias, de sus valores, de su irrepetible herencia social y cultural, Pues el objetivo

definitivo de los programas de medio ambiente es mejorar la calidad de vida del hombre, *poner la creación lo más plenamente posible al servicio de la familia humana.*”

En 1987 se firmó el Acta de Montreal para el control de sustancias que reducen la capa de ozono. Los países se comprometieron a congelar la producción de compuestos clorofluorcarbonados a los niveles de 1986 y reducir a la mitad para el año de 1998.

En 1989 S.S. el Papa Juan Pablo II se dirige a la XXV sesión de Conferencia de la FAO: “Se ha vuelto cada día más evidente que el uso indiscriminado de recursos naturales disponibles, con daño a las fuentes primarias de energía y a los recursos y al medio ambiente en general incluye una seria responsabilidad moral. Estas acciones no sólo afectan a las generaciones presentes sino que también las generaciones futuras se verán afectadas por tales acciones.

Las actividades económicas tienen la obligación de usar los bienes de la naturaleza de manera razonable. También incluye la grave obligación moral de reparar el daño ya inflingido a la naturaleza así como prevenir cualquier efecto negativo que pudiera presentarse en el futuro. En los procesos de desarrollo se requiere un mayor y más cuidadoso control de los efectos en el medio ambiente natural, especialmente en relación con los desechos tóxicos y en aquellas áreas donde existe un excesivo empleo de productos químicos en la agricultura.” (13)

En 1992 durante la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en Río de Janeiro se tomó diversos acuerdos sobre cambio climático y la biodiversidad, emitiéndose la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

En 1997 se celebró la Conferencia de Kyoto y se aprobó inicialmente el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, por medio de este acuerdo los países industrializados se comprometen a reducir, para el periodo 2008 – 2012, el total de sus emisiones de gases de efecto invernadero por lo menos en un 5%, en relación con los niveles de 1990.

En el año 2002 se realiza la Declaración conjunta del Santo Padre Juan Pablo II y su Santidad Bartolomé, denominada “Declaración de Viena”(14). En ella se reafirma el carácter moral del problema ecológico y se sostiene que “los cristianos y todos los demás creyentes tienen una función específica que desempeñar proclamando valores morales y educando a las personas a tener **conciencia ecológica, que no es más que responsabilidad con respecto a sí mismos, con respecto a los demás y con respecto a la creación.**”

“...En nuestro tiempo asistimos al desarrollo de una **conciencia ecológica**, que es preciso estimular para que pueda llevar a iniciativas y programas concretos. La conciencia de la relación entre Dios y la humanidad da un sentido más pleno de la importancia de la relación entre los seres humanos y el ambiente natural, que es creación de Dios y que Dios nos ha encomendado para que lo conservemos con sabiduría y amor (cf. *Gn 1, 28*).

..” Si reconocemos que el mundo ha sido creado por Dios, podemos discernir un orden moral objetivo en el cual es posible articular un código de ética ambiental. Desde esta perspectiva, los cristianos y todos los demás creyentes tienen una función específica que desempeñar proclamando valores morales y educando a las personas a tener

conciencia ecológica, que no es más que responsabilidad con respecto a sí mismos, con respecto a los demás y con respecto a la creación .”

“Hacen falta un nuevo enfoque y una nueva cultura, fundados en el carácter central de la persona humana dentro de la creación e inspirados en un comportamiento basado en una ética ambiental derivada de nuestra triple relación: con Dios, con nosotros mismos y con la creación.”

En el año 2002 se realizó en Johannesburgo la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Se tocaron temas como agua, energía, salud, agricultura y biodiversidad. Se buscó que para el año 2020 los productos químicos sean usados y producidos de manera que no dañen ni a la salud ni al medio ambiente. Se buscó para el 2010 que los países en desarrollo accedan a tecnologías que eliminen los químicos que reducen la capa de ozono.

Propuestas Globales

En 1987 se firmó el Protocolo de Montreal que buscaba eliminar los químicos que producían la reducción en la capa de ozono. Este acuerdo tomó en cuenta desnivel tecnológico de diversos países. A los países en vías de desarrollo se les permitió mantener durante un período de diez años sus producciones de CFC. Los países productores podrían producir esos CFC requeridos por los países en vías de desarrollo.

Hacia el año 2000 se reconoció que la recuperación de la capa de ozono estratosférica sería un proceso lento hasta bien entrado siglo 21. Los países desarrollados han cambiado a los HCFC`s (más amigables con el ozono).

