

**ESTRATEGIAS PROACTIVAS
PARA MEJORAR
LA CALIDAD DEL AIRE**

WALTER PARDAVÉ LIVIA

Pardavé Livia, Walter, 1966-

Estrategias proactivas para mejorar la calidad del aire / Walter Pardavé Livia. -- 1a ed. --
Bogotá : Ecoe Ediciones, 2021.

138 p. – (Ingeniería y afines. Ingeniería ambiental)

Incluye datos del autor en la pasta. -- Contiene bibliografía al final de cada capítulo.

ISBN 978-958-503-153-1 -- 978-958-503-154-8 (e-book)

1. Control de calidad del aire 2. Aire - Purificación I. Título II. Serie

CDD: 363.7392 ed. 23

CO-BoBN- a1080793



Área: *Ingeniería y afines*

Subárea: *Ingeniería ambiental*

ECOE
EDICIONES



© Walter Pardavé Livia

► Ecoe Ediciones Limitada
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63C 32, Tel.: 919 80 02
Bogotá, Colombia

Primera edición: Bogotá, septiembre del 2021

ISBN: 978-958-503-153-1
e-ISBN: 978-958-503-154-8

Directora editorial: Claudia Garay Castro
Corrección de estilo: Carolina Páez
Diagramación: Magda Rocio
Carátula: Wilson Marulanda Muñoz
Impresión: Carvajal Soluciones de
comunicación S.A.S
Carrera 69 #15 -24

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados

A todas las madres del mundo:

Madre naturaleza, madre Dina Livia, madre Graciela Becerra
y madre María Lourdes Sanabria.

CONTENIDO

PREFACIO	XVII
INTRODUCCIÓN	XXI
CAPÍTULO 1. RECOMPENSAR	1
1.1. Los árboles y el clima urbano	3
1.2. Los árboles y la calidad del aire	3
15 principales beneficios de los árboles en las ciudades.....	4
Bibliografía	5
CAPÍTULO 2. REVALORIZAR	9
2.1. Uso de la energía en el mundo.....	9
2.2. Recursos de fuentes de energía alternativos	12
2.3. Control de las fuentes de energía renovables.....	13
2.4. Energía hidroeléctrica	14
2.5. Energía geotérmica.....	15
2.6. Energía solar	16
2.7. Energía eólica.....	18
2.8. Fuentes de energía y calidad de aire.....	18
2.9. Algunos criterios de la contaminación del aire por fuentes	20
Bibliografía	21

CAPÍTULO 3. REDISEÑAR	23
3.1. ¿Qué es la ecoeficiencia?.....	23
3.2. ¿De qué trata la ecoeficiencia empresarial?	24
3.3. ¿Cuál es el origen de la ecoeficiencia?	24
3.4. ¿Cuáles son los objetivos generales de la ecoeficiencia?	26
3.5. ¿Cuáles son los criterios técnicos de la ecoeficiencia?.....	26
3.6. ¿Cuáles son los indicadores de sostenibilidad?	27
3.7. ¿La actividad empresarial afecta el ambiente?.....	28
3.8. ¿Cómo se interrelaciona la empresa y el medio ambiente?.....	31
3.9. ¿Cómo es la ecoeficiencia en el marco del desarrollo sostenible de las empresas?.....	32
3.10. Algunas opciones de oportunidades para integrar la ecoeficiencia en las empresas.....	32
3.11. Pautas para la implementación de la ecoeficiencia empresarial	33
Fase 1. Formulación de objetivos y metas ambientales.....	34
Fase 2. Inicio de proyectos estratégicos.....	34
Fase 3. Motivación del personal.....	34
Fase 4. Consolidación de los cambios	34
3.12. Ejemplo de experiencia de ecoeficiencia empresarial	35
3.13. Los sistemas de gestión como soporte de la ecoeficiencia empresarial.....	36
La certificación es el inicio de la ecoeficiencia	38
Bibliografía	39
 CAPÍTULO 4. REEMPLAZAR	 41
4.1. ¿Cómo promover el buen uso de la bicicleta?	42
4.2. Aire limpio y uso de la bicicleta.....	44
4.3. Seguridad y uso de la bicicleta	45
Bibliografía	46
 CAPÍTULO 5. REFORMULAR	 49
5.1. ¿Qué son los materiales ecológicos?	49
5.2. ¿En qué se diferencian los materiales ecológicos de los materiales convencionales?	50
5.3. El desarrollo de materiales ecológicos.....	51
5.4. Clasificación de materiales ecológicos	52
Perfil de recursos verdes	52
5.5. Proceso de producción con impactos ambientales mínimos	53
Alta productividad.....	54
5.6. Sustancias peligrosas mínimas en los materiales	54
5.7. Alta reciclabilidad en los materiales	54
5.8. Alta eficiencia de tratamiento ambiental	55

5.9. Enfoque de cuatro pasos para seleccionar materiales ecológicos para eco-rediseño y eco-innovación	55
5.9.1. Definición del tipo de productos	56
5.9.2. Recopilación de información sobre materiales ecológicos	57
5.9.3. Definición de requisitos del producto	57
5.9.4. Seleccionar materiales ecológicos	58
Bibliografía	58
CAPÍTULO 6. REDUCIR	61
6.1. Introducción a la purificación de combustibles para reducir emisiones al aire	62
6.2. Problemas del sulfuro de hidrógeno asociados al biogás	62
6.2.1. Métodos de purificación por adsorción	63
6.2.2. Métodos de purificación por absorción	64
6.2.3. Método de filtración por membrana	65
6.3. Métodos biológicos para la eliminación de sulfuro de hidrógeno.....	66
6.3.1. Diseño de filtros biológicos para la purificación de biogás	69
6.3.2. Biolavadores (Bioscrubbers)	69
6.3.3. Biofiltros de lecho fijo	69
6.3.4. Biofiltros de escurrimiento (biotrickling filters)	70
Bibliografía	72
CAPÍTULO 7. RENOVAR	75
7.1. ¿Es posible eliminar el olor en la fuente?	76
7.2. ¿Cómo se configura una evaluación técnica de olores?	77
7.3. ¿Cuáles son los principios del olor?	78
7.4. ¿Cuáles son los métodos de control de olores?	80
7.4.1. Métodos de combustión	80
7.4.2. Métodos de absorción	81
7.4.3. Métodos de adsorción	82
7.4.4. Métodos de enmascaramiento de olores	83
7.4.5. Métodos de contracción de olores.....	83
Bibliografía	85
CAPÍTULO 8. REFABRICAR	87
8.1. Introducción a un nuevo enfoque de la manufactura	88
8.2. Algunos retos para mejorar la calidad de aire	90
8.3. ¿Cómo algunos países deben hacer frente a la contaminación atmosférica regional y local?	91
8.4. ¿Cómo se compara la calidad del aire de Hong Kong con otras ciudades?	92