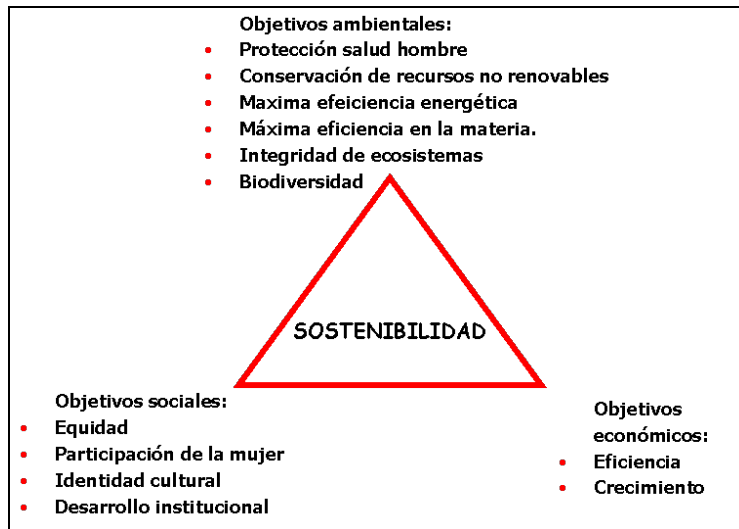
Para el problema del calentamiento global, en la Convención Marco de NNUU sobre Cambio Climático (1992) se buscó estabilizar concentraciones de gases del efecto invernadero. En 1997 en Kyoto (Japón) se aprobó un Protocolo para que los países industrializados se comprometan a reducir, durante el período 2008 – 2012, el total de sus emisiones de gases de efecto invernadero al menos en 5%, en relación con los niveles de 1990. Se buscó que se apliquen políticas para fomentar la eficiencia energética; proteger y mejorar los sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero; promover la investigación y desarrollo de formas nuevas y renovables de energía, etc.

El Protocolo de Kyoto entró en vigor en el año 2004 con la firma de Rusia, ya que se logró la ratificación de 55 Estados que representan más del 55 % del total de emisiones controladas por el Protocolo.

Desarrollo Sostenible

El desarrollo sostenible son formas de mejorar la calidad de vida humana mientras se mantiene la capacidad de soportar ecosistemas. En 1987 el Reporte Brundtland resaltó que la humanidad tiene la habilidad de realizar un **Desarrollo Sostenible** que asegure la satisfacción de las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

Los objetivos de un desarrollo sostenible son alcanzar **seguridad** en las actividades productivas, asegurar la **salud** de la población, proteger el **medio ambiente** y asegurar el bienestar de la humanidad de hoy y la del mañana con relación a las restricciones ambientales, tal como se muestra (15)



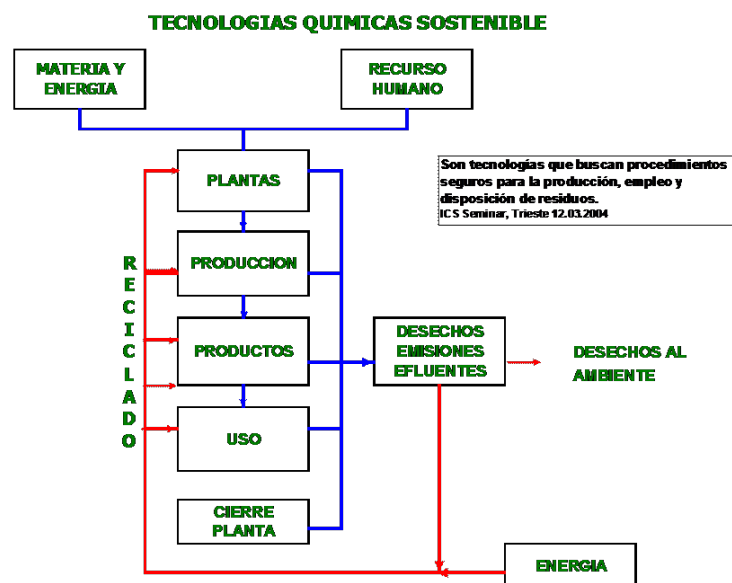
Campos de acción ambientales desde la ingeniería de procesos

Existen diversos campos de acción ambiental desde la ingeniería de procesos a partir del proyecto inicial de una planta de procesos. El ingeniero de procesos debe emplear estrategia de procesos para diseñar procesos, evaluarlos ambientalmente, finalmente puede implantar sistemas de gestión ambiental.