8.5. La base de un plan de aire limpio en las ciudades industrializadas...	93
Bibliografía	94
CAPÍTULO 9. RESPETAR	97
9.1. ¿Qué es un respirador purificador de aire?.....	97
9.2. ¿Qué son los respiradores filtradores de partículas?.....	99
9.2.1. Filtros de vapores y gases.....	99
9.3. Suministro de aire	99
9.4. Circuitos en los respiradores.....	101
9.5. La prueba de ajuste.....	102
9.6. Mantenimiento de los respiradores.....	102
Bibliografía	103
CAPÍTULO 10. REORIENTAR	105
10.1. Método para determinación de la capacidad aeróbica.....	107
10.2. Protocolos de valoración	108
10.2.1. Protocolo en escalón 1	109
10.2.2. Protocolo en escalón 2, test de Queen 's Colleague	109
Bibliografía	110
ANEXOS	111
Anexo 1. App (aplicativos) de indicadores de calidad de aire	111
Anexo 2. Páginas web de entidades relacionadas con la calidad de aire..	116
Anexo 3. Web de organizaciones/empresas que están relacionadas con la calidad de aire en Colombia y el mundo.....	119
Anexo 4. App (aplicativo) Aire + Limpio = 10R.....	120
Actividades que realiza la app Aire + Limpio = 10R.....	124
Diseño externo del software desarrollado	127
Anexo 5. Proyectos de competencia directa y competencia indirecta de Aire + Limpio = 10R.....	130
Los bonos verdes.....	131
Los impuestos al carbono	131
Empresas o proyectos competencia directa de 10R= Aire + Limpio	132
Empresas o proyectos que son competencia indirecta de 10R= Aire + Limpio.....	134
Smurfit kappa	134
Fundación Natura	135
Principales especies de árboles nativos de Colombia.....	136
Bibliografía de Anexo 5.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Evolución de la diferencia de temperatura entre el ambiente urbano y su entorno rural	2
FIGURA 2. Los árboles son fuente de aire más limpio	5
FIGURA 3. Consumo de energía, por tipo de energía, en Estados Unidos, 1949-2015.....	10
FIGURA 4. Distribución del uso de energía en Estados Unidos.....	11
FIGURA 5. Reactor nuclear de Perry	11
FIGURA 6. Proporción de fuentes de energía renovables en el mundo.....	13
FIGURA 7. Costo relativo para generar un kilovatio-hora de electricidad	14
FIGURA 8. Hidrosogamoso, Barrancabermeja, Colombia.....	15
FIGURA 9. Energía geotérmica	15
FIGURA 10. Paneles solares en el techo de la Universidad de Santander, Bucaramanga Colombia	16
FIGURA 11. Solar One, California	17
FIGURA 12. La mujer en la India utiliza una bomba fotovoltaica para recoger agua (izquierda). Las casas en un pueblo rural brasileño utilizan células fotovoltaicas para proporcionar luz (derecha)	17
FIGURA 13. Energía eólica en La Guajira, Colombia.....	18

FIGURA 14. Condiciones atmosféricas normales (izquierda). Condiciones responsables de una inversión de temperatura (derecha).	19
FIGURA 15. Procesos de la empresa y la interrelación con su entorno	25
FIGURA 16. Crecimiento económico y uso de la naturaleza	27
FIGURA 17. Empresa y entorno	30
FIGURA 18. Relaciones entre empresa y medio ambiente. Entradas (<i>input</i>) y salidas (<i>outputs</i>) de una empresa con incidencia ambiental	31
FIGURA 19. Factores de sostenibilidad	32
FIGURA 20. Secuencia de la gestión ambiental.....	35
FIGURA 21. Distintivo cero emisiones.....	39
FIGURA 22. Sendero de caminata en Bogotá, Colombia.....	41
FIGURA 23. Ciclovía en Bogotá, Colombia	42
FIGURA 24. Patinetas en Bogotá, Colombia	42
FIGURA 25. Modelo conceptual de materiales ecológicos en el contexto de la ciencia de los materiales.....	51
FIGURA 26. Modelo conceptual de cuatro pasos del proceso de selección de materiales ecológicos.....	55
FIGURA 27. Cuatro tipos generales de productos con concepto de ciclo de vida	56
FIGURA 28. Ladrillo generado con mínima emisión de CO ₂	58
FIGURA 29. Hacia el combustible limpio	71
FIGURA 30. Olores en ciudades	84
FIGURA 31. Efecto de captura de brisa terrestre-marina en una región	89
FIGURA 32. Condición de clima urbano en una ciudad asiática.....	91
FIGURA 33. PM10 en diversas zonas del mundo.....	93
FIGURA 34. Purificador de aire urbano	94
FIGURA 35. Mascarilla de cara completa.....	98
FIGURA 36. Aviso de precaución con relación al requerimiento de respirador.....	100
FIGURA 37. Uniforme enterizo que incluye respirador.....	100
FIGURA 38. Cremas antipolución	103
FIGURA 39. Símbolo de la Oxigenoterapia	110
FIGURA 40. App del aire en Bogotá	111
FIGURA 41. App del aire en la Ciudad de México	112
FIGURA 42. App Air Visual	112
FIGURA 43. App Beezometer.	113

FIGURA 44. App Plume Air Report.	113
FIGURA 45. App act.	114
FIGURA 46. App Air Meters	114
FIGURA 47. App Caliope	115
FIGURA 48. App siata, calidad de aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburra, Medellín.	115
FIGURA 49. App Carbón Tracker	116
FIGURA 50. Contaminación de aire en el mundo, índice de calidad del aire en tiempo real	116
FIGURA 51. Portal web de la calidad de aire del ayuntamiento de Madrid, España	117
FIGURA 52. Portal web de la calidad de aire en Bogotá, Colombia	117
FIGURA 53. Portal web de la calidad de aire en Colombia Ideam	118
FIGURA 54. Portal web de calidad de aire en usa	118
FIGURA 55. Portal web de calidad de aire en India	119
FIGURA 56. Inicio Aire + Limpio en entorno web, Android e iPhone.....	121
FIGURA 57. Plan de acción 10R, banco de proyectos y patrocinadores.....	122
FIGURA 58. Huella de carbono	123
FIGURA 59. Diagrama de flujo del acceso al sistema de un usuario registrado	125
FIGURA 60. Diagrama de registro de proyectos	125
FIGURA 61. Diagrama de banco de proyectos	126
FIGURA 62. Diagrama de patrocinadores	126
FIGURA 63. Diagrama de cálculo de la huella de carbono.....	127
FIGURA 64. Capturas de pantalla de app 10R.....	128
FIGURA 65. Las palabras 10R.....	130
FIGURA 66. Bosque nagal.....	132
FIGURA 67. Fundación Red de Árboles	133
FIGURA 68. CO ₂ Cero	133
FIGURA 69. Smurfit kappa	135
FIGURA 70. Fundación Natura	135
FIGURA 71. Datos y balance en un árbol.....	136

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	Criterios de los contaminantes del aire por fuentes	20
TABLA 2.	Criterios contaminantes del aire y los efectos en la salud.....	21
TABLA 3.	Objetivos generales de la ecoeficiencia	26
TABLA 4.	Oportunidades para integrar la ecoeficiencia a las empresas.....	33
TABLA 5.	Propiedades superiores de materiales ecológicos	51
TABLA 6.	Algunos ejemplos de materiales ecológicos comercializados actualmente en Japón.....	52
TABLA 7.	Objetivos de reducción de las emisiones de Hong Kong	92
TABLA 8.	Datos sociodemográficos y antropométricos de la muestra	107
TABLA 9.	Relación competencia directa: servicios, precios y ubicación	134



PREFACIO



Podemos pagar por agua limpia, pero todavía no es posible pagar por aire limpio. Las ciudades deben actuar de forma preventiva, evitando que se generen más emisiones que contaminen el aire. Dicha contaminación es un problema que se percibe en la mayor parte del mundo porque modifica el comportamiento de los ecosistemas y afecta la salud. Cuando se alcanzan en la atmósfera concentraciones elevadas de ciertas sustancias durante suficiente tiempo, se producen daños en los seres humanos, las plantas, la vida animal, los objetos y las estructuras fabricadas por el hombre. Además, se observan cambios de temperatura, clima o aparecen dificultades para disfrutar la vida, los bienes u otras actividades humanas.

En los episodios de contaminación interviene la fuente que origina la sustancia contaminante, el medio de transporte, el medio receptor y las transformaciones físicas y químicas que experimenta. La fuente es responsable de la naturaleza química del contaminante emitido, del medio en el que se realiza el vertido y del flujo de emisión. Una vez emitida y dependiendo de los mecanismos de transporte, la sustancia (contaminante primario) se desplaza en el medio en que se realizó la emisión. Al mismo tiempo, según su reactividad, el contaminante puede transformarse químicamente (formación de contaminantes secundarios) o degradarse para dar compuestos inertes. Por último, si el contaminante logra escapar de las barreras físicas y químicas, alcanza el medio receptor con el que interacciona y provoca efectos adversos (organismos vivos, ecosistemas o materiales).