En el diseño de procesos se identifica el problema primitivo cuya solución permite satisfacer una necesidad de la sociedad. Luego se debe generar problemas específicos. Estos problemas específicos o proyectos se desarrollan con la metodología del diseño de procesos químicos: creación de proceso, desarrollo del caso base, síntesis del proceso, dimensionamiento, estimación de costos y optimización del proceso; construcción, arranque y operación de la planta. Se debe considerar aspectos de **protección ambiental** y de seguridad. Durante la optimización de procesos, los objetivos ambientales se deben considerar como restricciones:

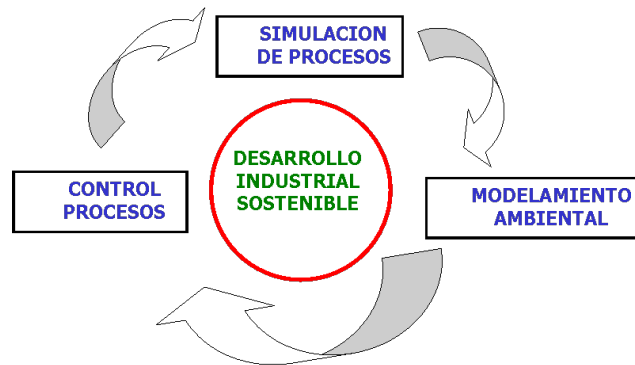
Regulaciones Ambientales = Restricciones

Durante la creación de procesos se debe dejar las tecnologías tradicionales para cambiar a tecnologías sostenibles:



Las **tecnologías químicas sostenibles** permiten desarrollar procesos y productos ambientalmente amigables bajo condiciones seguras, con menores consumos de recursos materiales y energéticos, con menores producciones de residuos, con mayor conversión y rendimiento, con mayor empleo de materias primas renovables (biomasa) y con mejor economía (incluyendo los costos ambientales).

Existen herramientas computacionales importantes para el desarrollo de estos procesos sostenibles:



Una vez que el proyecto (proceso) ha sido diseñado se debe proceder a la evaluación ambiental del proyecto.

En el Perú existe el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA) que ha creado un sistema de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos de los proyectos de inversión.

El SEIA considera tres categorías de proyectos desde los que no generan impactos negativos significativos (Categoría I) hasta los grandes proyectos que pueden producir impactos ambientales negativos significativos (Categoría III). Estos proyectos requieren de un Estudio de Impacto Ambiental Detallado.

Así los ingenieros de procesos tienen en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) una herramienta de evaluación de proyectos que les permite predecir impactos ambientales, formular compromisos de protección, ayudar en el diseño de procesos y proveer bases para el manejo ambiental.

Finalmente durante la etapa de operación del proyecto es recomendable implementar sistemas de gestión ambiental bajo las normas ISO 14000. Estas normas están orientadas al desempeño ambiental incluyen un sistema de gestión ambiental, orientaciones de desempeño, guías para indicadores de desempeño con objetivos. Estas normas son de carácter voluntario o de uso amistoso.

8. Reflexiones finales

El tema de la protección ambiental en la industria de procesos no es sólo un tema técnico en el que se han desarrollado diversas herramientas de ingeniería y gestión que deben ser enseñadas desde la universidad.

Este tema es fundamentalmente un problema moral y ético que sólo se resolverá en la medida que busquemos reconciliar al hombre con la Creación. En palabras de SS Juan Pablo II: "...La tierra es esencialmente una herencia común, cuyos frutos deben ser para beneficio de todos. "Dios ha destinado la tierra y cuanto ella contiene para uso de todo el género humano", ha afirmado el Concilio Vaticano II. es la misma dimensión

dramática del desequilibrio ecológico la que nos enseña ahora cómo la avaricia y el egoísmo, individual y colectivo, son contrarios al orden de la creación, que implica también la mutua interdependencia.”

.. “Corresponde a cada Estado, en el ámbito del propio territorio, la función de prevenir el deterioro de la atmósfera y de la biosfera, controlando atentamente, entre otras cosas, los efectos de los nuevos descubrimientos tecnológicos o científicos, y ofreciendo a los propios ciudadanos la garantía de no verse expuestos a agentes contaminantes o a residuos tóxicos.”

“Los conceptos de orden del universo y de herencia común ponen de relieve la necesidad de un sistema de gestión de los recursos de la tierra, mejor coordinado a nivel internacional. Las dimensiones de los problemas ambientales sobrepasan en muchos casos las fronteras de cada Estado. Su solución, pues, no puede hallarse sólo a nivel nacional.”

“No se logrará el justo equilibrio ecológico si no se afrontan directamente las formas estructurales de pobreza existentes en el mundo.”

“La crisis ecológica pone en evidencia la urgente necesidad moral de una nueva solidaridad, especialmente en las relaciones entre los países en vías de desarrollo y los países altamente industrializados. Los Estados deben mostrarse cada vez más solidarios y complementarios entre sí

.... los países en vías de industrialización no pueden moralmente repetir los errores cometidos por otros países en el pasado, continuando el deterioro del ambiente con productos contaminantes, deforestación excesiva o explotación ilimitada de los recursos que se agotan..... Es urgente encontrar una solución al problema del tratamiento y eliminación de los residuos tóxicos.”