Entrado el siglo xx, para la mayoría de las personas la contaminación del aire era sinónimo de partículas en suspensión (material particulado, hollín, humo) y gases, como el anhídrido sulfuroso. Estos compuestos procedían de los equipos de calefacción doméstica, una amplia variedad de instalaciones industriales y las principales plantas de producción de energía. A medida que avanzaba el siglo xx, la preocupación por la contaminación de la atmósfera impulsó el estudio de un mayor número de sustancias químicas que se encontraban en fase gas, líquida o sólida, las cuales podían tener efectos negativos en el ambiente.

El tremendo incremento del uso de productos derivados del petróleo, en particular los utilizados por los vehículos con motor de gasolina, introdujo varios contaminantes nuevos. Los óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos procedentes de los tubos de escape, acaban en la atmósfera de las áreas urbanas, provocando un aumento de su concentración y participando en la formación de otras sustancias que también son contaminantes.

El ozono de la troposfera puede producir problemas respiratorios si su concentración sobrepasa determinados valores. Al descubrir el importante efecto que tienen los óxidos de nitrógeno en los mecanismos que conducen a la formación de este contaminante secundario, se pone de manifiesto la necesidad de sustituir los convertidores de dos vías por otros convertidores catalíticos que sean capaces de transformarlos, antes de que los gases emitidos por el tubo de escape alcancen la atmósfera. Estos nuevos convertidores se denominan de “tres vías” o “actividad ternaria”, porque deben transformar en productos inocuos, además de los hidrocarburos y el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno.

La cantidad de contaminante que alcanza el medio receptor es solo una fracción de la emitida, debido a los procesos que tienen lugar durante su transporte. Una vez introducido el contaminante en el medio, según su afinidad, se dispersa y se asocia a las distintas fases que lo constituyen. Además, como se ha mencionado, pueden tener lugar reacciones químicas que lo transforman en otras sustancias diferentes, el ciclo de un contaminante engloba los aspectos relacionados con su origen, comportamiento y destino. Para describir el proceso de contaminación se debe conocer la fuente de emisión, el flujo de emisión, las características del medio receptor y los parámetros fisicoquímicos del contaminante y el medio. Estos son necesarios para establecer la naturaleza del transporte y la velocidad del desplazamiento, la distribución entre fases y la velocidad de las reacciones químicas que ocurren en la fase considerada. Para terminar, también hay que conocer las posibles interacciones de los contaminantes con el medio receptor y analizar los consiguientes impactos ambientales ocasionados.

Por el continuo acto de respirar, los seres humanos junto con otros seres vivos, estamos expuestos tanto a los contaminantes primarios, procedentes directamente de las fuentes de emisión, como a los contaminantes secundarios, originados

por interacción química entre los contaminantes primarios y los componentes normales de la atmósfera. Diferentes estudios epidemiológicos han sugerido que la exposición a las casi 250 sustancias que se han identificado en el aire y se consideran peligrosas para la salud humana, está relacionada con la morbilidad y la mortalidad de la población.

Como las ciudades son los espacios de mayor concentración humana, donde se encuentran las principales fuentes permanentes de emisión de contaminantes a la atmósfera, los indicadores de salud ambiental proporcionan datos sobre la calidad ambiental y su impacto en la salud pública. Solo cuando se encienden las alarmas ambientales de las ciudades y prohíben usar el vehículo (día del no carro, de no moto, pico y placa, pico y placa ambiental), nos percatamos de lo contaminado que puede estar el aire que respiramos. Este es actualmente el mayor problema de contaminación en las grandes ciudades de Colombia (Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Cúcuta, etc.), causante de muchas enfermedades respiratorias como EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica), enfermedades cardiovasculares, enfermedades del sistema nervioso, entre otras.



INTRODUCCIÓN



Este trabajo trata acerca de una propuesta para mejorar la calidad del aire en nuestras ciudades y, en general, en todo el mundo; lo anterior, mediante la aplicación de 10 palabras que inician con la letra “R”. Con esto se busca cambiar el comportamiento humano que incide en la generación de un aire más limpio, especialmente, orientándolo a que los ciudadanos, de forma grupal e individual, aporten con sus cambios de hábito para adoptar acciones que mejoren la calidad de aire. Se espera que todo ello pueda contabilizarse para beneficio de nuestra humanidad y los seres vivos. Estas 10 palabras son:

1. Recompensar.
2. Revalorizar.
3. Rediseñar.
4. Reemplazar.
5. Reformular.
6. Reducir.
7. Renovar.
8. Refabricar.
9. Respetar.
10. Reorientar.

Cada ítem propone acciones que aportan a la mejora de la calidad de aire. A modo de ejemplo: la estrategia “Recompensar” podría asignar aportes en m^3 de aire, es decir, en el caso de la siembra de árbol, cada uno está dando un aporte de 1 m^3 de aire limpio. Si se aplica a un colegio de 300 niños donde se siembra 1 árbol por estudiante, la contribución sería 300 m^3 de aire limpio. A continuación, se plantean ejemplos de generación de aire más limpio mediante las R.

1. Recompensar más áreas verdes (sembrar, cuidar árboles, evitar tala):
Sembrar un árbol: 1 m^3 de aire.
Cuidar un árbol: 1 m^3 de aire.
Evitar talar un árbol: 1 m^3 de aire.
2. Revalorizar energías limpias (uso de energía solar, energía eólica):
Uso de 1 hora de energía limpia: 10 m^3 de aire.
3. Rediseñar, eficiencia energética (aumentar la eficiencia de la energía, las pérdidas ocasionan polución):
Incremento de 10 % en la eficiencia de energía: 1 m^3 de aire.
4. Reemplazar transporte limpio (caminatas, bicicletas, patinetas):
Caminata de 1 km: 1 m^3 de aire.
Bicicleta por 1 km: 1 m^3 de aire.
Patineta por 1 km: 1 m^3 de aire.
5. Reformular productos que no generen emisiones (hábitos de exigir productos que no produzcan gases, olores, emisiones):
Uso de un producto que no genera emisión: 10 m^3 de aire.
6. Reducir purificación de combustible convencional (consumo de combustibles con bajo azufre, poco o sin plomo):
Uso de 1 galón de combustible con bajo azufre: 10 m^3 de aire.
7. Renovar la exigencia de controles a vehículos e industrias (conciencia para las revisiones técnico-mecánicas, catalizadores, purificadores en vehículos e industrias):
Tener un certificado rtm vigente: 100 m^3 de aire.
Instalar un catalizador en vehículo: 100 m^3 de aire.
Instalar un purificador en industria: 1000 m^3 de aire.

8. Refabricar tecnologías correctivas eficaces para la industria y las ciudades (basados en una cuarta revolución industrial):
Instalar una nueva máquina, cero emisiones en industria: 1000 m³ de aire.
Instalar un purificador de aire de ciudad: 1000 m³ de aire.
9. Respetar, uso de protección contra polución (mascarillas, cremas):
Uso de mascarillas protectoras contra polución: 1 m³ de aire.
Uso de cremas antipolución: 1 m³ de aire.
10. Reorientar negocios de oxígeno líquido para los ciudadanos (con el fin de tener aire limpio, consumo de oxígeno en cualquier presentación):
Uso de 10 cm³ de oxígeno líquido: 1 m³ de aire.

El enfoque de esta propuesta es generar cambios actitudinales en la población humana para producir un actuar con responsabilidad que nos lleve a una mejor calidad de aire y, por ende, una adecuada salud ambiental.