“...Ningún plan, ninguna organización podrá llevar a cabo los cambios apuntados si los responsables de las naciones de todo el mundo no se convencen firmemente de la absoluta necesidad de esta nueva solidaridad que la crisis ecológica requiere y que es esencial para la paz.”

“Existe otro peligro que nos amenaza: la guerra. A pesar de que determinados acuerdos internacionales prohíban la guerra química, bacteriológica y biológica, de hecho en los laboratorios se sigue investigando para el desarrollo de nuevas armas ofensivas, capaces de alterar los equilibrios naturales .”

“La sociedad actual no hallará una solución al problema ecológico si no revisa seriamente su estilo de vida. En muchas partes del mundo esta misma sociedad se inclina al hedonismo y al consumismo, pero permanece indiferente a los daños que estos causan”.....,“la gravedad de la situación ecológica demuestra cuán profunda es la crisis moral del hombre.”

“Hay pues una urgente necesidad de educar en la responsabilidad ecológica: responsabilidad con nosotros mismos y con los demás, responsabilidad con el ambiente”. La verdadera educación de la responsabilidad conlleva una conversión auténtica en la manera de pensar y en el comportamiento. A este respecto, las Iglesias y las demás Instituciones religiosas, los Organismos gubernamentales, más aún, todos los miembros de la sociedad tienen un cometido preciso a desarrollar. La primera educadora, de todos modos, es la familia, en la que el niño aprende a respetar al prójimo y amar la naturaleza (3)

Finalmente se plantea un tema abierto a la discusión e investigación propuesto por German Doig del Sodalicio de Vida Cristiana (4): “Desde el pecado original se producen rupturas del hombre con Dios, consigo mismo, en su relación con los demás y con la naturaleza. En este último caso el hombre “establece con ella una relación equivocada que se presenta con las características de destrucción y explotación. Dado que dicha naturaleza no tiene vinculación alguna con Dios ni con el hombre, no hay en ella ninguna huella de una sabiduría divina que obedecer. Y puesto que la única racionalidad que creen descubrir es la de un artefacto, ya que la naturaleza está descrita con caracteres matemáticos-como decía Galileo-, se puede manipular la naturaleza sin límite alguno..... La misma ruptura se descubre también en la manera equivocada como se aproximan quienes la exaltan como.... los ecologistas extremos de hoy día otorgándole un valor absoluto incluso por encima del mismo ser humano. “Esto lleva a plantear la necesidad de una seria reflexión sobre lo que significa la ruptura con la naturaleza por efecto del pecado”.

Bibliografía

- 1.- S.S. Juan Pablo II. Redemptor Hominis (Al principio de su Ministerio Pontifical, 1979).
- 2.- Génesis.
- 3.- S.S. Juan Pablo II Mensaje por el Día Mundial de la Paz 01.01.90
- 4.- Germán Doig en el Desafío de la Tecnología. 2000.
- 5.- S.S. Juan Pablo II en II Evangelium Vitae 23.05.95
- 6.- Juan Pablo II en la XXV Sesión de la Conferencia de la FAO. 16.11.89
- 7.- Panel Intergubernamental Cambio Climático. IPCC, 2001
- 8.- Exortación Apostólica Postsinodal: Ecclesia in América del Santo Padre. 22-27.01.99.
- 9.- “El ambiente y la actividad minera: Desarrollo sustentable. Defensoría del Pueblo, presentación en Congreso de la República del Perú 24 de Noviembre de 2005.
- 10.- S.S. Paulo VI Mensaje a la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano Estocolmo.
- 11.- Mensaje de S.S. Juan Pablo II en la IV Jornada Mundial de la Juventud Santiago de Compostela. 19.08.89
- 12.- Hna. Marjorie Keenan. De Estocolmo a Johannesburgo: La Santa Sede y el Medio Ambiente. Un recorrido Histórico. Consejo Pontificio Justicia y Paz 2002.
- 13.- S.S. Papa Juan Pablo II se dirige a la XXV sesión de Conferencia de la FAO. 1989.
- 14.- Declaración de Viena 2002. Declaración Conjunta del Santo Padre Juan Pablo II y su Santidad Bartolomé I. Roma-Venecia 10.06.02
- 15.- S. Lemkovitz & H Pasman, Delft Univ. 199, ICS Seminar, Trieste 12.0304



IV Encuentro Nacional de Docentes Universitarios Católicos
docentes@enduc.org.ar - www.enduc.org.ar